

**ВАЗОАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН**

**ДОНИШГОҶИ ТЕХНИКИИ ТОҶИКИСТОН**  
**ба номи академик М.С. Осимӣ**

ТДУ.5.32.7. + 532.783.

Бо имтиёзи дастнавис

**АБДУРАСУЛОВ ДАЛЕР АНВАРОВИЧ**

**ТАДҚИҚИ ХОСИЯТҶОИ МУВОЗИНАТӢ ВА ДИНАМИКИИ БУЗУРГИҶОИ**  
**ГАРМОФИЗИКИИ МОЕЪКРИСТАЛЛҶОИ НЕМАТИКИИ ТЕРМОТРОПӢ**

**АВТОРЕФЕРАТИ**

рисола барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҶои техникӣ  
аз рӯйи ихтисоси: 01.04.14 – Физикаи ҳарорат ва назарияи техникаи гармо

**Душанбе – 2023**

**Рисола дар кафедраи Шабакаҳои алоқа ва системаҳои коммутатсионии  
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ иҷро  
карда шудааст.**

**Роҳбари илмӣ:** **Одинаев Саидмуҳаммад** - доктори илмҳои  
математика, профессор, Академики  
Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон,  
Арбоби илму техникаи Тоҷикистон

**Муқарризи расмӣ:** **Шарифов Абдумумин**, доктори илмҳои  
техники, профессори кафедраи сохтмони  
деҳот ва зебосозии шаҳри Донишгоҳи  
давлатии Данғара  
**Холиқов Мазбут Маҳмудович**, номзоди  
илмҳои техники, муовини ректор оид ба  
таълими Донишкадаи саноат ва хизмати  
шаҳри Хучанд

**Муассисаи пешбар:** **кафедраи физикаи умумии Донишгоҳи  
давлатии Бохтар ба номи Носира Хусрава.**

Ҳимояи рисола рӯзи «6» марти соли 2023 соати 14<sup>00</sup> дар ҷаласаи Шӯрои  
диссертатсионии 6D.KOA-041 дар назди Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба  
номи академик М.С. Осимӣ, кучаи академик Раҷабовҳо 10а баргузор мегардад,  
e-mail: [d.s6d.koa.041@yandex.ru](mailto:d.s6d.koa.041@yandex.ru)

Бо матни пурраи рисола дар китобхонаи илмӣ ва сомонаи интернетии  
<http://www.ttu.tj> Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ  
шинос шудан мумкин аст.

Автореферат санаи «4» февралӣ соли 2023 ирсол карда шудааст.

**Котиби илмӣ**  
**шӯрои диссертатсионӣ 6D.KOA-041,**  
**номзоди илмҳои техники, дотсент**

**Тағоев С.А.**

## ТАВСИФИ УМУМИИ РИСОЛА

### Мубрамият ва зарурати тадқиқот дар мавзӯи рисола.

Имрӯзҳо соҳаеро тасаввур кардан душвор аст, ки дар он маводҳои моеъкристаллӣ истифода намешуда бошад. Инертнокии камтарин, сифати хуб, самаранокии балани энергиявӣ, маводҳои моеъкристаллиро ба яке аз ҷузъҳои асосии манзумаҳои иттилоотӣ, телевизион, радиоэлектроника ва дигар соҳаҳои технологияи муосир табдил додааст. Таҳқиқи ҳолатҳои моеъкристаллии моддаҳо ба яке аз самтҳои мубраму бо суръати калон вусъатёбандаи тадқиқотҳои илмии аҳамияти бунёдию амалӣ дошта, табдил ёфта аст.

Муқаррар шудааст, ки дар ҳолати моеъкристи моддаҳо буда метавонанд, ки молекулаҳошон дарозрӯ ё доирашакл мебошанд ва ҳаминҳо ҳам, дар фосилаи муайяни қиматҳои параметрҳои ҳолати термодинамикӣ онро зоҳир менамоянд. Аз ин лиҳоз, таҳқиқи қонунияти хосиятҳои бузургҳои гармофизикии моеъкристаллҳо дар ҳамин фосилаи қиматҳои бузургҳои термодинамикии ба ҳолати моеъкристаллии онҳо тааллуқ дошта, махсусан дар атрофи нуқтаҳои мубодилаҳои фазавӣ, **яке аз масъалаҳои мубрами физикаи моеъҳо ва моеъкристаллҳо**, мебошад

Яке аз хосиятҳои асосии моеъҳо, аз ҷумла моеъкристаллҳо ҷоришавӣ мебошад. Дар системаҳои ҷорихаванда селҳои гидродинамикӣ, рӯйдодҳои чандирию часпакӣ, ҳодисаҳои релаксатсионӣ ба вуқӯъ омада, ба хосиятҳои дигар бузургҳои гармофизикии система таъсир мерасонад. Ҳамзамон, ҳнгоми истифодаи амалӣ, моеъҳо таҳти таъсири ҳар гуна омилҳои беруна, аз он ҷумла зери таъсири ошубҳои басомадашон баланду интенсивнокиашон калон қарор дошта метавонанд. Муқаррар карда шудааст, ки хосиятҳои бузургҳои гармофизикии моеъҳо дар дар рӯйдодҳои динамикии басомадашон баланд, аз хосияти ин бузургҳо дар рӯйдодҳои басомадашон паст ва статикӣ, ба қуллӣ фарқ мекунад. Муайян карда шудааст, ки таъсири ҳамон як ошуби беруна ба моеъҳои гуногун якхела набуда, аз хусусиятҳои хоси сотори он ва аз табиати рӯйдодҳои релаксатсионии дар дохири он баргuzоршаванда вбаства мебошад.

Дар партави гуфтаҳои боло, тадқиқи мукамал, аз ҷумла омӯзиши назариявии хосиятҳои мувозинатӣ ва динамикии бузургҳои гармофизикии моеъкристаллҳои нематикӣ, бо назардошти хусусиятҳои хоси сохторӣ ва табиати рӯйдодҳои релаксатсионии дар онҳо баргuzоршаванда, дар фосилаи васеи тағйирёбии қиматҳои бузургҳои термодинамикӣ ва басомади ошубҳои беруна, **масъалаи мубрами физикаи моеъҳо буда, мундариҷаи асосии рисолаи мазкурро ташкил медиҳад.**

**Дарачаи омӯзиши мавзӯ.** Моеъкристаллҳоро соли 1888 Ботаники Австриягӣ Рейнитсер кашф намуда буд. Таачубовар, лекин воқеист, ки дар оғози кашфашон бо сабаби кам будани қолибияти истифодаи амалӣ ба тадқиқи онҳо каме аз олимони машғул буданд.

Бо муайян кардани имкониятҳои васеи истифодаи моеъкристаллҳо дар таҷҳизотҳои гуногуни техникӣ, аз нимаи дуюми асри гузашта сар карда инкишофи босуръати тадқиқоти физикуи техникии моеъкристаллҳо оғоз мегардад. Усулҳои макроскопию микроскопии омӯзиши хосиятҳои моеъкристаллҳо коркард ва истифода карда мешаванд. Дар қорҳои илмии П. Де

Жен назарияи термодинамикии Ландау барои мубодилаи фазавии чинси дуум, барои омӯхтани мубодилаҳои фазавӣ дар моеъкристаллҳо моҳирона такмил дода мешавад. Лесли М. Ва Эриксон Ч. Л. Моеъкристаллҳоро ҳамчун муҳити яклухт тасаввур намуда, хосиятҳои часпакию чандирии онҳоро шарҳ медиҳанд. Майер ва Заупе назарияи майдонҳои миёнаи молекулвино тақвият дода барои тавсифи хосиятҳои тамоилии моеъкристаллҳо самаранок истифода мекунанд. Чандин монографияҳои таҳлилии оид ба тадқиқӣ: назариявӣ (Чандрасекар С.), таҷрибавӣ (Капустин А.П.) ва компютерӣ (Сикало А.Л.) ва дигарҳо таҳия ва нашр шуданд. Ба наздикӣ якчанд мақолаҳои китобҳои таҳлилии ҷамбастанандаи Беляев В.В. оид ба омӯзиши гидродинамикӣ ва тадқиқи таҷрибавии хосиятҳои часпакию чандирии моеъкристаллҳои нематикӣ дастрас шуданд.

Барои тадқиқи комплекси моеъкристаллҳо марказҳо ва гуруҳҳои калони илмӣ зиёде таъсис дода шуданд: маркази илмӣ Орсей дар Фронса; маркази илмӣ Иваново ва дигарҳо дар СССР; гуруҳи олимони дар Бангалори Ҳиндустон; озмоишгоҳи калони илмӣ шаҳри Кент дар ИМА ва ғайраҳо.

Солҳои 1970-1992 дар Тоҷикистон гуруҳи олимони (Бобоев А.С., Сабуров Б., Маллабоев У., ва дигарон) дар Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шотемуров ба омӯзиши таҷрибавӣ ва дар Институти Физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови АМИТ (Салахутдинов М.И., Часовских В.П., Раҳимов А.) ба моделсозии мошинӣ ва тадқиқи акустикии хосиятҳои моеъкристаллҳо машғул буданд.

Солҳои охир, барои тадқиқи хосиятҳои ғайримувозинатии моеъҳо, аз ҷумла моеъкристаллҳо, усули функсияҳои тақсимои ғайримувозинатӣ (ФТГ)-и Зубарев васеъ истифода карда мешавад. Ба ақидаи аксари олимони ин усул аз баъзе маҳдудиятҳои ба дигар усулҳои назарияи статистикии моеъҳо хос озод буда, онро барои омӯхтани хосиятҳои гармофизикии моеъҳои мураккаб ҳам, истифода намудан мумкин аст.

Дар асоси таҳлили боло ҳамчун мақсади асосии рисола – **тадқиқи назариявии хосиятҳои мувозинаӣ ва динамикии бузургҳои гармофизикии моеъкристаллҳои нематикӣ (МКН) дар соҳаи васеи тағйирёбии температура, фишор, зичӣ ва басомади ошубҳои беруна, муайян карда шуд.**

Барои амалӣ кардани ин мақсад ҳалли масъалаҳои зерин:

1) такмил ва истифодаи усули потенциалҳои термодинамикии нопурра барои тадқиқи хосиятҳои аномалии қисмати тамоилии бузургҳои гармофизикии МКН дар соҳаи васеи тағйирёбии бузургҳои ҳолати термодинамикӣ, аз ҷумла дар атрофи нуқтаи табдили фазавии моеъкристаллҳои нематикӣ-моеъҳои изотропӣ (МКН-МИ);

2) дар ҷаҳорҷубаи имкониятҳои ФТГ-ии барои омӯхтани моеъҳои мураккаб такмилдода шуда, тадқиқ намудани хосиятҳои мувозинатӣ, мувозинатии - локалӣ ва динамикии бузургҳои гармофизикии моеъкристаллҳои нематикӣ термотропӣ бо назардошти саҳми сохтори молекулавӣ ва механизми рӯйдодҳои релаксационии дар дохилашон ба амал оянда;

3) амалӣ намудани ҳисобкуниҳои адабии вобастагии қимматҳои мувозина-

тӣ ва динамикии бузургиҳои гармофизикии МКН аз температура, зичӣ, фишор ва басомад, сохтани ҳазинаи қиматҳои ин бузургиҳо дар соҳаи васеи тағйирёбии бузургиҳои ҳолати термодинамикӣ ва басомади ошубҳои беруна, ба нақша гирифта шуд.

**Объекти тадқиқот** моеъкристаллҳои нематикӣ термотропӣ дар фазаҳои нематикӣ ва изотропӣ мебошад.

**Предмети тадқиқот:** тадқиқи хосиятҳои мувозинатӣ ва динамикии бузургиҳои гармофизикии МКН дар соҳаи васеи тағйирёбии параметрҳои ҳолати термодинамикӣ ва басомади ошубҳои беруна; инчунин таҳлили механизмҳои рӯйдодҳои релаксационии дихили моеъҳо ва муайян кардани саҳми онҳо дар хосиятҳои динамикии часпакию чандирии МКН мебошанд.

**Усулҳои тадқиқот.** Дар рисола асосан ду усули тадқиқоти илмии назариявӣ:

1) усули **потенциалҳои термодинамикии нопурра** барои таҳқиқи макроскопии хосиятҳои мувозинатии гармофизикии МКН ва табиати аномалии бузургиҳои гармофизикии МКН дар атрофи нуқтаи табдили фазавии МКН-МИ; ва 2) усули **ФТГ** барои тадқиқи статистику (микроскопии) хосиятҳои мувозинатӣ ва динамикии гармофизикии МКН бо назардошти саҳми сохтори молекулавӣ ва релаксатсияҳои дохилӣ дар онҳо.

**Соҳаи тадқиқот.** Ҷиёкаи моеъҳо ва моеъкристаллҳо. Технологияи сохтан ва истифода намудани маводҳои моеъкристаллӣ.

**Марҳилаҳои тадқиқот.** Марҳилаи 1 (солҳои 2015-2018) - таҳлили маълумотҳои адабиёти муосир, оид ба омӯзиши таҷрибавию назариявӣ хосиятҳои гармофизикии МКН, тадқиқи назариявӣ хосиятҳои часпакию чандирии МКН. Марҳилаи 2 (солҳои 2018-2021) - тадқиқи табиати аномалии бузургиҳои гармофизикии МКН дар атрофи нуқтаи табдили фазавии МКН-МИ, таҳияи мақолаҳою рисола.

**Манбаҳои асосии ахборотию методологӣ** барои иҷрои корҳои илмии рисола - матбуоти даврии илмӣ ва методҳои термодинамику статистику омӯзиши моеъҳо, ки дар ҷумҳуриямон анъанавӣ (аз солҳои 60-уми асри гузашта аз ҷониби академик Адхамов А.А. ва шогирдонаш) инкишоф дода шудааст, мебошанд.

**Эътимоднокии натиҷаҳои дар рисола овардашуда** тавассути истифодаи усулҳои санҷидашудаи тадқиқот ва муқоисаи натиҷаҳои ҳосилшуда бо натиҷаҳои таҷриба ва корҳои пазируфташуда, таъмин карда мешавад.

**Навгони натиҷаҳои рисола.**

1. усули **потенциалҳои термодинамикии нопурра** барои омӯختани саҳми тартиби тамоилӣ ва флукуатсияи тартиби тамоилӣ дар табиати аномалии бузургиҳои гармофизикии ҳолати мувозинатии МКН дар атрофи нуқтаи табдили фазавии МКН-ИЖ, такмил ва истифода шудааст; бори аввал барои параметри тартиби тамоилии ҳолати мувозинатии МКН ифодаи аналитикие пешниҳод шудааст, ки вобастагии бузургиҳои гармофизикии аз ин параметр вобаста бударо аз фишор ва температура саҳеҳ ифода намуда метавонад;

2. барои вобастагии ҷаҳиши зичӣ, энтропия, гармиғунҷоиш, коэффиси-

ентҳои васеъшавӣ ва фишурдашавии ҳароратии МКН аз температура ва фишор, дар атрофи нуқтаи табдили фазавии МКН-ИЖ ифодаҳои аналитикӣ ёфта шуда, ҳисобкунии адабии қонуниятҳои вобастагии чаҳиши ин бузургӣҳо аз температура ва фишор, бо назардошти саҳми тартиботи тамоилӣ ва флукуатсияи тартиботи тамоилӣ, гузаронида шудаанд;

3. имконияти устувор нигоҳ доштан ва кӯчонидани фосилаи ҳароратии фазаи нематикӣ (фосилаи температураи кории асбобҳои моеъкристаллӣ) тавассути тағйирдиҳии фишори моеъ, нишон дода шудааст;

4. бори аввал, барои гармиғунҷоиши фазаи изотропӣ ифодаи мукаммале муайян карда шудааст, ки саҳми ҳаракати ҳароратии молекулаҳо, сохтори наздики радиалӣ ва тамоилии моеъкристаллҳо ва флукуатсияи тартиби тамоилро ба қонуниятҳои вобастагии гармиғунҷоиши МКН аз температура ва зичӣ дар қисмати изотропии атрофи нуқтаи мубодилаи фазавии МКН – МИ, дар бар мегирад;

5. бори аввал тавассути таҳқиқи термодинамикӣ ва статистиқии реологияи моеъҳо, барои модулҳои чандирии тамоилии МКН (дар деформатсияҳои намуди қатшавии кундаланг, қатшавии қаддӣ ва тобхӯрӣ) ифодаҳои аналитикӣ муайян карда шуда, вобастагии ин модулҳо аз температура, фишор ва зичӣ барои моеъкристалли ПАА ҳисоб карда шудаанд;

6. бори аввал системаи сарбастаи муодилаҳои гидродинамикаии умумикардашудае, ҳосил карда шудаанд, ки барои омӯхтани хосиятҳои динамиқии часпақию чандирии моеъҳои асимметрӣ имкон медиҳанд; таҳлили дақиқи механизмҳои релаксатсияҳои термикӣ гузаронида шуда, саҳми онҳо дар хосиятҳои динамиқии часпақию чандирии МКН муқаррар карда шудааст;

7. барои коэффицентҳои динамиқии тамоилии часпақӣ ва модулҳои динамиқии тамоилии чандирии МКН ифодаҳои соддаи аналитикӣ ҳосил карда шуда и умумӣ ёфта шуда, ҳисобкуниҳои адабии вобастагии вақти релаксатсияи чархзанӣ, ва бузургӣҳои дигари динамиқии часпақию чандирии тамоилии аз температура, фишор, зичӣ ва басомад, амалӣ карда шудаанд.

**Арзиши назариявии тадқиқот.** Муодилаҳо ва ифодаҳои аналитикии дар рисола ҳосил карда шудамоҳияти умуминазариявӣ дошта, ҳангоми интиҳоби модели мувофиқ ва бузургӣҳои истифода шаванда, барои омӯхтани хосияти дигар моеъҳои монанд, истифода шуда метавонанд.

Робитаи бузургӣҳои мувозинатӣ ва динамиқии МКН бо шакл ва ҳамтаъсироти молекулаҳо, ки ҳангоми истифодаи усули ФТГ муқаррар карда шудаанд, барои тадқиқи хосиятҳои нормалию аномалии МКН, ҳам дар фазаи нематикӣ ва ҳам дар фазаи изотропӣ истифода шуда метавонанд.

**Аҳамияти амалии** натиҷаҳои дар рисола ҳосилшуда:

- ифодаҳои аналитикӣ ва формулаҳои дар рисола ёфта шуда, барои муайян ва ҳисоб кардани қимати бузургӣҳои гармофизикии МКН **дар шароитҳои гуногуни истифодашон**, имкон медиҳанд; натиҷаҳои ҳисоб-куниҳои адабии қиматҳои бузургӣҳои гармофизикии МКН дар соҳаи васеи тағйирёбии параметрҳои термодинамиқии ҳолат ва басомади ошубҳои беруна оварда шудаанд, метавонанд ҳамчун **ҳазинаи маълумот** оид ба қиматҳои ин бузургӣҳо

дар шароитҳои гуногуни татбиқашон, истифода карда шаванд;

- имконияти тавассути тағйирдиҳии фишор идора ва кӯчонидани фосилаи ҳароратии мавҷудияти фазаи нематикӣ, ки дар рисола муқаррар карда шудааст, **барои устувор ва идоракунии фосилаи температураи кории асбобҳои моеъкристаллӣ** истифода шуда метавонанд;

- вобастагии хосиятҳои бузургҳои гармофизикии МКН бо шакл, андоза, масса ва энергияи молекулаҳо ки дар рисола ошкор карда шудаанд, метавонанд **ҳамчун асоси физикии ҳосил кардани маводҳои хосиятҳои муайяни гармофизики ва дигар хосиятҳои физикию техники дошта**, истифода карда шаванд;

- **маводҳои дар рисола** оварда шуда, барои докторантон, аспирантон, унвонҷӯён, магистру донишҷӯёни бахшҳои болои ихтиссосҳои физика, физхимия, маводшиносӣ ва технология ҳангоми хондани курсҳои махсус, иҷрои рисолаҳои илмӣ ва дипломӣ ғоиданок буда метавонанд.

**Татбиқи натиҷаҳои тадқиқот.** Натиҷаҳои рисола дар раванди иҷрои корҳои илмӣ ва хондани курсҳои махсус дар факултети Физикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон ва барои гузаронидани дарсҳои амалию лабораторӣ дар кафедраи Шабақаҳои алоқа ва системаҳои коммутатсияи Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осими истифода шудаанд.

#### **Натиҷаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда.**

1. Натиҷаҳои такмил ва истифодаи усули потенциалҳои теродинамикии нопурра барои тадқиқи хосиятҳои аномалии бузургҳои гармофизикии моеъкристаллҳои нематикӣ дар фазаҳои нематикӣ ва изотропӣ;

2. натиҷаҳои такмил ва истифодаи усули функцияҳои тақсимоти ғайримувозинатӣ барои таҳқиқи хосиятҳои мувозинатӣ ва динамикии бузургҳои гармофизикии моеъкристаллҳои нематикӣ;

3. системаи сарбастаи муодилаҳои гидродинамикаи умумикардашуда барои тадқиқӣ хосиятҳои динамикии часпакию чандирии моеъҳои асимметрӣ ва ифодаҳои аналитикӣ барои коэффисиентҳои динамикии часпакӣ ва модулҳои динамикии чандирии МКН, ки саҳми хусусиятҳои хоси сохтори молекулавию моеъҳо ва механизми рӯйдодҳои релаксатсионии дар дохили моеъ ҷоришавандаро ба назар мегиранд;

4. натиҷаҳои таҳқиқи васеи механизмҳои физикии рӯйдодҳои релаксатсионии дар дохили моеъ ҷой дошта ва нишон додани саҳми релаксатсияҳои чарҳзанӣ дар муайян кардани хосиятҳои динамикии часпакию чандирии тамоилии МКН.

5. Натиҷаҳои ҳисобкуниҳои адабии вобастагиҳои хосиятҳои мувозинатӣ ва динамикии бузургҳои гармофизикии ПАА ва МББА аз температура, фишор, зичӣ ва басомад.

**Баррасии натиҷаҳои рисола.** Натиҷаҳои асосии рисола дар: Конфронси илмии байналмилалӣ V “Масъалаҳои муосири физика” ИФТ ба номи С.У. Умарови АМИ Тоҷикистон, 18-19 ноябри соли 2016; Конфронси илмӣ -амалии байналмилалӣ VIII “Дурнамои рушди илм ва маориф”, Душанбе, ДТТ ба номи ак. М.С. Осимӣ, 3 - 4 ноябри соли 2016; Конфронси илмӣ - амалии байналмилалӣ “Электроэнергетикаи Тоҷикистон: Масъалаҳои мубрам ва ҳалли

онҳо”, Душанбе Филиал МЭИ 19 декабри соли 2019; Конронси илмӣ – амалии байналмилалии донишҷӯён, магистрҳо, аспирантон ва олимони ҷавон “Мӯҳандис 2019”, Душанбе ДТТ ба нои акад. М.С. Осимӣ, 2019; Конфронси илмӣ -амалии ҷумҳуриявӣ “Масъалаҳои муосири физикаи ҳолати конденси ва физикаи ҳаста”, Душанбе, ДМТ, 19 феввали соли 2020; Конфронси илмӣ -амалии байналмилалии “Электроэнергетикаи Тоҷикистон: масъалаҳои самаранокии энергиявӣ ва истифодаи МБЭ”, Душанбе, филиали МЭИ, 29-30 апрели соли 2021; Конфронси илмӣ -амалии байналмилалии “Илмҳои техникӣ ва таҳсилоти мӯҳандисӣ барои рушди устувор”, Душанбе, ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ, 9-10 ноябри соли 2021; Конфронси илми амалии ҷумҳуриявӣ “Илм - асоси рушди инноватсионӣ” бахши илмҳои бунёдӣ. Душанбе, ТТУ имени акад. М.С. Осимӣ; Конфронси илмӣ -амалии ҷумҳуриявӣ “Масъалаҳои муосири табиатшиносӣ дар илм ва маориф”, Душанбе, ДСРТ, 27 майи соли 2022; Конфронси илми байналмилалии VIII “Масъалаҳои муосири физика” ИФТ ба номи С.У. Умарови АМИ Тоҷикистон, 21-22 октябри соли 2022.

**Саҳми шахсии унвонҷӯӣ.** Қисмати асосии натиҷаҳои аналитикию адабии рисола бо иштироки бевоситаи унвонҷӯӣ ҳосил карда шудаанд. Таҳияи тафсири адабиётҳо, ҳисобкунҳои адалӣ дар мошинҳои электронии ҳисобкунӣ, сохтани графику ҷадвалҳо, таҳияи мақолаҳо, рисолаю автореферат, асосан аз тарафи унвонҷӯӣ амалӣ карда шудаанд.

**Интишорот.** Тибқи натиҷаҳои тадқиқот 22 мақолаи илмӣ ба интишор расидааст, аз ҷумла 7 мақола дар маҷалаҳои тавсияшудаи КОА назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ва 15 мақола дар конференсияҳои ҷумҳуриявӣ ва байналмиллалӣ.

#### **Мутобиқати бо шиносномаи ихтисос.**

Аз рӯйи мавзӯ ва усули тадқиқот риолаи мазкур бо бандҳои зерини шиносномаи ихтисоси 01.04.14 – Физикаи ҳарорат ва назарияи техникаи гармо мутобиқ мебошад: банди 2. тадқиқи аналитикӣ ва адабии ҳосиятҳои гармофизикии моддаҳо дар ҳолатҳои гуногуни агрегатӣ; банди 4. тадқиқи таҷрибавӣ ва назариявии раванди ҳамтаъсири селҳои пуршиддати энергия ва модда; банди 6. тадқиқи таҷрибавӣ ва моделсозии физикию адабии раванди интиқоли масса, импульс ва энергия дар дар системаҳои бисёрфаза ва мубодилаи фазавӣ дошта.

**Сохтор ва ҳаҷми рисола.** Рисола аз муқаддима, чор боб, хулоса ва рӯйхати адабиётҳои истифодашуда иборат буда, дар 143 саҳифаи компютери хуруфчинӣ шуда, 39 расм, 15 ҷадвалро дар бар мегирад, Рӯйхати адабиётҳои истифодашуда 124 номгӯйро ташкил медиҳад.

#### **МУҲТАВОИ МУХТАСАРИ РИСОЛА:**

Дар муқаддима мубрамияти мавзӯи тадқиқот асоснок карда шуда, мақсад ва масъалаҳои рисола муайян карда шудааст. Вазъи омӯзиши мавзӯ мухтасар баррасӣ карда шуда, навгонӣ, аҳамияти назариявӣ амалии натиҷаҳои рисола таъкид карда шудаанд.

Дар боби якум тафсири тадқиқотҳои таҷрибавию назариявии вобастагии бузургҳои гармофизикии моеъкристаллҳои нематикӣ аз температура, зичӣ, фишор ва басомад оварда шудаанд.



Дар бахши якуми ин боб дар бораи таърихи кашф ва марҳилаҳои инкишофи тадқиқот, мафҳумҳои асосӣ ва меъёрҳои гурӯҳбандӣ ва дигар тавсифҳои ҳолати моеъкристаллӣ маълумоти мухтасар оварда шудаанд.

Дар бахши дуюми боб натиҷаҳои омӯзиши таҷрибавии вобастагии бузургҳои гармофизикии моеъкристаллҳои нематикӣ (МКН) аз параметрҳои термодинамикии ҳолат таҳлил карда шуда, ифодаҳои параметри скалярии тартиби тамоилӣ

$$\eta = \frac{1}{2}(3 \cos^2 \theta - 1)_{\delta V}, \quad (1)$$

ва параметри тензории тартиби тамоилӣ дар моеъкристаллҳо

$$S^{\alpha\beta} = \eta \left( n_\alpha n_\beta - \frac{1}{3} \delta_{\alpha\beta} \right), \quad (2)$$

оварда шудаанд. Дар ин ҷо  $\vec{n}$ - вектори воҳидиест, ки самти тамоили миёнаи молекулаҳо (директор)-ро нишон медиҳад,  $\theta$ - кунҷи байни  $\vec{n}$  ва тири дарози молекулаҳоро ифода менамояд.

Дар бахши сеюм, ҳолати тадқиқоти назариявии хосиятҳои мувозинатӣ ва ғайримувозинатии гармофизикии МКН муҳокима карда шуда, ба назарияи гидродинамикии Лесли -Эриксен диққати бештар дода шудааст. Назарияи термодинамикии Ландау-де Жен баррасӣ шуда, барои потенциали термодинамикӣ ифодаи зерин оварда шудааст:

$$\Phi(P, T, S_{\alpha\beta}) = \Phi_i(P, T) + \frac{1}{2} A S_{\alpha\beta}^2 + \frac{1}{3} B S_{\alpha\beta} S_{\beta\gamma} S_{\gamma\alpha} + \frac{1}{4} C S_{\alpha\beta}^2 S_{\gamma\sigma}^2 + \frac{1}{2} D (\nabla S_{\alpha\beta})^2 \quad (3)$$

Мундариҷаи назарияи Майер-Заупе баррасӣ шуда ифодаи энергияи потенциалии ҳамтаъсироти молекулаҳо

$$\Phi(\theta_{ij}) = -\frac{A}{v^2} \eta (1 - \frac{3}{2} \sin^2 \theta_i), \quad (4)$$

сабт шудааст. Дар ин ҷо  $\frac{A}{v^2}$  – тавоноии энергиявии потенциал буда,  $\eta$  – бо ифодаи (1) муайян карда мешавад.

Мафҳумҳо ва принципҳои асосии усули функцияҳои тақсимоти ғайримувозинатӣ (ФТГ) тавсиф карда шуда, ифодаҳои асосии ФТГ-и барои омӯзиши моеъҳои мураккаби асимметрӣ такмил дода шуда дар шакли зерин

$$f(t) = f_L(1 + \Delta f) = f_L + f_t, \quad (5)$$

Оварда шудаанд, ки дар он:

$$f_L = f_0 \left\{ 1 - \xi_t^{\alpha\beta}(\vec{x}, t) \tilde{P}_t^{\alpha\beta}(t) - \xi_{tr}^{\alpha\beta}(\vec{x}, t) \tilde{P}_{tr}^{\alpha\beta}(t) - \xi_r^{\alpha\beta}(\vec{x}, t) \tilde{P}_r^{\alpha\beta}(t), - \dots \right\} \quad (5a)$$

- функцияи тақсимоти локалӣ- мувозинатӣ молекулаҳо ва

$$f_0 = \frac{\exp\{-\beta(\vec{x}, t)(H - \mu(\vec{x}, t)N)\}}{\int \dots \int \exp\{-\beta(\vec{x}, t)(H - \mu(\vec{x}, t)N)\} d\Gamma} \quad (5b)$$

– функцияи тақсимоти каноникии Гиббс; инчунин

$$f_t = f_0 \Delta f = -f_0 \int_{-\infty}^0 e^{\varepsilon t_i} dt_1 \left[ + \xi_t^{\alpha\beta}(\vec{x}, t + t_1) \tilde{I}_t^{\alpha\beta}(t_1) + \xi_{rt}^{\alpha\beta}(\vec{x}, t + t_1) \tilde{I}_{tr}^{\alpha\beta}(t_1) + \xi_r^{\alpha\beta}(\vec{x}, t + t_1) \tilde{I}_r^{\alpha\beta}(t_1) + \dots \right], \quad (5b)$$

- қисмати ғайримувозинатии функцияи тақсимоти статистикии молекулаҳо мебошанд. Ин ифодаҳо минбаъд дар ҳалли масъалҳои рисола истифода карда мешаванд.

Дар боби дуюм тавассути усули потенциалҳои термодинамикии нопурра, саҳми тартиби тамоилӣ ва флукуатсияи тартиби тамоилӣ дар табиати аномалии бузургҳои мувозинатии гармофизикии МКН дар атрофи нуктаи табдили фазавии МКН-МИ, тадқиқ карда шудааст.

Дар бахши якуми ин боб ифодаи (2) -ро ба ифодаи (3) гузошта, барои зичии потенциали термодинамикии МКН ифодаи зерин ҳосил карда шудааст.

$$\varphi(P, T, \eta, \vec{n}) = \varphi_n(P, T, \eta_0) + \Delta\varphi_f + \Delta\varphi_d, \quad (6)$$

дар ин ҷо:

$$\varphi_n(P, T, \eta) = \varphi_i(P, T) + 3A\eta^2 - 2B\eta^3 + 9C\eta^4 \quad (7)$$

- қимати зичии потенциали термодинамикӣ, бо назардошти танҳо саҳми тартиби тамоилии мувозинатии молекулаҳо;

$$\Delta\varphi_f(P, T) = \frac{1}{2}a(\delta\eta)^2 + \frac{b}{2}(\nabla\delta\eta)^2 \quad (8)$$

- саҳми флукуатсияи мувозинатии тартиби тамоилӣ дар потенциали термодинамикӣ; ва

$$\Delta\varphi_d(P, T, \vec{n}) = \frac{1}{2}K_1(\text{div}\vec{n})^2 + \frac{1}{2}K_2(\vec{n}\text{rot}\vec{n})^2 + \frac{1}{2}K_3(\vec{n} \times \text{rot}\vec{n})^2 \quad (9)$$

- саҳми деформатсияи директорро дар потенциали термодинамикӣ ба ҳисоб гирифта, асоси омӯзиши реологияи МКН-ро ташкил медиҳад.

Баъдан, дар заминаи таҳлили (P, T) диаграммаи табдили фазавии чинси якум (МКН-МИ) вобастагии коэффисиенти A аз температура ва фишор,

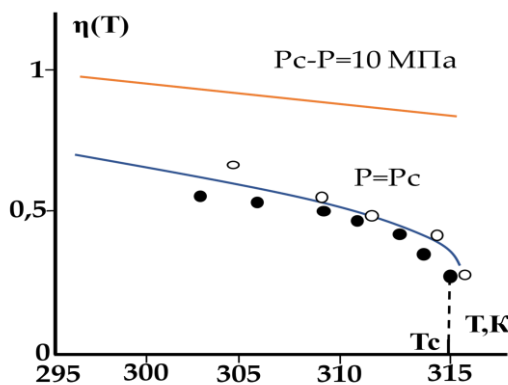
$$A(P, T) = A_c + \alpha(T - T_c) + \alpha\beta(P_c - P), \quad (10)$$

ва барои қимати мувозинатии параметри тартиби тамоилӣ ифодаи

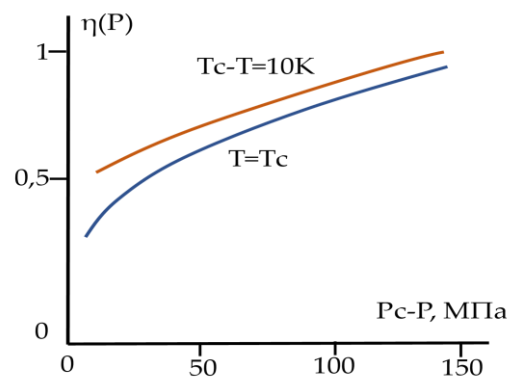
$$\eta = 0, \quad \eta(P, T) = \frac{3}{4}\eta_c \left( 1 \pm \frac{\sqrt{T_i - T + \beta(P_c - P)}}{3\sqrt{T_i - T_c}} \right). \quad (11)$$

муайян карда шудаанд. Дар ин ҷо:  $T_i$ - температураи каме баландтар аз  $T_c$ ;  $T_i - T_n = \frac{B^2}{24\alpha C}$  - атрофи ҳароратии нуқтаи табдили фазавӣ  $T_c$ ;  $\eta_c = \frac{2B}{9C}$  - қимати  $\eta$  дар температураи  $T_c$  мебошанд. Бо назардошти (11) ифодаи потенциали термодинамикӣ (7) сарбаста шуда, барои омӯхтани қонуниятҳои вобастагии бузургҳои гармофизикии аз тартиби тамоилии молекулаҳо вобастаи МКН аз температура ва фишор имконият медиҳад.

Дар расми 1 натиҷаи ҳисобкуниҳои ададии вобастагии параметри тартиботи тамоилӣ  $\eta$  аз температура ва фишор, тибқи ифодаи (11) барои МКН (МВВА) оварда шуда аст. Нуқтаҳои (○, ●) -натиҷаҳои таҷрибавӣ мебошанд.



Расми. 1.-Вобастагии параметри тартиботи тамоилии МВВА аз температура



Расми. 2.-Вобастагии параметри тартиботи тамоилии МВВА аз фишор

Чи хеле, ки аз расмҳои 1 ва 2 дида мешавад, вобастагии параметри тартиботи тамоилӣ аз температура ва фишор қариб якхела ва хаттӣ мебошанд. Фақат бо зиёдшавии температура  $\eta$  кам шуда бо зиёдшавии  $(P - P_c)$  соҳаи аномалии  $\eta(T)$  ба тарафи температураҳои баланд мекӯчад. Айнан ҳамин тавр

бо зиёдшавии ( $T_i - T$ ), соҳаи аномалии  $\eta(P)$  ба тарафи фишорҳои паст мекӯчад.

Барои муайян кардани таъсири фишор ба фосилаи ҳарорати мавҷудияти фазаи нематикӣ, дар ҷадвали 1 қимати температураҳои ба қиматҳои муайяни параметри тартиби тамоилӣ мувофиқ ( $\eta = 0,9$  – дар атрофи нуқтаи гудозш ва  $\eta = 0,225$  дар температураи  $T_i$ ) барои қиматҳои гуногуни фишор оварда шудаанд. Аз ҷадвал дида мешавад, ки хангоми афзудани ( $P - P_c$ ) аз 0 то 100 МПа фосилаи ҳарорати мавҷудияти фазаи нематикӣ дар ПАА аз фосилаи (389 ÷ 408,84) К ба фосилаи (423 ÷ 442,64) К, мекӯчад. Агар ин хулосаҳо дар таҷриба исбот шаванд, дар бораи бо тағйирдиҳии фишор устувор ва идора намудани фосилаи ҳарорати таҷҳизотҳои моеъкристаллӣ бо эътимод пешниҳод ирсол намудан мумкин аст.

Ҷадвали 1.-Қиматҳои температура ва фишори ба қиматҳои муайяни параметри тартиботи тамоилии ПАА мувофиқ

$\eta_o(P, T) \Rightarrow$	0,901	0,850	0,752	0,658	0,552	0,411	0,340	0,284	0,255
$P_c - P, \text{МПа}$	Қиматҳои температураҳои мувофиқ (Т, К)								
0	389,0	392,0	397,0	401,0	404,5	407,5	408,3	408,6	408,64
10 МПа	392,0	395,0	400,5	404,5	407,5	411,0	411,5	412,0	412,04
50 МПа	405,5	409,0	414,0	418,0	421,0	424,5	425,0	425,6	425,64
100 МПа	423,0	426,0	431,0	435,0	438,5	441,5	442,1	442,6	442,64

Тавассути муайян кардани ҳосилаҳои тартиби якуми ифодаи (7) нисбати параметрҳои термодинамикии ҳолат, қимати ҷаҳиши ҳаҷм ( $V$ ), энтропия ( $S$ ) ва миқдори гармии ниҳонии табдили фазавӣ ( $q$ ) – ёфта шудаанд:

$$\Delta S_n(\eta) = S_n - S_i = -3\alpha\eta_0^2, \quad \Delta V_n(\eta) = V_n - V_i = -3\beta\eta_0^2, \quad (13)$$

$$q_{NI} = T(S_n - S_i) = 3T\alpha\eta_0^2.$$

Дар ҷадвали 2 натиҷаи ҳисобкуниҳои вобастагии гармии ниҳонии табдилӣ фазавӣ  $q_{NI}$  барои МВВА аз температура ва фишор, ки тавассути ифодаи (13) ҳисоб карда шудаанд, оварда шуда аст.

Ҷадвали 2.-Натиҷаҳои ҳисобкунии вобастагии гармии ниҳонии табдили фазавии

МКН-МИ ( $q_{NI}, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ) барои МВВА, аз температура ва фишор тибқи (13)

P, МПа	Температура, К								
	296	305	308	309	310	313	314	315	316
0	2,18	2,25	2,27	2,28	2,29	2,31	2,31	2,33	2,33
10	3,58	3,69	3,72	3,73	3,75	3,79	3,79	3,81	3,82
30	5,57	5,74	5,80	5,82	5,83	5,90	5,91	5,94	5,95
50	7,27	7,49	7,56	7,59	7,61	7,70	7,71	7,75	7,76
70	8,84	9,11	9,20	9,22	9,25	9,36	9,37	9,42	9,43
90	10,32	10,64	10,74	10,78	10,81	10,93	10,95	11,01	11,02
110	11,76	12,11	12,23	12,27	12,31	12,45	12,47	12,53	12,55
130	13,15	13,55	13,68	13,73	13,77	13,93	13,95	14,02	14,04
150	14,51	14,95	15,10	15,15	15,19	15,37	15,39	15,47	15,49

Тибқи ин ҷадвал, қиматҳои миқдори гармии ниҳонии табдили фазавӣ аз температура қариб вобаста набуда, бо зиёдшавии  $P_c - P$ , меафзояд, ки ба маълумотҳои мавҷуда мувофиқ аст.

Дар баҳши дуюми ин боб саҳми тартиби тамоилӣ ба ҳосиятҳои аномалии он бузургҳои гармофизикии МКН, тадқиқ карда шудаанд, ки ҳамчун ҳосилаҳои тартиби дуюми потенциали термодинамикӣ (7), муайян карда мешаванд. Дар ин ҷо барои қисмати аномалии тамоилии гармиғунҷоиш ( $\Delta C_{pn}$ ), фишурдашавӣ

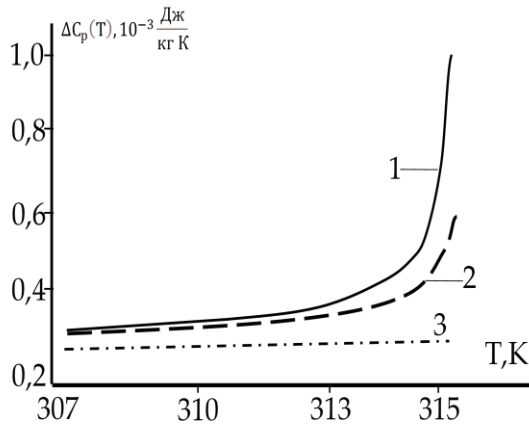
( $\Delta\beta_T$ ) ва аз гармӣ васеъшавии МКН ( $\Delta\alpha_T$ ) ифодаҳои аналитикие ёфта шудаанд:  $\Delta C_{pn}(\eta_0) = \frac{27}{64} \frac{\alpha \eta_0^2 T}{(T_i - T_n)} \left( 1 + \frac{\sqrt{T_i - T_n}}{\sqrt{T_i - T + \beta(P - P_c)}} \right)$ ;

$$\Delta\beta_T = -\frac{\beta^2}{\alpha V} \frac{27}{64} \frac{\eta_0^2 T}{(T_i - T_n)} \left( 1 + \frac{\sqrt{T_i - T_n}}{\sqrt{T_i - T + \beta(P - P_c)}} \right), \quad \Delta\alpha_T = \frac{\beta}{V} \frac{27}{64} \frac{\eta_0^2 T}{(T_i - T_n)} \left( 1 + \frac{\sqrt{T_i - T_n}}{\sqrt{T_i - T + \beta(P - P_c)}} \right), \quad (14a)$$

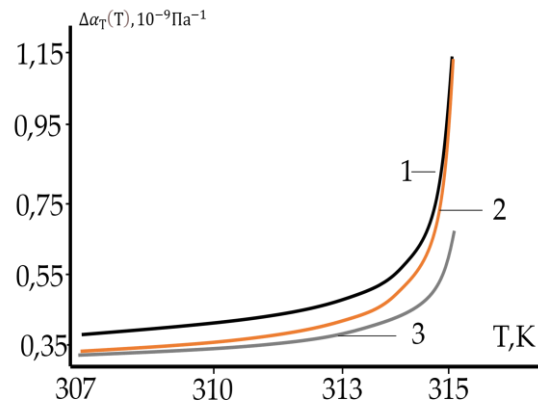
$$\alpha_T = \frac{\beta}{\alpha V} \frac{\Delta C_p}{T}; \quad \Delta\beta_T = -\frac{\beta^2}{\alpha^2 V} \frac{\Delta C_p}{T} \quad (14б)$$

Дар расми 3 вобастагии гармиғунҷоиши МББА аз температура, барои се қиматҳои фишор: 1-  $P = P_c$ ; 2-  $P = P_c = 1 \text{ МПа}$ ; 3-  $P = P_c = 10 \text{ МПа}$ . оварда шудаанд.

Чи хеле, ки дида мешавад, табиати аномалии гармиғунҷоиш дар фишорҳои баланд зиёдтар буда, бо зиёдшавии  $P_c - P$ , кам мешавад. Вобастагии қисмати аномалии васеъшавии ҳароратӣ, ки тибқи ифодаҳои (14) барои ду қимати фишор ( $P = P_c$  и  $P_c - P = 10 \text{ атм}$ ) ҳисоб карда шудаанд, дар расми 4 тасвир карда шудаанд (хатҳои қачи 1 ва 3). Дар расми 4, хати қачи 2 бошад, бо истифода аз қиматҳои  $\Delta C_{pn}$  тибқи формулаи (14a) сохта шудааст. Аз натиҷаҳои расми 4 бар меояд, ки табиати аномалии бузургҳои  $\Delta C_{pn}$  ва  $\Delta\alpha_T$  алоқаманду ба ҳам монанд мебошанд. Аз рӯйи қиматҳои маълуми яқтои онҳо, қиматҳои дигарашро муайян кардан мумкин аст.



Расми 3.-Вобастагии қисмати аномалии гармиғунҷоиши МББА аз температура дар се қимати фишор



Расми 4.-Вобастагии қисмати аномалии коэффисиенти васеъшавии ҳароратии МББА аз температура

**Дар бахши сеюми боб** флукуатсияи параметри тартиби тамоилӣ ҳамчун қатори фазои Фуре  $\delta\eta(x) = \sum_k \eta_k e^{-ixk}$  тасвир карда шуда, барои зичии потенциали термодинамикӣ (6) ифодаи зерин ҳосил карда шудааст

$$\Delta\phi_f(\eta, P, T) = \frac{k_B T}{4\pi^2} \int_0^{k_0} \ln \frac{2\pi k_B T}{v_0(a + bk^2)} k^2 dk \quad (15)$$

Бо назардошти фақат флукуатсияҳои дарозмавҷ, барои саҳми флукуатсияи тартиби тамоилӣ дар табиати аномалии ҳаҷм ва гармиғунҷоиш ифодаҳои зерин ёфта шудаанд:

$$\Delta V_n^f = \frac{v_0 k_B k_0 T \beta}{4\pi^2 b} \frac{\beta}{\alpha} \left( \frac{\partial a}{\partial T} \right)_P \quad (16a)$$

$$\Delta C_{Pn}^f(P, T) = \frac{k_0^3 k_B}{12\pi^2} - \frac{k_0 k_B}{4\pi^2 b} \left[ 2T \left( \frac{\partial a}{\partial T} \right)_P + T^2 \left( \frac{\partial^2 a}{\partial T^2} \right)_P \right] + \frac{k_B T^2}{16\pi b^2 \chi} \left( \frac{\partial a}{\partial T} \right)_P^2, \quad (16б)$$

Бузургии натиҷавии қисмати аномалии ҳаҷм ва гармиғунҷоиши МКН дар фазаи нематикӣ бо назардошти саҳми тартиби тамоилӣ ва флукуатсияи тартиби тамоилӣ ба тарзи зайл ифода карда шуданд:

$$\Delta V_n(P, T, \eta) = V_n(P, T, \eta) - V_n^0(P, T) = \Delta V_n(P, T, \eta_0) + \Delta V_n^f(P, T); \quad (17a)$$

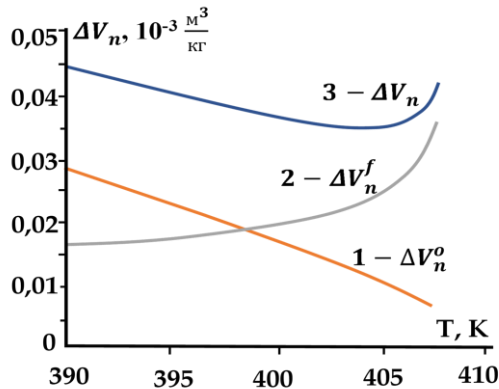
$$\Delta C_{Pn}(P, T, \eta) = C_{Pn}(P, T, \eta) - C_{Pi}^0(P, T) = \Delta C_{Pn}(P, T, \eta_0) + \Delta C_{Pn}^f(P, T). \quad (17б)$$

Дар қисмати изотропии атрофи нуқтаи табдили фазавӣ тибқи (11)  $\eta = 0$  мебошад ва табиати аномалии ҳаҷму гармиғунҷоиш фазаи изотропиро фақат флуқтуатсияи тартиби тамоилӣ муайян менамояд.

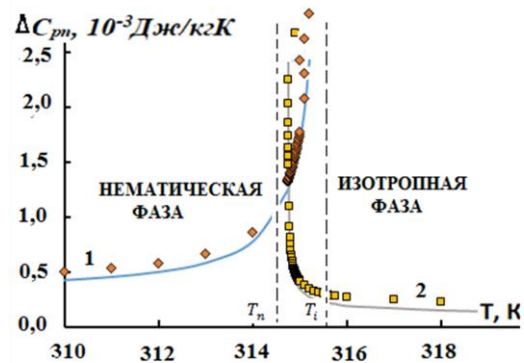
$$\Delta V_i(P, T) = V_i(P, T) - V_i^0(P, T) = \Delta V_n^f = \frac{k_o \beta^3}{\pi^2 b^2} k_B T; \quad \chi_i = \sqrt{\frac{6\alpha}{b} \sqrt{(T - T_n) + \beta(P - P_c)}}; \quad (18)$$

$$\Delta C_{Pi}(P, T) = C_{Pi}(P, T) - C_{Pi}^0(P, T) = \Delta C_{Pl}^f = \frac{k_o^3 k_B}{12\pi^2} - \frac{3\alpha k_o k_B}{\pi^2 b} T + \frac{9k_B \alpha^2 T^2}{4\pi b^2 \chi_i}$$

Натиҷаҳои ҳисобкуниҳои ададии вобастагии қисмати аномалии ҳаҷми ПАА аз температура, ҳангоми фишори  $P - P_c = 0$  тибқи формулаи (17a) барои фазаи нематикӣ дар расми 5 оварда шудаанд. Чи хеле ки дида мешавад, саҳми тартиби тамоилӣ дар табиати аномалии ҳаҷми ПАА дар фазаи нематикӣ бо зиёдшавии температура кам шуда (хати қачи 1), саҳми флуқтуатсияи тартиби тамоилӣ (хати қачи 2) меафзояд. Қимати натиҷавии ҷаҳиши аномалии ҳаҷми ПАА бо зиёдшавии температура аввал кам шуда, баъд бо наздикшавӣ ба нуқтаи табдили фазавӣ ғайрихаттӣ меафзояд



Расми 5.-Вобастагии қисмати аномалии ҳаҷми ПАА аз температура, барои қимати фишори  $P - P_c = 0$ .



Расми 6.-Вобастагии гармиғунҷоиши МББА аз температура дар атрофи нуқтаи табдили фазавии МКН-МИ

Ин натиҷаҳо дар бораи мақоми ҳалқунандаи саҳми флуқтуатсияи тартиби тамоилӣ дар муайян кардани хосиятҳои аномалии ҳаҷми МКН дар атрофи нуқтаи табдили фазавӣ шаҳодат медиҳанд. Вобастагии ҳаҷми ПАА аз температура дар фазаи изотропӣ ҷаҳиши аномалӣ надорад.

Натиҷаҳои ҳисобкуниҳои ададии вобастагии гармиғунҷоиши МББА аз температура тибқи формулаи (17б), барои фишори  $P - P_c = 0$ , дар расми 6 оварда шудааст. Нуқтаҳои  $\diamond, \blacksquare$  – натиҷаҳои таҷрибавӣ мебошанд. Чи хеле, ки мебинем натиҷаҳои ҳисобкуниҳои ададии қисмати аномалии гармиғунҷоиши МКН тибқи формулаҳои (17) ва (18) бо натиҷаҳои таҷрибавӣ мувофиқанд.

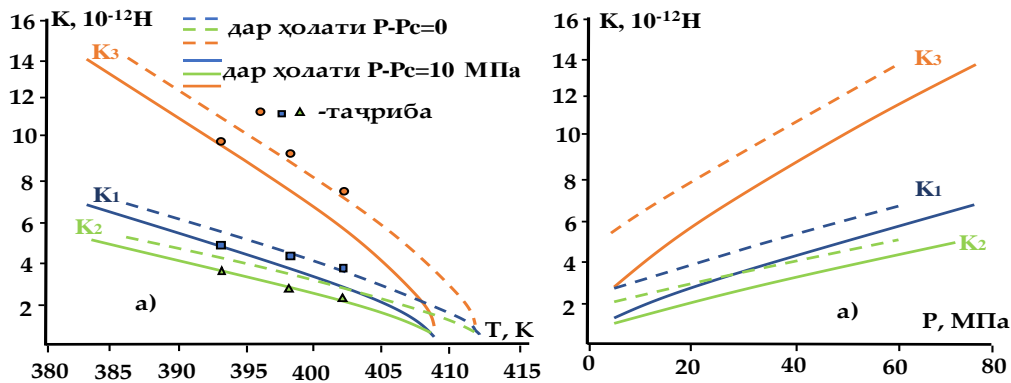
**Дар бахши чорум ва охири боби дуюм**, аз коэффисенти ифодаи (9)  $K \approx 9D\eta^2$ . ва қиматҳои таҷрибавии  $K$  истифода намуда барои коэффисентҳои чандирии МКН -  $K_1, K_2$  ва  $K_3$  ифодаҳои соддаи зерин ёфта шудаанд:

$$K = 10,08 \cdot 10^{-12} \text{ Н}, \quad K_2 = 7,66 \cdot 10^{-12} \eta^2, \text{ Н}; \quad K_3 = 22,77 \cdot 10^{-12} \eta^2, \text{ Н}. \quad (19)$$

Аз ифодаҳои (11) ва (12) барои  $\eta$  истифода намуда, вобастагии модулҳои чандирии ПАА- аз температура ва фишор ҳисоб карда шуда дар расми 7 инъикос

карда шудаанд. Камшавии қиматҳои  $K(T)$  бо зиёдшавии температура ва зиёдшавии  $K(P)$  бо зиёдшавии  $(P-P_c)$ , ба хосиятҳои маълуми чандирии моеъҳо мувофиқ мебошад.

Дар бахши якуми боби сеюм мафҳумҳо ва меъёрҳои асосии омӯзиши статистикуи моеъҳои асимметрии оварда шудаанд. Системаи моеъи аз  $N$  молекулаҳои сахти якхелаи шакли дилхоҳ доштаи массашон  $m$  ва моменти инерсияшон  $I$  буда иборат, мавриди омӯзиш қарор дода шудааст. Ҳолати чунин молекулаҳои ғайрисферӣ дар фазои фазавӣ тавассути координатаҳои декартӣ  $(x; y; z)$  ва кунҷӣ  $(\theta; \psi; \varphi)$ , инчунин компонентаҳои ба онҳо мувофиқи импульс  $\{p_{xi}; p_{yi}; p_{zi}\}$  ва моменти хоси импульси молекулаҳо  $\{M_{xi}; M_{yi}; M_{zi}\}$ , муайян карда шудаанд. Шарт карда мешавад, ки чунин молекулаҳо фақат дорои дараҷаҳои озоди транслясионӣ ва чархзанӣ мебошанд, ки тавассути қонунҳои физикаи классикӣ навишта мешаванд.



Расми 7 Вобастагии коэффисиентҳои чандирии ПАА: а) аз температура барои ду қимати фишор; б) аз фишор барои ду қимати температура. Нуқтаҳои  $\bullet$ ,  $\blacktriangle$ ,  $\blacksquare$  натиҷаҳои таҷрибавӣ аз [1]

Моделҳои микроскопии моеъи мазкур ба воситаи Гамильтониани

$$H(\vec{x}_i, \vec{\theta}_i, \vec{P}_i, \vec{M}_i) = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{P_i^2}{2m} + \frac{M_i^\alpha M_i^\beta}{2I_{\alpha\beta}} + \frac{1}{2} \sum_{i \neq j=1}^N \Phi_{ij}(\vec{x}_{ij}, \vec{\theta}_i, \vec{\theta}_j) \right], \quad (20)$$

муайян карда мешавад, ки дар он  $\Phi_{ij}(\vec{x}_{ij}, \vec{\theta}_i, \vec{\theta}_j)$  – потенциали ҳамтаъсири чӯфти молекулаҳои  $i$  ва  $j$  буда, ғайрисферӣ мебошад.

Бо назардошти ин гуфтаҳо муодилаҳои таҳавулоти вақтии зичии динамикуи бузургҳои бақодоста – зичии зарраҳо ва энергияи моеъ  $\hat{n}(\vec{x}, \vec{\theta}) = \sum_{i=1}^N \delta(\vec{x}_i - \vec{x}) \delta(\vec{\theta}_i - \vec{\theta})$ ;  $\hat{H}(\vec{x}, \vec{\theta}) = \sum_{i=1}^N H_i(\vec{x}_i, \vec{\theta}_i, \vec{P}_i, \vec{M}_i) \delta(\vec{x}_i - \vec{x}) \delta(\vec{\theta}_i - \vec{\theta})$ , (21) инчунин, зичии бузургҳои динамикуи бақо надошта-зичии динамикуи компонентаҳои тензорҳои интиқоли импульс ва моменти импульси молекулаҳо

$$\hat{P}_t^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{P_i^\alpha P_i^\beta}{m} + \frac{1}{2} \sum_{i \neq j=i}^N F_{ij}^\alpha X_{ij}^\beta \right) \delta(\vec{x}_i - \vec{x}) \delta(\vec{\theta}_i - \vec{\theta});$$

$$\hat{P}_r^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\vec{M}_i^\alpha \vec{M}_i^\beta}{I_{\beta\gamma}} + \frac{1}{2} \sum_{i \neq j=i}^N N_{ij}^{1\alpha} b_i^{\beta\gamma} \theta_{ij}^\gamma \right) \delta(\vec{x}_i - \vec{x}) \delta(\vec{\theta}_i - \vec{\theta}); \quad (22)$$

$$\hat{P}_{tr}^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}) = \sum_{i=1}^N \frac{P_i^\alpha \vec{M}_i^\beta}{I_{\beta\gamma}} \delta(\vec{x}_i - \vec{x}) \delta(\vec{\theta}_i - \vec{\theta}); \quad \hat{P}_{rt}^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}) = \sum_{i=1}^N \frac{\vec{M}_i^\alpha P_i^\beta}{m} \delta(\vec{x}_i - \vec{x}) \delta(\vec{\theta}_i - \vec{\theta}),$$

ки дар заминаи дараҷаҳои озоди пешравӣ ( $t$ ), чархзанӣ ( $r$ ) ва ҳамтаъсири ин дараҷаҳои озод ( $tr, rt$ ), ҳосил шудаанд, сохта шудаанд.

Дар бахши дуюми ин боб, дар асоси функсияи тақсироти мувосинатии каноникӣ Гиббс (5б), ки барои ҳолатҳои мувосинатӣ намуди муқаррарии функ-

сияи тақсимои каноникии Гиббс

$$f_0 = \left( \int \dots \int e^{-\frac{H}{k_B T}} d\Gamma \right)^{-1} e^{-\frac{H}{k_B T}}, \quad (23)$$

хосиятҳои мувозинатии гармофизикии МКН дар фазаи изотропӣ таҳқиқ карда шудааст. Аз ҷумла, тавассути ёфтани қимати миёнаи ифодаҳои (21) ва (22) бо истифодаи (23) барои зичии энергия ва фишори моеъ ифодаҳои зерин ёфта шудаанд

$$e(T, \rho) = 3nk_B T + \frac{n^2}{2} \int \Phi_{ij}(x_{ij}, \theta_{ij}) g_o(x_{ij}, \theta_{ij}) d\vec{x}_{ij} d\vec{\theta}_{ij}, \quad (24)$$

$$\left. \begin{matrix} P_t(T, n) \\ P_r(T, n) \end{matrix} \right\} = nk_B T - \frac{n^2}{6} \int \left\{ \begin{matrix} \frac{\partial \Phi_{ij}(x_{ij}, \theta_{ij})}{\partial x_{ij}} x_{ij} \\ \frac{\partial \Phi_{ij}(x_{ij}, \theta_{ij})}{\partial \theta_{ij}} \theta_{ij} \end{matrix} \right\} g_o(x_{ij}, \theta_{ij}) d\vec{x}_{ij} d\vec{\theta}_{ij} \quad (25)$$

Ифодаҳои (24) ва (25) муодилаҳои калорикию термикӣ ҳолати ҳароратии моеъ буда, барои таҳқиқи хосиятҳои гармофизикии моеъҳо имкон медиҳанд. Тибқи ифодаҳои (24) ва (25) масъалаи омӯзиши хосиятҳои гармофизикии моеъҳо, ба масъалаи интихоби потенциали ҳамтаъсири чуфти молекулаҳо  $\Phi_{ij}(x_{ij}, \theta_{ij})$  ва функсияи тақсимои мувозинатии радиалии молекулаҳо  $g_o(x_{ij}, \theta_{ij})$ , вобаста мебошад. Мо ин бузургӣро, дар намуди зерин интихоб менамоем

$$\tilde{\Phi}(r, \theta) = \begin{cases} \infty, & \text{при } 0 < r \leq 1 \\ \tilde{\Phi}_{ij}(r, \theta), & \text{при } r > 1. \end{cases} \quad (26)$$

$$g_o(r, \theta) = \begin{cases} y(1) = \frac{2-\tilde{n}}{2(1-\tilde{n})}, & \text{при } r \leq 1 \quad \text{а)} \\ y(r) e^{-\frac{\tilde{\Phi}_{ij}(r, \theta)}{\tilde{T}}}, & \text{при } r > 1. \quad \text{б)} \end{cases} \quad (27)$$

Дар ин ҷо  $\tilde{\Phi} = \frac{\Phi_{ij}}{\epsilon}$ ,  $\epsilon$  – чуқурии энергиявии ҷоҳи потенциалӣ, мебошанд.

Ҳолати соддаеро дида мебароем, ки

$$\Phi(r, \theta) = \Phi(r) + \Phi(\theta), \quad (28)$$

буда ба сифати  $\Phi(\theta)$  ва  $\Phi(r)$  потенциалҳои Майера-Заупе (4), ва Леннард – Љонс

$$\Phi(r) = 4\epsilon_0 (r^{-12} - r^{-6}). \quad (29)$$

-ро истифода менамоем. Дар чаҳорҷубаи ин соддакунӣҳо барои гармиғунҷоиши фазаи изотропии МКН (ПАА) ифодаи барои ҳисобкунӣ мувофиқи зерин ҳосил карда шудааст

$$c_{pi}(T, n) = c_{pi}^k(T, n) + c_{pi}^c(T, n) + c_{pi}^r(T, n) + c_{pi}^\theta(T, n) + c_{pi}^{r\theta}(T, n) + c_{pi}^f(T, n), \quad \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}} \quad (30)$$

дар ин ҷо:

$$\begin{aligned} c_{pi}^k(T, n) &= 0,112 \left( \frac{\rho}{\rho_c} \right) \left( 1 - 0,22 \left( \frac{T}{T_c} \right) \right), & c_{pi}^c(T, n) &= 2,21 \left( \frac{\rho}{\rho_c} \right)^2 \left( 1 + 0,037 \left( \frac{T}{T_c} \right) \right), \\ c_{pi}^r(T, n) &= 0,121 \left( \frac{\rho}{\rho_c} \right)^2 V(r) a(\theta); & c_{pi}^{r\theta}(T, n) &= -1,31 \left( \frac{\rho}{\rho_c} \right)^2 \left( \frac{T_c}{T} \right)^2 \eta^2 C(r) a(\theta); \\ c_{pi}^f(T, n) &= 0,927 \tilde{k} \left( \frac{T}{T_c} \right)^2 \left( \frac{T}{T_c} - 1 \right)^{-\frac{1}{2}} + 4,8 \cdot & \eta(P, T) &= 0,265 \left( 1 - 11,54 \left( \frac{T}{T_c} - 1 \right)^{-\frac{1}{2}} \right); \\ & 10^{-3} \tilde{k} \left( \frac{T}{T_c} \right); & & \\ c_{pi}^\theta(T, n) &= -0,121 \left( \frac{\rho}{\rho_c} \right)^2 \left( \eta^2 - 2,31 \eta \left( \frac{T}{T_c} - 1 \right)^{-\frac{1}{2}} \right) a(\theta) a(r); & \left( \frac{\partial \eta}{\partial T} \right) &= -\frac{0,0037}{\sqrt{T_c - 1}}, \end{aligned}$$

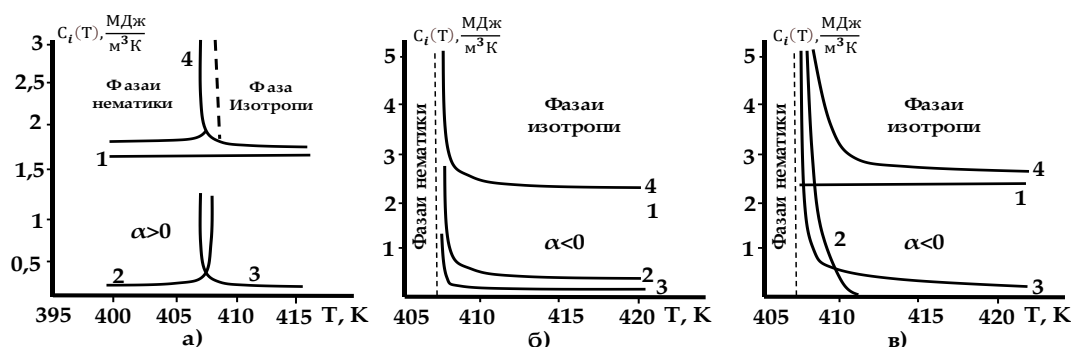
мебошанд, ки саҳми: ҳаракати ҳароратии молекулаҳо -  $c_{pi}^k$ ; даккаҳӯрии чандирии молекулаҳо -  $c_{pi}^c$ ; сохтори радиалии моеъ -  $c_{pi}^r$ ; тартиби наздики тамоилии



молекулаҳо  $-c_{pi}^\theta$ ; ҳамтаъсироти сохтори радиалӣ ва тамоилии моеъ  $-c_{pi}^{r\theta}$ ; ва флукуатсияи тартиби тамоилии молекулаҳо  $-c_{pi}^f(T, n)$  - ро ифода мекунанд. Дар ин ҷо:  $a(r)$ ;  $B(r)$ ;  $a(\theta)$ ;  $C(r)$  – бузургҳои интегронидашаванда мебошанд

Дар расми 8а, натиҷаҳои ҳисобкунии ададии вобастагии гармиғунҷоиши ПАА дар фазаи изотропӣ аз температура тибқи қорҳои пешина бо истифодаи қиммати  $\eta$  ифодаи (11) барои фазаи нематикӣ, ки дар он  $\alpha > 0$  мебошад, оварда шудаанд. Чӣ хеле, ки мебинем дар ин маврид вобастагии қисмати тамоилӣ (хатти қачи 2) ва қиммати натиҷавии гармиғунҷоиш  $c_{pi}$  (хати қачи 4), соҳаи фазаи нематикиро ҳам, дар бар мегиранд. Агар ифодаи (11)-ро барои  $\eta$  бо назардошти шартҳои устурии фазаи изотропӣ ( $\alpha < 0$ ), ислоҳ намоем, тамоми хатҳои вобастагии гармиғунҷоиш аз температура дар соҳаи фазаи изотропӣ меҳобанд (расми 8б).

Бо назардошти ин мулоҳизаҳо, натиҷаҳои ҳисобкунии вобастагии компонентаҳои  $c_{pi}$  барои ПАА тибқи ифодаҳои (30) дар расми 8в тасвир карда шудаанд. Саҳми натиҷавии  $c_{pi}(r) = c_{pi}^k + c_{pi}^c + c_{pi}^r$ , дар расми 8в бо хати рости 1 ифода карда шудааст. Чӣ хеле, ки мебинем саҳми  $c_{pi}(r)$ , зиёдшавии сусти хатҳои гармиғунҷоишро бо зиёдшавии температура нишон медиҳад. Саҳми тартиби тамоилӣ дар  $c_{pi}(T, n)$  бо  $c_{pi}(\theta) = c_{pi}^\theta + c_{pi}^{r\theta}$ , дар гармиғунҷоиши фазаи изотропии ПАА, дар фосилаи хурди ҳароратии атрофи изотропии нуқтаи табдили фазавӣ (408,3 ÷ 411,36 К) зоҳир мешавад ва дар расми 8в бо хатти қачи 2 тасвир шудааст.



Расми 8.-Натиҷаи ҳисобкунии ададии вобастагии гармиғунҷоиши фазаи изотропии ПАА аз температура барои қимати фишори  $P - P_c = 0$

Саҳми флукуатсияи тартиботи тамоилӣ (хатти қачи 3) чун дар боби 2, тибқи ифодаи (18) ҳисоб карда шуда, дар расми 8в бо хати қачи 3 ифода шудааст. Вобастагии натиҷавии гармиғунҷоиши фазаи изотропии ПАА тибқи ифодаи (30) дар расми 8в бо хатти қачи 4 тасвир шудааст, ки сифатан ба натиҷаҳои дар адабиётҳо мавҷуда наздик аст. Дар идомаи ҳамин бахш, яке аз шартҳои имконияти ҷой доштани тартиби тамоилии наздик (sort order) дар атрофи изотропии нуқтаи табдили фазавии МКН-МИ нишон дода шудааст.

Дар бахши сеюми ҳамин боб, дар чорҷубаи функсияи тақсимои мувозинатӣ-локалии молекулаҳо, хосиятҳои чандирии МКН тадқиқ карда шудааст. Таваассути тақсимои статистикӣ мувозинатӣ-локалии (5а) ёфта барои тензорҳои шиддат  $\sigma^{\alpha\beta} = -\langle \hat{p}^{\alpha\beta} \rangle_L + P\delta^{\alpha\beta}$ , ( $P = \frac{\langle \hat{p}^{\alpha\alpha} \rangle_L}{3}$  - фишори моеъ) системаи муодилаҳои сарбаста ҳосил карда шуда аст, ки барои тадқиқи хосиятҳои чандирии МКН имкон медиҳанд. Дар асоси ин муодилаҳо барои модулҳои чандирии тамоилии МКН ифодаҳои зерин ёфта шудаанд

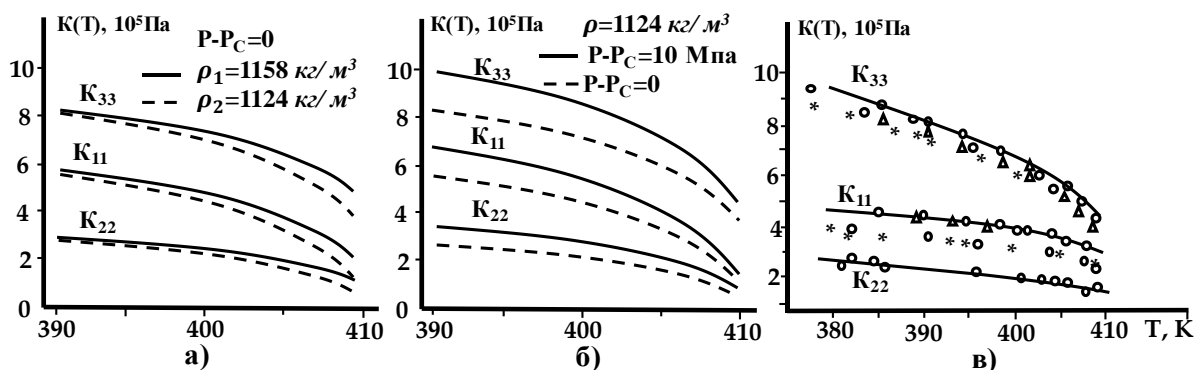


$$K_{11}^r = \frac{P_t}{c_v} \left( \frac{\partial P_r}{\partial T} \right)_\rho; K_{22}^r = \frac{P_t}{2c_v} \left( \frac{\partial P_r}{\partial T} \right)_\rho; K_{33}^r = P_r \left[ \frac{\rho}{P_r} \left( \frac{\partial P_r}{\partial \rho} \right)_T + \frac{e}{c_v P_r} \left( \frac{\partial P_r}{\partial T} \right)_\rho - 1 \right]; \quad (31)$$

Мувофиқи мафҳумҳои дар боби дуюм истифодашуда ифодаҳои дар (31) бударо, мувофиқан модуҳои чандирии деформатсияҳои тамоилии: кундаланг (арзӣ) ( $K_{11}$ ), қаддӣ ( $K_{22}$ ) ва тобхӯрӣ ( $K_{33}$ ), номидем.

Натиҷаҳои ҳисобкуниҳои адабии вобастагии ин модуҳои чандирии тамоилӣ барои ПАА аз температура ҳангоми:  $P_c - P = 0$  ва ду қимати зичӣ  $\rho_1 = 1124 \text{ кг/м}^3$  (хати пунктирӣ) ва  $\rho_2 = 1158 \text{ кг/м}^3$  (хати яклухт) дар расми 9а; барои як қимати зичӣ  $\rho_1 = 1124 \text{ кг/м}^3$  ва ду қимати фишор  $P - P_c = 0$  (хати пунктирӣ) ва  $P_c - P = 10 \text{ МПа}$  (хати яклухт) дар расми 9б оварда шудаанд.

Маълум аст, ки бо зиёдшавии температура қимати модуҳои чандирӣ кам шуда, бо зиёдшавии зичӣ ва фишор- $(P_c - P)$  зиёд шуда истодааст, ки бо натиҷаҳои назариявии боби дуюм ва натиҷаҳои таҷрибавӣ (расми 9в), сифатан мувофиқанд. Чи хеле, ки мебинем натиҷаҳои дар ин боб овардашудаи тадқиқи молекулавӣ-статистиқии ҳосиятҳои гармофизикӣ ва чандирии моеъкристалл моеъкристаллҳо бо натиҷаҳои таҷрибавӣ мувофиқати сифатӣ доранд.



Расми 9.-Вобастагии коэффисиентҳои чандирии тамоилии ПАА аз температура

**Дар боби чорум** – рӯйдодҳои релаксатсионии термикӣ тадқиқ карда шуда, саҳми онҳо дар ҳосиятҳои динамиқии часпақию чандирии МКН нишон дода шудааст. **Дар бахши якуми боб**, таҳлили мухтасари рӯйдодҳои релаксатсионии дар дохили моеъҳо ҷойдошта оварда шудааст. **Дар бахши дуюми боби чорум** бошад, барои компонентаҳои тензорҳои шиддат  $\sigma^{\alpha\beta}(\vec{x}, \vec{\theta}, t)$ , системаи сарбастаи муодилаҳои умумикардашудаи (релаксатсионии) гидродинамикӣ ҳосил карда шудааст, ки барои омехтани ҳосиятҳои динамиқии часпақию чандирии МКН имкон медиҳанд.

Таҳқиқи амиқи рӯйдодҳои релаксатсионии термиқии дар моеъ ҷойдошта гузаронида шуда, муқаррар карда шудааст, ки тамоми вақтҳои релаксатсияи дар ин муодилаҳо ҷойдошта:

$$\tau_{tt} = \frac{10m}{3\beta_{tt}}, \quad \beta_{tt} = \frac{1}{3kT} \int_0^t \langle F(t)F(0) \rangle_o dt; \quad \tau_{rr} = \frac{10l}{3\beta_{rr}}; \quad \beta_{rr} = \frac{1}{3kT} \int_0^t \langle N(t)N(0) \rangle_o dt$$

$$\tau_{tr} = \frac{4\tau_{tt}\tau_{rr}}{\tau_{tt} + \tau_{rr}}, \quad \tau_{tr} = \tau_{tr} = 2 \sqrt{\frac{m}{I}} \tau_{tr}; \quad \tau_{tr} = \tau_{tr} = \frac{20}{3} \sqrt{\frac{I}{m}} \tau_{tr}; \quad \tau_{tr} = \frac{\sqrt{Im}}{\beta_{tr}}, \quad (32)$$

$$\beta_{tr} = \frac{1}{3kT} \int_0^t \langle F(t)N(0) \rangle_o dt,$$

тавассути се вақти мушаххасӣ релаксатсионии бо модели интиҳобшудаи моеъҳо алоқаманд – вақти релаксатсияи транслясионӣ ( $\tau_{tt}$ ), вақти релаксатсияи чархзанӣ ( $\tau_{rr}$ ) ва вақти релаксатсияи интерференсионӣ ( $\tau_{tr}$ ), ифода карда мешаванд.

Дар асоси муодилаҳои бо назардошти хусусиятҳои хоси моеъҳои содда – тезтар амалӣ шудани тақсимои энергия дар байни дарчаҳои озоди якхела, нисбати тақсимои энергия дар байни дараҷаҳои озоди гуногун соддакардашуда барои коэффисиентҳои динамикии часпакиҳои тамоилӣ ( $\eta(v)$ ) ва модулҳои динамикии чандирии тамоилии бо онҳо мувофиқ ( $K(v)$ ), ифодаҳои зерин ёфта шудаанд

$$\eta_{s\ 11}^r(v) = \frac{\tau_{rr}K_{11}^r}{1+(v\tau_{rr})^2}; \quad \eta_{s\ 22}^r(v) = \frac{\tau_{rr}K_{22}^r}{1+(v\tau_{rr})^2}; \quad \eta_{s\ 33}^r(v) = \frac{\tau_{rr}K_{33}^r}{1+(v\tau_{rr})^2}; \quad (33)$$

$$K_{s\ 11}^r(v) = \frac{(v\tau_{rr})^2 K_{11}^r}{1+(v\tau_{rr})^2}; \quad K_{s\ 22}^r(v) = \frac{(v\tau_{rr})^2 K_{22}^r}{1+(v\tau_{rr})^2}; \quad K_{s\ 33}^r(v) = \frac{(v\tau_{rr})^2 K_{33}^r}{1+(v\tau_{rr})^2} \quad (34)$$

Ифодаҳои (33) ва (34) имкон медиҳанд, ки хосиятҳои динамикии часпакию чандирии МКН бо назардошти хусусиятҳои сохтори моеъ ва сахми релаксатсияҳои чархзанӣ омӯхта шаванд.

Дар охири ин бахш, хосиятҳои асимптотии бузургҳои часпакию чандирии МКН дар рӯйдодҳои динамикии басомадашон ҳудудан баланд ва ҳудудан паст таҳқиқ карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки дар рӯйдодҳои динамикии басомадашон паст хосиятҳои часпакию чандирии МКН тавассути коэффисиентҳои часпакӣ ва дар рӯйдодҳои динамикии басомадашон баланд тавассути модулҳои чандирии моаъ тавсиф дода мешаванд.

**Дар бахши сеюми боби 4**, дар асоси ифодаҳои (31)-(34) ҳисобкуниҳои ададии вобастагии бузургҳои динамикии часпакию чандирии ПАА аз температура, зичӣ ва басомад амалӣ карда шудаанд. Бо истифода аз потенциали Майер-барои вақти релаксатсияи чаҳзании ПАА ифодаи барои ҳисобкунӣ мувофиқи зерин ёфта шудааст ҳосил мекунем

$$\tau_{rr} = \frac{1,88 \cdot 10^{-10} \tilde{\tau}}{\tilde{\tau} \tilde{n} (1 + 20,2 \sqrt{1 - \tilde{T}} + 0,073(1 - \tilde{P}))^2} * \left\{ \frac{2 - \tilde{n}}{6(1 - \tilde{n})^3} a(r) e^{\frac{1,35}{T}} \int_0^{\pi} e^{\frac{0,39}{\tilde{T}} (1 + 11,73 \sqrt{1 - 4,54 \tilde{T}} + 0,073(1 - \tilde{P}))} \cos^2 \theta_i \cos^2 \theta_i \sin^3 \theta_i d\theta_i \right\}^{-1} \quad (35)$$

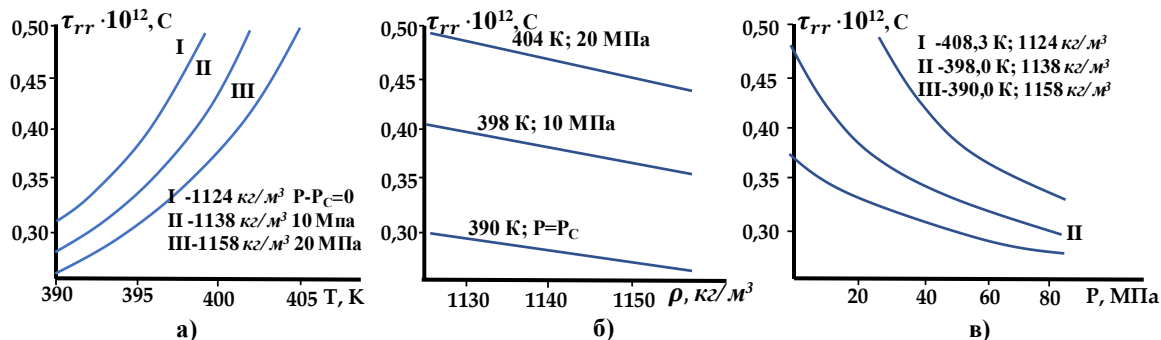
Бо мақсади муайян намудани таъсири намуди потенциали ҳамтаъсири молекулавӣ ба хосиятҳои динамикии часпакию чандирии МКН бо истифода аз потенциали умумитари Макмиллан ҳам барои вақти релаксатсияи чаҳзании ифода барои ҳисобкуниҳои ададӣ оварда шудааст

$$\tau_{rr} = \frac{3,9 \cdot 10^{-10} \tilde{\tau}_B^{-1} T^*}{n^* \left( \frac{4}{45} y(1) + \int_0^{\pi} \int_1^{\infty} \left( e^{-2r^2} - \frac{4,62}{T} \left( \frac{3}{2} \cos^2 \theta_{ij} - \frac{1}{2} \right) \right) \cos^2 \theta_i \sin^3 \theta_i d\theta_i r^2 dr \right)}. \quad (36)$$

Дар рисола натиҷаҳои ҳисобкуниҳои ададии вобастагии  $\tau_{rr}$ ,  $\eta_{s\ 11}^r$ ,  $K_{s\ 11}^r$  аз температура ва зичӣ тибқи ифодаҳои (33)-(36) дар шакли чадвал ва графикҳо оварда шуданд. Дар ин ҷо мо вобастагии ин бузургҳоро аз тағйирёбии параметрҳои термодинамикии ҳолат мухтасар ва танҳо дар шакли графикӣ дида мебароем. Дар расми 10 натиҷаҳои ҳисобкуниҳои ададии вобастагии вақти релаксатсияи чархзанӣ ПАА аз температура, зичӣ ва фишор бо истифода аз потенциали Майер Заупе оварда шудааст. Афзудани  $\tau_{rr}(T)$  бо зиёдшавии температура аз табиати термикӣ доштани  $\tau_{rr}$  шаҳодат медиҳад. Камшавии  $\tau_{rr}$ , бо афзудани зичӣ ва фишор ба қонуниятҳои барои моеъҳо муқарраркардашуда мувофиқ мебошад.

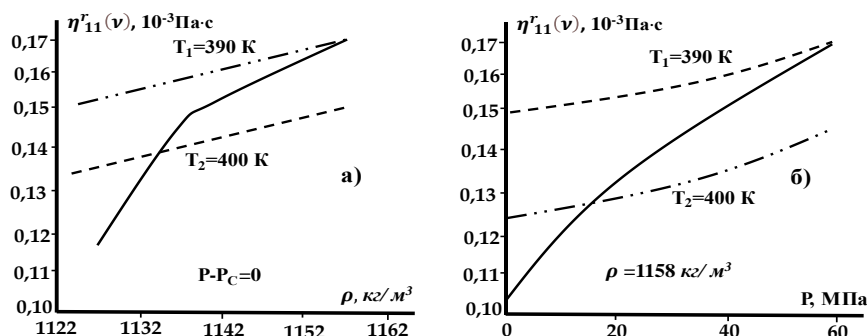
Акнун, бо истифода аз қиматҳои  $K_{11}^r$ ,  $K_{22}^r$ ,  $K_{33}^r$  ва  $\tau_{rr}$  – метавонем вобаста-

гии коэффициентҳои динамикии часпакиҳои тамоилӣ ( $\eta^r(\nu)$ ) ва модулҳои динамикии чандирии тамоилии ба онҳо мувофиқ ( $K^r(\nu)$ )-ро аз температура, зичӣ, фишор ва басомад ҳисоб намоем.



Расми. 10.-Натиҷаҳои ҳисобкунии ададии вобастагии вақти релаксатсияи чархзанӣ аз температура барои ПАА тибқи формулаи (35) ҳангоми се қиматҳои доимии зичӣ ва фишор.

Дар расми 11а натиҷаи ҳисобкунии ададии вобастагии қиматҳои басомадпасти коэффициентҳои динамикии часпакии тамоилии  $\eta_{11}^r(\nu)$ -и ПАА аз зичӣ ҳангоми ду қимати температура ва дар расми 11б вобастагии ҳамин часпакӣ аз фишор ҳангоми ду қимати температура (хатҳои фосиланок), оварда шудаанд. Дар расмҳои 11а ва 11б бо хати яқлухт ҳамин вобастагиҳо ҳангоми қиматҳои таҷрибавӣ мувофиқакунонидашудаи зичӣ ва температура оварда шудаанд.



Расми 11.-Натиҷаҳои ҳисобкунии ададии вобастагии қиматҳои басомадпасти коэффициентҳои динамикии часпакии тамоилии ПАА аз зичӣ (а) ва аз фишор (б).

Камшавии қиматҳои коэффициентҳои часпакӣ бо афзудани температура ва афзудани он бо зиёдшавии қиматҳои зичӣ ва фишор тибқи расмҳои 11, ба хосиятҳои маълуми часпакии моеъҳо мувофиқ аст. Вобастагии бештари часак ва дигар параметрҳои моеъҳо ҳангоми номаҳдуд (озод) будаи тағйирёбии зичӣ (ҳачм) (хатҳои яқлухт) аз мақоми муайянкунанда доштани ҳамтаъсири молекулаҳо дар ташаккули хосиятҳои часпакию чандирии онҳо, далолат менамояд

### НАТИҶАҶО ВА ХУЛОСАҶОИ АСОСИ

Дар асоси таҳлили натиҷаҳои дар рисола нисбати таҳқиқи назариявии хосиятҳои мувозинатии гармофизикӣ ва хосиятҳои динамикии часпакию чандирии МКН оварда шуда ва муқоисаи онҳо бо маълумотҳои дар адабиёт буда, хулосаҳои зеринро таҳия намудан мумкин аст.

1. Усули потенциалҳои термодинамикии нопурра барои омӯختани хосиятҳои мувозинатии аномалии тамоилии бузургҳои гармофизикии МКН дар атрофи нуқтаи табдили фазавии МКН-МИ тақмил дода шуда аст. Бори аввал

вобастагии амиқи фишор ва хосиятҳои аномалии тамоилии бузургиҳои гармофизикии МКН дар атрофи нуқтаи табдили фазавии МКН-МИ амалӣ карда шудааст. [1-М, 2-М, 4-М, 9-М, 10-М, 13-М]

2. Барои параметри тартиби тамоилӣ, чаҳишҳои ҳаҷм (зичӣ), энтропия, гармигунҷоиш, коэффисиентҳои васеъшавӣ ва фишурдашвии ҳароратии МКН ва модулҳои чандирии тамоилии он ифодаҳои аналитикие ёфта шудаанд, ки вобастагии онҳоро аз температура ва фишор саҳеҳ ифода мекунанд. Имконияти устувор нигоҳ доштан ва идора кардани фосилаи температураи кории асбобҳои моеъкристаллӣ тавассути тағйирдиҳии фишори моеъ, нишон дода шудааст; [1-М, 2-М, 4-М, 9-М, 10-М, 13-М]

3. Бори аввал, дар чорчубаи функсияи тақсимои мувозинатии Гиббс, ки барои омӯхтани моеъҳои мураккаб такмил дода шудааст, саҳми ҳаракати ҳароратии молекулаҳо, сохтори радиалӣ ва тамоилии моеъкристаллҳо ва флукуатсияи тартиби тамоилро ба хосиятҳои гармофизикии МКН дар фазаи изотропӣ ба ҳисоб гирифта, имконияти мавҷудияти тартиби тамоилии наздик (short order) дар атрофи қисмати изотропии нуқтаи табдили фазавии МКН-МИ, нишон дода шудааст. [4-М, 5-М, 6-М, 13-М, 14-М, 15-М]

4. Бори аввал таҳқиқи якҷояи термодинамикию ва молекулавӣ - статистикуи реологияи моеъҳо амалӣ карда шуда, барои модулҳои чандирии тамоилии МКН (дар деформатсияҳои намуди қатшавии кундаланг, қатшавии қаддӣ ва тобхӯрӣ) ифодаҳои аналитикие ёфта шудаанд, ки вобастагии ин модулҳоро аз температура, фишор ва зичӣ ифода менамоянд. Вобастагии ин модулҳо аз температура, фишор ва зичӣ барои моеъкристалли ПАА ҳисоб карда шудаанд; [3-М, 5-М, 7-М, 12-М, 16-М, 20-М, 21-М]

5. Дар чорчубаи назарияи статистикуи ғайримувозинатии моеъҳои асимметрии аз молекулаҳои саҳти шаклашон дилхоҳ иборат, системаи сарбастаи муодилаҳои гидродинамикаи умумикардасуда (релаксатсионӣ) сохта шуда аст, ки ба омӯхтани хосиятҳои динамикуи часпакию чандирии МКН имконият медиҳанд. Таҳлили дақиқи механизмҳои релаксатсияҳои термикӣ гузаронида шуда, нақши муайянкунандаи релаксатсияи чархзанӣ дар хоситҳои динамикуи часпакию чандирии моеъкристаллҳои нематикӣ нишон дода шудааст. [3-М, 7-М, 8-М, 11-М, 12-М, 19-М, 20-М, 21-М]

6. Барои коэффисиентҳои динамикуи часпакии тамоилии ва модулҳои динамикуи чандирии тамоилии ба онҳо мувофиқи МКН ифодаҳои соддаи аналитикие ёфта шудаанд, ки хусусиятҳои хоси сохтори моеъ ва саҳми релаксатсияи чархзаниро саҳеҳ дар бар мегиранд. Табиати асимптотикуи параметрҳои динамикуи часпакию чандирии МКН дар рӯйдодҳои динамикуи басомадашон ният баланду ниҳоят паст таҳқиқ карда шудааст. [3-М, 5-М, 7-М, 8-М, 11-М, 12-М, 16-М, 17-М, 18-М, 19-М, 20-М, 21-М]

7. Тамоми натиҷаҳои аналитикии дар рисола муайян карда шуда ба шакли барои ҳисобкунии ададӣ мувофиқ оварда шуда, тавассути интиҳоби барномаи мувофиқи компютерӣ ҳисобкуниҳои ададии вобастагии бузургиҳои мувозинати Барои МКН-и мушаххас (ПАА) ҳисобкуниҳои ададии параметрҳои мувозинатӣ ва динамикуи гармофизикуи МКН(ПАА) аз температура, зичӣ,

фишор ва басомад амалӣ карда шуда аст. [1-М, 2-М, 3-М, 4-М, 5-М, 6-М, 7-М, 8-М, 11-М, 12-М, 16-М, 17-М, 18-М, 19-М, 20-М, 21-М]

### **Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳои илмии рисола**

Ифодаҳои аналитикӣ ва формулаҳо, натиҷаҳои ҳисобкунии вобастагии бузургҳои мувозинатӣ ва динамикии гармофизикии МКН аз температура, зичӣ, фишор ва басомад, ки дар рисола муайян карда шудаанд, барои пешгӯии устувории кори таҷҳизотҳои моеъкристаллӣ дар шароитҳои гуногуни татбиқашон, истифода шуда метавонанд.

Қимматҳои ададии параметрҳои ҳолати мувозинатӣ ва динамикии МКН, ки дар соҳаи васеи тағйирёбии температура, фишор, зичӣ ва басомади таъсири беруна, ҳисоб карда шудаанд, ҳамчун хазинаи маълумот барои қимматҳои ин параметрҳо дар шароитҳои гуногуни исистифода, хизмат намуда метавонанд.

Имконияти тавассути тағйирдиҳии фишор идора намудани фосолаи ҳароратии мавҷудияти фазаи нематикӣ, ки дар рисола муқаррар карда шудааст, барои устуворӣ ва идоракунии фосолаи температураи кории асбобҳои моеъкристаллӣ татбиқ шуда метавонанд.

Вобастагии ҳосиятҳои бузургҳои гармофизикии МКН аз шакл, андоза, масса ва энергияи молекулаҳо, ки дар рисола ошкор карда шудаанд, метавонанд ҳамчун асоси физикии ҳосил кардани маводҳои (моеъкристаллҳои) ҳосиятҳои муайяни гармофизикӣ ва дигар ҳосиятҳои физикию техникӣ дошта, истифода карда шаванд.

Маводҳо ва маълумотҳои дар рисола оварда шуда, барои докторантон, аспирантон, унвонҷӯён, магистру донишҷӯёни бахшҳои болои ихтиссосҳои физика, физхимия, маводшиносӣ, физикаи гармо ва физикаи молекулавӣ ва физикаи ҳолатҳои конденсӣ ҳангоми хондани курсҳои махсус, иҷрои рисолаҳои илмӣ ва дипломӣ ғоиданок буда метавонанд.

### **РҶҲАТИ МАВОДҲОИ ИЛМИИ ЧОПШУДА**

#### **Рӯйхати мақолаҳои илмӣ дар маҷаллаҳои аз тарафи ҚОА-и назди**

#### **Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон тавсияшуда чопшуда:**

[1-М] **Абдурасулов, Д.А.** Метод неполного термодинамического потенциала для нематических жидких кристаллов / Д.А. Абдурасулов, А.А. Абдурасулов, С. Одинаев // Политехнический вестник. Серия: интеллект, инновация, инвестиции. -2019. -№4(48). -С.12-16.

[2-М] **Абдурасулов, Д.А.** Об аномальном поведении теплоёмкости нематических жидких кристаллов при переходе в изотропную фазу. / Д.А. Абдурасулов, А.А. Абдурасулов, С. Одинаев //Политехнический вестник, Серия:Интеллект. Инновация. Инвестиция. -2020. -№ 4(52). -С.7-12.

[3-М] **Абдурасулов, Д.А.** О вкладе динамики изменения внутренних давлений в вязкоупругие свойства асимметричных жидкостей. / А.А. Абдурасулов, Н.Б. Шоайдаров, Д.А. Абдурасулов //Политехнический вестник, Серия: Интеллект. Инновация. Инвестиция. -2020. -№4(52). -С.20-25.

[4-М] **Абдурасулов Д.А.** Исследование зависимости теплоемкости изотропной фазы нематических жидких кристаллов от температуры и плотности / Д.А. Абдурасулов // Политехнический вестник, Серия: Интеллект. Инновация. Инвес-

тиция. – 2021. -№ 3(55). -С.40-46.

[5-М] **Абдурасулов, Д.А.** Молекулярно-статистическое исследование ориентационных упругих свойств нематических жидких кристаллов / С. Одинаев, Д.А. Абдурасулов, А.А. Абдурасулов // Доклады НАН Таджикистана. -2021. -Том 65. -№3-4. -С.210-219.

[6-М] **Абдурасулов, Д.А.** О вкладе ближнего ориентационного и радиального порядка молекул в теплоёмкость изотропной фазы нематических жидких кристаллов / С. Одинаев, Д.А. Абдурасулов, А. Абдурасулов // Известия НАНТ. -2022. -№2(187). -С37-48.

[7-М] **Абдурасулов, Д.А.** Исследование вращательных релаксационных процессов и ориентационных вязкоупругих свойств нематических жидких кристаллов / Д.А. Абдурасулов, А.А. Абдурасулов, С. Одинаев // Политехнический вестник, Серия: Интеллект. Инновация. Инвестиция. -2022. -№1(57). -С.19-24.

#### **Дар дигар маҷалаҳо**

[8-М] **Абдурасулов, Д.А.** О вращательной вязкости нематических жидких кристаллов / А.А. Абдурасулов, Д.А. Абдурасулов, А. Рахими // Материалы VIII научно - практической конференции «Перспективы развития науки и образования». -Душанбе, 3-4 ноября 2016. Часть 2. -С.116-120.

[9-М] **Абдурасулов, Д.А.** К термодинамике жидких кристаллов вблизи точки фазового перехода нематический жидкий кристалл-изотропная жидкость / А.А. Абдурасулов, Д.А. Абдурасулов, Н.Б. Шоайдаров // Научные труды инженерной академии Республики Таджикистан. -2019. -С.61-65.

[10-М] **Абдурасулов, Д.А.** Об аномальном поведении теплофизических параметров нематических жидких кристаллов вблизи точки фазового перехода НЖК-ИЖ /Д.А. Абдурасулов, А.А. Абдурасулов, Н.Б. Шоайдаров // Материалы Международной конф. «Электроэнергетика Таджикистана: актуальные проблемы и пути их решения», Филиал МЭИ в Душанбе, 19 октября 2019 г., - С.237-242.

[11-М] **Абдурасулов, Д. А.** К теории вращательных релаксационных процессов и динамических вязкоупругих свойств нематических жидких кристаллов / А.А. Абдурасулов, Д.А. Абдурасулов, С. Одинаев // Материалы международной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Мухандис-2019» часть 1, естественные науки ТТУ имени академика М.С. Осими.-Душанбе,-2019.-С.78-84.

[12-М] **Абдурасулов, Д.А.** Локальные законы сохранения и вязкоупругие свойства ассиметричных жидкостей / Н.Б. Шоайдаров, Д.А. Абдурасулов А.А. Абдурасулов // Материалы международной научно-практической конференции «Электроэнергетики Таджикистана: актуальные проблемы и пути их решения», Филиал МЭИ в Душанбе, 19 декабря 2019 г. -С.250-255.

[13-М] **Абдурасулов, Д.А.** О вкладе флуктуации ориентационного порядка в аномальном поведении теплоемкости нематических жидких кристаллов. / А.А. Абдурасулов, Д.А. Абдурасулов, С. Одинаев // Материалы Научно-практической конф. на тему «Современные проблемы физика конденсированное состояния и ядерной физики» 19 февраля 2020 г., ТНУ. г. Душанбе. -2020. -С.110-113.

- [14-М] **Абдурасулов, Д.А.** О связи термических и калорических параметров нематических жидких кристаллов в окрестностях точки фазового перехода НЖК-ИЖ / Д.А. Абдурасулов, А.А. Абдурасулов С. Одинаев //Материалы Научно-практической конф. на тему «Современные проблемы Физика конденсированного состояния и ядерной физики» 19 февраля 2020 г., ТНУ. г. Душанбе. - 2020. -С.106-109.
- [15-М] **Абдурасулов, Д.А.** К молекулярной теории теплоёмкости изотропной фазы нематических жидких кристаллов / Д.А. Абдурасулов, А.А. Абдурасулов, Н.Б. Шоайдаров // Материалы Международная научно-практическая конференция «Электроэнергетика Таджикистана. Проблемы энергосбережения, энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии», г. Душанбе 29-30 апреля 2021 г., -С.312-317.
- [16-М] **Абдурасулов, Д.А.** Исследование зависимости коэффициентов ориентационной деформации нематических жидких кристаллов от температуры и давления / А.Д. Абдурасулов, А.А. Абдурасулов, Н.Б. Шоайдаров // Материалы между-ной научно-прак. конф. «Технические науки и инженерное образова-ние для устойчивого развития» часть 1, Душанбе, 12-13 ноября 2021 г. -С.158-161
- [17-М] **Абдурасулов, А.Д.** Релаксационные процессы и динамические вязкоупругие свойства неполярных жидкостей / Н.Б. Шоайдаров, А.Д. Абдурасулов, А.А.Абдурасулов // Материалы международной научно-практической конференции «Технические науки и инженерное образование для устойчивого развития» часть 1, Душанбе, 12-13 ноября 2021 г. -С.110-113
- [18-М] **Абдурасулов, Д.А.** Исследование термических релаксационных процессов в многоатомных жидкостях / Д.А. Абдурасулов, Н.О. Шоайдаров //Материалы республиканской научно-прак. конф. “Наука-основа инновационного развития” раздел фундаментальные науки. Душанбе. -2022, -С.298-302.
- [19-М] **Абдурасулов, Д.А.** Исследование зависимость динамических коэффициентов вязкостей нематических жидких кристаллов от температуры, плотности и давления / Д.А. Абдурасулов // Республиканская научно-практическая конференция «Современные проблемы естествознания в науке и образовательном процессе». Душанбе, РТСУ 27 мая 2022г., -С.118-120.
- [20-М] **Абдурасулов, Д.А.** Статистическое описание динамических вязкоупругих свойств жидкостей с произвольными формами молекул. 1.Жидкие системы со сферическими молекулами / С. Одинаев, Д.А. Абдурасулов, А.А. Абдурасулов //Материалы VIII Международной конф. «Современные проблемы физики», Душанбе, ФТИ имени С.У. Умарова, 21-22 октября 2022г., -С. 22-27.
- [21-М] **Абдурасулов, Д.А.** Статистическое описание динамических вязкоупругих свойств жидкостей с произвольными формами молекул. 2.Простые подели нематических жидких кристаллов / С. Одинаев, Д.А. Абдурасулов, А.А. Абдурасулов // Материалы VIII Международной конф. «Современные проблемы физики», Душанбе, ФТИ имени С.У. Умарова, 21-22 октября 2022г., -С30-35.
- [22-М] **Абдурасулов, Д.А.** К статистической теории динамических вязкоупругих свойств многоатомных жидкостей / А.А. Абдурасулов, Н.Б. Шоайдаров Д.А. Абдурасулов // Материалы VIII Международной конф. «Современные проблемы физики», Душанбе, ФТИ имени С.У. Умарова, 21-22 октября 2022г., -С.134-139.

## АННОТАЦИЯ

диссертации Абдурасулова Далера Анваровича, на тему «Исследование равновесных и динамических ориентационных свойств теплофизических параметров нематических жидких кристаллов», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14-Теплофизика и теоретическая теплотехника.

**Ключевые слова:** нематические жидкие кристаллы; теплоёмкость; сжимаемость; упругость; вязкость; термическая релаксация; радиальная структура; ориентационная последовательность.

**Актуальность темы диссертации.** Широкое применение жидкокристаллических материалов в различных областях современной технологии.

**Цель работы.** Теоретическое исследование равновесных и динамических ориентационных свойств теплофизических параметров нематических жидких кристаллов в широком диапазоне изменения температуры, давления, плотности и частоты внешнего возмущения.

**Методы исследования.** Методы неполного термодинамического потенциала и неравновесных функции распределения молекул.

**Полученные результаты и их новизна:** определен вклад ориентационного последовательности, и флуктуации ориентационного последовательности в аномальном поведении равновесных теплофизических параметров нематических жидких кристаллов в окрестностях точки фазового перехода НЖК-ИЖ; **получены** корректные аналитические выражения и проведены численные расчёты зависимости ориентационного параметра последовательности, скачки плотности, энтропии, теплоёмкости, теплового расширения, сжимаемости и НЖК от температуры и давления в окрестности точки фазового перехода НЖК-ИЖ; **показан** возможность стабилизации и управления температурной области работы жидкокристаллических устройств с помощью изменения давления; **определен** выражение и проведён численные расчёты зависимости теплоёмкости изотропной фазы НЖК от температуры и плотность, показан возможность существования ближнего ориентационного последовательности в изотропной фазе НЖК; **определены** аналитические выражения и исследована зависимость модулей упругости НЖК от температуры плотности и давления; анализированы молекулярные механизмы релаксационных процессов; **установлены** иерархия времён релаксации в рассматриваемых моделях НЖК; **найден** аналитическое выражение для характерного времени вращательной релаксации; **получены** аналитические выражения, для динамических коэффициентов вязкости, и динамических модулей упругости нематических жидких кристаллов; **показано**, что низкочастотные вязкоупругие свойства НЖК, определяется вязкостью, а высокочастотные упругостью НЖК; **проведен** численные расчёты зависимости динамических вязкоупругих параметров НЖК от температуры, плотности и частоты.

**Практическая значимость работы:** - полученные в диссертации аналитические результаты и числовые значения теплофизических параметров нематических жидких кристаллов, могут быть использованы: как банк данных о значениях этих параметров; как основу для создания жидких материалов с заданными теплофизическими и другими физико-техническими свойствами; для управления температурной области работы жидкокристаллических приборов; для чтения спецкурсов, выполнения курсовых, дипломных и диссертационных работ студентам, докторантам физических, физико-химических и технологических специальностей.



## ШАРҲИ МУХТАСАР

рисолаи Абдурасулов Далер Анварович дар мавзӯи «Тадқиқи хосиятҳои мувозинатӣ ва динамикии тамоилии бузургиҳои гармофизикии моеъкристалҳои нематикӣ», ки барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 01.04.14-физикаи ҳарорати ва назарияи техникаи гармо, пешниҳод шудааст.

**Калидвожаҳо:** моеъкристаллҳои нематикӣ; гармиғунҷоиш; фишурдашавӣ; чандирӣ; часпакӣ; релаксатсияҳои термикӣ; сохтори радиалӣ; тартиби тамоилӣ.

**Мубраияти мавзӯи диссертатсия.** Истифодаи васеи маводҳои моеъкристаллӣ дар соҳаҳои гуногуни технологияи муосир.

**Объекти тадқиқот** хосиятҳои мувозинатӣ ва динамикии бузургиҳои гармофизикии моеъкристаллҳои нематикӣ, мебошад.

**Мақсади рисола** тадқиқи назариявии хосиятҳои мувозинатию динамикии тамоилии бузургиҳои гармофизикии моеъкристаллҳои нематикӣ (МКН) дар соҳаи васеи тағйирёбии температура, фишор, зичӣ ва басомади ошубҳои беруна, мебошад.

**Усулҳои тадқиқот.** Усулҳои потенциали термодинамикии нопурра ва фунтақсимоти ғайримувозинатии молекулаҳо.

**Натиҷаҳои илмии рисола ва навгониҳои он:** саҳми тартиби тамоилӣ ва флукуатсияи тартиби тамоилӣ дар табиати аномалии бузургиҳои гармофизикии мувозинатии моеъкристаллҳои нематикӣ дар атрофи нуқтаи табдили фазавии МКН-МИ муайян карда шудааст; барои вобастагии параметри тартиби тамоилӣ, чаҳиши зичӣ, энтропия, гармиғунҷоиш, васеъшавии ҳароратӣ ва фишурдашавии МКН аз температура ва фишор ифодаҳои саҳеҳи аналитикӣ ёфта шуда, ҳисобкунии ададии онҳо амалӣ карда шудааст; имконияти устувор нигоҳ доштан ва идора кардани фосилаи ҳарорати кории таҳизотҳои моеъкристаллӣ тавассути тағйирдиҳии фишор, муқаррар карда шудааст; барои гармиғунҷоиши фазаи изотропии МКН ифодаи аналитикӣ ёфта шуда, вобастагии он аз температура ва зичӣ ҳисоб карда шудааст; имконияти мавҷудияти тартиби тамоилии наздик (short order) дар фазаи изотропии МКН нишон дода шудааст; барои модулҳои чандирии тамоилии МКН ифодаҳои аналитикӣ ёфта шуда вобастагии онҳо аз температура, зичӣ ва фишор ҳисоб карда шудааст; Механизми молекулавии рӯйдодҳои релаксатсионӣ таҳлил карда шуда иерархияи вақтҳои релаксатсионӣ дар моделҳои омӯхташавандаи МКН муқаррар карда шуда, барои вақти релаксатсияи чарҳзанӣ ифодаи аналитикӣ ёфта шудааст; барои коэффисиентҳои динамикии часпакӣ ва модулҳои динамикии чандирии МКН ифодаҳои аналитикӣ ёфта шуда, муқаррар карда шудааст, ки хосиятҳои сааспакию чандирии МКН дар ҳодисаҳои динамикии басомадашон паст тавассути часпакӣ ва дар ҳодисаҳои динамикии басомадашон баланд тавассути модулҳои чандирӣ муайян карда мешаванд; вобастагии бузургиҳои динамикии часпакию чандирии МКН аз температура, фишор, зичӣ ва басомад ҳисоб карда шудаанд;

**Аҳамияти амалии рисола:** - ифодаҳои аналитикӣ ва қиматҳои ададии бузургиҳои гармофизикии МКН, ки дар рисола оварда шудаанд, метавонанд: ҳамчун хазинаи маълумот барои қиматҳои ин бузургиҳо; ҳамчун маодҳои моеъкристаллии хосиятҳои маълуми гармофизикӣ ва дигар хосиятҳои физикию техникӣ; барои идора намудани фосилаи ҳароратии кори таҳизотҳои моеъкристаллӣ; барои хондани курсҳои махус, иҷрои корҳои курсӣ, дипломӣ ва рисолаҳои илмӣ аз тарафи донишҷӯён, ва докторанту ӯнвонҷӯёни соҳаҳои физика, физхимия ва технология истифода карда шаванд.

## ABSTRACT

**dissertation of Abdurasulov Daler Anvarovich, on the topic "Investigation of the equilibrium and dynamic orientational properties of the thermophysical parameters of nematic liquid crystals", submitted for defense for the degree of candidate of technical sciences in the specialty 01.04.14-Thermal physics and theoretical heat engineering.**

**Keywords:** nematic liquid crystals; heat capacity; compressibility; elasticity; viscosity; thermal relaxation; translational and rotational degrees of freedom; statistical distribution functions; radial structure; orientational order.

**The relevance of the dissertation topic:** Low inertia, good performance, high energy efficiency of liquid crystal materials have made them the main elements of information systems, television, radio electronics and other branches of modern technology. In general, today the study of the liquid-crystalline state of a substance is one of the most urgent and rapidly expanding areas of scientific research, which is of great fundamental and applied importance.

**The object of study** was the orientational equilibrium and dynamic properties of the thermophysical parameters of nematic liquid crystals.

**Objective:** Analysis and theoretical study of equilibrium and dynamic orientational properties of thermophysical parameters of non-matic liquid crystals in a wide range of temperature, pressure, density and frequency of external perturbation.

**Research methods:** Modern methods of thermodynamic and molecular-statistical description of the thermal properties of liquids, mainly the method of incomplete thermodynamic potentials and the method of non-equilibrium distribution functions of molecules.

The results obtained and their novelty:

1. The method of incomplete thermodynamic potentials is generalized and used to describe the contributions of the long-range orientational order and orientational order fluctuations in the anomalous behavior of the equilibrium thermophysical parameters of nematic liquid crystals in the vicinity of the NLC-IL phase transition point; an analytical expression for the equilibrium orientational order parameter is determined, which makes it possible to correctly describe the dependence of the NLC thermophysical parameters on temperature and pressure;

2. Analytical expressions are obtained and numerical calculations are made of the dependence of the jumps in density, entropy, heat capacity, thermal expansion, compressibility and heat capacity of nematic liquid crystals, on temperature and pressure, taking into account the contributions of the orientational order and fluctuations of the orientational order parameter in their anomalous behavior near the NLC-IL phase transition point;