КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН УЛУТТУ ИЛИМДЕР АКАДЕМИЯСЫ
АКАДЕМИК Ж.ЖЕЕНБАЕВ АТЫНДАГЫ ФИЗИКА-ТЕХНИКАЛЫК
ПРОБЛЕМАЛАР ЖАНА МАТЕРИАЛ ТААНУУ ИНСТИТУТУ
Д.01.16.537. Диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда

УДК 533.15: 520.181

Ташимбетова Акдана Турсынхановна

Кластердик газдардын жылуулук физикасынын касиеттери

01.04.14– жылуулук физикасы жана теориялык жылуулук техникасы адистиги

Физика-математика илиминин кандидаты
илимий даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациянын
автореферерaты

Бишкек - 2017

Диссертациялык иш Казахстан Республикасынын Эл аралык билим берүү корпорациясынын колдонмо илимдер факультетинин «Физика, математика жана информатика» кафедрасында аткарылган.

Илимий жетекчиси: физика-математикалык илимдердин доктору, профессор Курлапов Л.И. (Алматы)

Расмий оппоненттери: физика-математикалык илимдердин доктору, профессор Урусов Р.М. (Бишкек)

физика-математикалык илимдердин кандидаты, доцент Токтогонов С. А. (Бишкек)

Жетектөөчү уюм: Казак улуттук педагогикалык университети Абай атындагы, г. Алматы;

Коргоо 7 март 2017ж саат 14-00 Кыргыз республикасынын улуттук илимдер академиясынын академик Ж.Жеенбаев атындагы физика-техникалык проблемалар жана материал таануу институтуна жана Б.Ельцин атындагы Кыргыз орус славян университетинин Д 01.16.537 астындагы диссертация кеңештин отурумунда болот, дареги: 720071, Бишкек ш., Чүй проспектиси, 265-а.

Диссертация менен Кыргыз республикасынын улуттук илимдер академиясынын борбордук илимий китепканасында таанышууга болот.

Автореферат «____» февраль 2017-ж. таратылган.

Диссертациялык кеңештин
окумуштуу катчысы,
т.и.д., профессор С.А.Алымкулов

Иштин жалпы мүнөздөмөсү

Аталган диссертацияда газдык абалдын модели иштелип чыгууда, анда полимолекулярдык түзүлүштөрдүн – кластерлердин жана аны менен байланыштуу тең салмактуу жана тең салмактуу эмес газдардын касиеттери бар экени эске алынат. Газдык абалдагы кластердик модел ар учурда көп компоненттүү субкомпоненттик кластердик кошулма катары каралат. Молекулалары химиялык касиеттери боюнча окшош болгон газды да молекулалык массасы жана массанын туруктуу молдук санынын макропараметрлерге көз карандылыгы бар аралашма катары кароо керек. Кластердик кошулманын молдук санынын жана молекулалык массасынын өзгөрүлмөсү газдын касиетин идеалдуулуктан четтетүүгө алып келет. Кластерлер ташымалдоонун касиеттерине бир тектүү эмес газдагы кластердик курамдын өзгөрүлмөсү аркылуу – кластердик курамдын эволюциясы аркылуу таасир көрсөтүшөт.

Теманын актуалдуулугу жаңы технологиялардын өнүгүүсү менен байланыштуу, анткени аларда касиеттери алдын ала эсептелген заттар пайдаланылат. Касиеттердин эсептөөлөрү абалдын кыйла так теңдемесине таянып, газдык абалдын бир топ адекваттуу моделине негизделиш керек. Кластерлердин илээшчектикке тийгизген таасирин эске алуу керектүү температура менен басымдын интервалын тандап алууга жол ачат, анткени ал молекулалар аралык потенциалдардын параметрлерин эсептөө боюнча ыкмалардын колдонулушуна жана ушул параметрлердин маанилерин тактоого негизделген. Азыркы учурда газдардын касиеттерин эсептөөнү тактоо, молекулалардын параметрлеринин өз ара аркеттенүүсүнүн тактыгы менен чектелген, андыктан түзүлүштүк элементтердин өз ара байланышынын механизмин, ошондой эле газдардагы түзүлүштүк элемент болуп саналган бөлүкчөлөрдү аныктоо актуалдуу проблема болуп эсептелет. Ошондуктан, **актуалдуулук** заттын газ абалындагы моделин тактоо зарылчылыгы менен шартталган.

Изилдөөнүн максаты. Изилдөөнүн максаты газдардын кластердик моделин өнүктүрүүгө багытталган. Илээшчектикти жана абалдын теңдемесин изилдөөнүн мисалында, кластерлердин таасирин аныктап, ал эми эксперименттик маалыматты эсептөөнү белгилүү салыштыруу жолу менен иштелип чыккан эсептин түзмөктөрүнүн ишеничтүүлүгүн текшерүүгө болот.

Изилдөөлөрдүн милдеттери.

- Молдун өзгөрүлмө санынын эсебин айкын кылуу үчүн белгилүү абалдын теңдемесин анализдөөнү жүргүзүү менен газдардын абалынын теңдемесинин келечектүүсүн аныктоо.
- Ар түрдүү мүнөздөмөдөгү молекулалары бар (аргон, азот, кислород, криптон) ар кандай басым жана температурадагы газдардагы кластерлердин концентрациясын эсептеп чыгуу.
- Бойлдун температурасынын ушул шартта бөлүкчөлөрдүн өздүк көлөмү кластерлердин таасири менен компенсацияланарына ылайык экендиги аныкталды, ал басым жараткан структуралык элементтердин молдук санынын өзгөрүшүнө алып келет.
- Ар кандай температура жана басымдагы түрдүү мүнөздөгү молекулалары бар газдын (аргон, азот, кислород, криптон) кысылуу факторун эсептеп чыгаруу жана адабияттардагы берилген маалыматтар менен салыштыруу.
- Белгилүү температурадагы көзкарандылыктагы газдардын илээшчектигин иштеп чыгуу жолу менен молекулалардын кагылышынын эффективдүү диаметринин температуралык көзкарандылыгы боюнча маалымат алуу.
- Кластерлердин таасирин эске алуу менен газдын (аргон, азот, кислород, криптон, метан) илээшчектигин эсептөө жана газдын илээшчектигинин барилик көзкарандылыгынын кластердик механизмин аныктоо.
- Көлөмдүү илээшчектиктин коэфициентин аргондун төмөнкү температурадагы молекулалык-кластердик кошулмасынын басымынын жана көлөмдүү илээшчектиктин парциалдык коэфициентинин функциясы катары эсептеп чыгаруу.

Изилдөөнүн объектиси болуп газдардын молекулалык-кластердик кошулмасы эсептелет.

Изилдөөнүн предмети. Кеңири тармактагы басым менен температуранын газдардын илээшчектигине жана абалынын теңешүүсүнө кластерлердин таасири.

Изилдөөнүн ыкмалары – кинетикалык теориянын негизинде ресчеттук-теориялык жана аналитикалык ыкмалар.

Изилдөөнүн жаңылыгы. Газдардын илээшчектигинин барилик көзкарандылыгына жана анын абалынын теңешүүсүнүн кысылуу факторлоруна кластерлердин тийгизген таасири биринчи болуп эске алынууда.

Басым менен илээшчектиктин өсүүсү чоң кластерлердин илээшчектиктигинин аномалдык чоң парциалдык коэфициенти аркылуу байланыштуу экени аныкталды.

Коргоого сунушталган жоболор:

– Молекулалык-кластерлик кошулмалардын илээшчектигин көп компоненттүү кошулмалардын кинетикалык теориясынын формуласы боюнча ар кандай ченемдеги кластерлердин тобун кластерлик субкомпоненттер катары карап, эсептеп чыкса болот.

– Газдардын илээшчектигин басым менен жогорулатуу чоң кластерлердин илээшчектигинин аномалдуу чоң парциалдык коэфициенти менен шартталат, ал болсо оор бөлүкчөлөрдүн жеңил бөлүкчөлөр менен кагылышкандагы ылдамдыгынын персистенция эффекти менен байланыштуу, башкача айтканда, чоң кластерлердин молекулалар менен же кичи кластерлер менен кагылышы.

– Ар кандай басымдагы Бойлдун температурасы бөлүкчөлөрдүн өздүк көлөмүнүн таасири молекулалык-кластерлик кошулмалардагы молдордун өзгөрүлмөлүү саны менен компенсацияланган шартка ылайык келет.

– Газдарды негиздүү изилдөө анын кластердик курамын аныктаганда гана мүмкүн.

Изилдөөнүн теориялык жана практикалык мааниси. Иштин илимий маанилүүлүгү кластердик курамдын өзгөрүлмөлүгү менен байланышкан газ түрүндөгү агрегаттык абалдын өзгөчөлүгүнүн аныкталгандыгы менен билинет. Бул кубулуштун физикасы болуп, кластердик субкомпоненттер процесстин өз алдынча субъекти катары өз салымын касиеттерине кошот жана ошону менен катары бардык байкоо жүргүзүлүп жаткан газдардын касиеттерине таасир көрсөтүшөт. Мындай модель калыптанып калган түшүнүктөрдү, газдардын кыйла мүнөздөмөлөрүн карап чыгууну талап кылат, алар сөздүктөрдө константа катары берилген, анткени алар өз учурунда молдук саны туруктуу деп эсептелген газдын моделинин негизинде алынган, ал эми анын молекулалык массасы аталган газга кээ бир константа катары каралган. Жаңы ыкманын баяндаманы татаалдатаары түшүнүктүү, бирок азыркы учурдагы эсептөө ыкмаларынын жана эсептөө техникаларынын өнүгүү деңгээлинде мындай кыйынчылыктарды оңой эле жеңсе болот. Андан башка, ошол милдеттерди татаалдатуу эсептөө техникаларынын өнүгүүсүн алга жиреп чыгуусуна алып келет. Диссертациянын натыйжаларынын практикалык баалуулугу болуп, газдардын кластердик модели тең салмактагы жылуулуктун физикалык касиетин, газдардын илээшчектигинин жана кысылуусунун фактору түрүндө формулаларды алууга түрткү берет, анткени алар макропараметрлердин кеңири интервалындагы анык касиетин баяндашат. Газдардын илээшчектигинин коэфициенти туташ чөйрөнүн механикасынын теңдемесине кирет жана бул теңдеменин чыгарылышын пайдаланган учурда макропараметрлердин кеңири интервалындагы көлөмдүү жана жылышма илээшчектикти аныктоонун ишенимдүү ыкмаларын талап кылат. Диссертациядагы пайдаланылган эсептөө ыкмаларынын өнүгүүсү бул проблеманы чечет. Молекулалардын кагылышынын эффективдүү диаметрлеринин температуралык көзкарандылыгы жөнүндө алынган маалыматтар газдар жана буулардын касиеттерин эсептөөлөрдө колдонулушу мүмкүн.

Диссертациялык иштин илимий-изилдөө программалар менен байланышы.

Иш төмөнкү илимий-изилдөө программаларынын пландарына ылайык аткарылды:

– Казахстан Республикасынын Билим берүү жана илим министрлигинин «Газдардын, плазманын жана суюктуктардын касиеттери» программасы. ГПЖ-1/99 НИИЭТФтин

«Динамикалык структураланган газдар жана суюктуктардагы кайталангыс процесстер» темасы боюнча отчету, 1999-ж. мамлекеттик каттоонун № 0197РК00714;

– фундаменталдык изилдөөлөрдүн программасы: «Конденсацияланган, газ түрүндөгү чөйрөлөрдүн физикасы жана материалтаануунун проблемалары», КР УИАнын Илим фондунун гранты боюнча № 1-5-1.15-6(65), темасы: «Кластердик газдардын туруктуу жана туруксуз касиеттери», мамлекеттик каттоонун № 0103РК00670;

– Казахстан Республикасынын Билим берүү жана илим министрлигинин № 1.13.3. Ф.0369/13 программасы, темасы: «Кластердик анализдин негизинде газдардын термодинамикалык касиеттерин эсептеп чыгуу», мамлекеттик каттоонун
№ 0106РК00302;

– фундаменталдык изилдөөлөрдүн программасы: «Физиканын фундаменталдык маселелери, математика, механика жана информатика» РК УИАнын № 1.5.3. темасы: «Ачык системалардын эволюциясынын энтропия-синергиялык анализи», мамлекеттик каттоонун № 0106РК00276.

Диссертациянын негизги натыйжалары [1-11] иштерде жарыяланган. Илээшчектиктин фактору аркылуу анык газдардын абалынын теңдемесине кластерлердин таасири [1-3] иштеринде эске алынган жана Ван-дер-Ваальстын теңдештиги менен салыштырганда илээчектиктин фактору боюнча эксперимент менен кластерлик модель ийкемдүү келишимге келет, ал болсо абалдын теңдемесиндеги молдун санынын өзгөрүлмөлүгүн эске алуу зарыл экендиги жөнүндө корутунду чыгарууга алып келет.

Кластерлердин концентрациясын эсептөөнүн натыйжалары [4-11] иште келтирилип жана алардын илээшчектиктин барилик көзкарандылыгына тийгизген таасири каралган. Андан башка, илээшчектиктин температуралык көзкарандылыгынан келип чыккан бөлүкчөлөрдүн кагылышынын эффективдүү диаметрлерин эсептөөнүн маалыматы келтирилген. Эффективдүү диаметрлерди тандоонун ыкмаларынын маанилеш эместигине карабастан, температуралык көзкарандылык боюнча алынган маалыматтар жакшы маанилерди берет, кластерлердин концентрациясын эсептөөдө пайланылган учурда эксперимент менен сыгылышуу фактору боюнча эсептөөлөрдүн ийкемдүү болоорун аталган иштерден тыянак чыгарса болот.

Натыйжаларды апробациялоо жана ишке киргизүү.

Негизги натыйжалар жана жоболор төмөнкү илимий конференцияларда сунушталып жана төмөнкү илимий басылмаларда жарыяланышкан: нерселердин физикалык жылуулук касиеттери боюнча X Россиялык конференцияда – Казань, Россия, 2002-ж.; «Ачык системалардагы структураларды уюштуруу» Алтынчы эл аралык конференцияда, Алмата, 2002-ж.; «Үчүнчү миң жылдыктагы жаштар жана илим» жаш окумуштуулар, магистранттар жана студенттердин 56 республикалык илимий конференциясында – Алмата, 2002-ж. 22-23-апрель; «Физиканын заманбап жетишкендиги жана фундаменталдык физикалык билим берүү», 2003-ж. 1-3-октябрь, Алмата; Физик студенттердин бүткүл Россиялык илимий конференциясы (ВНКСФ–12), Новосибирск, 2006-ж.; «Илим жана жаңы технологиялар» № 6, 2013-ж. – Бишкек, «ЖОЖдордун кабарлары» № 6, 2014-ж. –Бишкек; «Тынышпаев атындагы КазАТК Кабарлары» № 1. 2015-ж.; «КазГАСА кабарлары» № 3, 2015-ж.

Диссертациянын натыйжаларынын басылмаларда чагылдырылышынын толуктугу. Изилдөөлөрдүн негизги натыйжалары 22 иште жарыяланган, анын ичинде 7 иш чет элдик басылмаларда, РИНЦте

Диссертациянын түзүлүшү жана көлөмү. Иштин мазмуну 101 басма барактарда баяндалган жана 200 аталышты, тиркемелерди камтыган кириш сөздөн, төрт баптан, жыйынтыктан, библиографиядан турат.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Кириш сөздө изилдөөнүн проблемаларынын актуалдуулугу негизделет; изилдөөлөрдүн объектиси жана предмети аныкталат; изилдөөлөрдүн максаты жана милдеттери чагылдырылат; иштеги илимий жаңылык, теориялык жана практикалык маанилүүлүгү айкындалат; коргоого сунушталуучу жоболор баяндалган; изденүүчүнүн жеке салымы аныкталган; изилдөөлөрдүн натыйжаларын ишке киргизүү жана апробациялоо, диссертациянын түзүлүшү жана көлөмү боюнча маалыматтар келтирилген; жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн этаптары көрсөтүлгөн.

Биринчи бапта «Газдардын кинетикасы жана газдык кошулмалардын фазалар аралык абалына кластерлердин көрсөткөн таасири» изилдөөнүн темасы боюнча адабияттык талдоолор жүргүзүлгөн. Газдардын кластердик моделин пайдаланууда негизги кыйынчылык кластердик курамды аныктоодо болду. Акырында бул моделдеги реалдуу газдардын теңдештик касиетинин өзгөчөлүгү кластердик курамы менен аныкталат. Кластердик курамды эки ыкма менен сандык жагынан мүнөздөсөк болот [БольцманЛ., Хир К.]. Биринчи ыкмада белгилүү ченемдеги кластерлердин сандык үлүшү (концентрациясы), башкача айтканда, g молекулаларын камтып, бардык өлчөмдөгү кластерлердин сандык тыгыздыгына карата киргизилет

$$C_g^{(c)} \equiv \frac{n_g}{\sum\limits_{g=1}^{r} n_g}, \tag{1.1}$$

n_g – g - ченемдик кластерлердин сандык тыгыздыгы

r – чоңураак кластердин өлчөмү, ал аталган маселеде эске алынат.

Мындай концентрация квазихимиялык компоненттүү кластерлердин кошулмасы катары кластердик газды баяндоого ыңгайлуу, алардагы кластерлер полимолекулалар катары каралышат [Голубев И.Ф.]. Ал көп компоненттүү газдык кошулмалардын кинетикалык теориясына киргизилүүчү сандык үлүшкө аналогиялуу [Яковлев В.Ф.]. Башкача айтканда, бул концентрация аркылуу кластердик кошулманын орточо молекулалык массасы бир топ орточосалмактагы бирдик катары туюнтулат:

$$\langle \mathrm{M} \rangle = \sum_{g=1}^{r} C_g^{(c)} \mathrm{M}_g, \tag{1.2}$$

g– ченемдик кластердин $C_g^{(c)}$–концентрациясы бардык кластерлердин суммалык сандык тыгыздыгына ылайык.

$\langle \mathrm{M} \rangle$ – кластердик кошулманын орточо молекулалык массасы.

Кластердик кошулманын орточо молекулалык массасы үчүн бул формула ар кандай түрдөгү молекулалардан турган газдардын аралашмасындай формула менен аналогиялык боюнча алынат.

$C_g^{(c)}$ концентрациясын кластердик субкомпоненттин парциалдык басымынын газдын жалпы басымына болгон катышы аркылуу көрсөтсө болот. Кластердик моделде өз ара тартылышуу күчүнүн таасири кластерлердин жаралуу механизми аркылуу эске алынат жана ар бир кластердик субкомпонент үчүн абалдын теңдештигин мындай түрдө баяндаса болот:

$$pV(1-\frac{B}{V}) = \frac{m}{\mathrm{M}} RT; \qquad p = \frac{m}{V(1-b)\mathrm{M}} RT. \tag{1.3}$$

V – газ бар идиштин көлөмү,

B – бөлүкчөлөрдүн жеке көлөмүнө болгон түзөтүү,

b – көлөмдүн бирдигине шайкеш бөлүкчөлөрдүн жеке көлөмүнө болгон түзөтүү,

m – бардык газдын көлөмү,

M – молекулалык массасы,

T – температурасы,

R – универсалдуу газдык туруктуулук.

Парциалдык басым үчүн абалдын бул теңдемесин жазуу менен концентрация үчүн теңдештикти мындай түрдө берсек болот:

$$C_g^{(c)} = \frac{n_g \frac{kT}{1-b}}{\frac{kT}{1-b}\sum_{g=1}^{r} n_g}. \qquad (1.4)$$

$C_g^{(c)}$ - аркылуу кластердик субкомпоненттин парциалдык басымын белгилесек болот:

$$pC_g^{(c)} = \frac{m_g}{V(1-b)\mathrm{M}_g} RT, \qquad (1.5)$$

m_g - g -ченемдеги бир кластердин массасы,

M_g - g -ченемдеги кластердик субкомпоненттин молекулалык массасы.

Бул формуланы мындай түрдө сунуштасак болот:

$$\mathrm{M}_g C_g^{(c)} = \frac{m_g}{V(1-b)p} RT. \qquad (1.6)$$

Баардык кластерлер боюнча суммалаганда төмөнкүнү берет:

$$\sum_{g=1}^{r} \mathrm{M}_g C_g^{(c)} = \frac{RT}{V(1-b)p}\sum_{g=1}^{r} m_g = \frac{m}{V}\frac{RT}{(1-b)p} = \frac{\rho RT}{(1-b)p}. \qquad (1.7)$$

Баардык кластерлердин кошулмалары үчүн абалынын тедемесин орточо молекулалык масса аркылуу мындай жазсак болот:

$$p = \frac{\rho}{(1-b)\langle \mathrm{M} \rangle} RT, \qquad (1.8)$$

ρ - газдын массалык тыгыздыгы кластердик субкомпоненттердин кошулмасы катары.

Анда орточо молекулалык массаны b түзөтүү жана өлчөнүүчү бирдиктер аркылуу мындайча сунуштасак болот:

$$\langle \mathrm{M} \rangle = \frac{\rho RT}{p(1-b)}. \qquad (1.9)$$

Адатта Энскогдун тыгыз газдарынын теориясы боюнча өздүк көлөмгө болгон түзөтүү геометриялык жактан алганда, молекулалардын кагылышуусунун эффективдүү диаметри аркылуу көрсөтүлөт [Петров Ю.И.]:

$$b = \frac{2}{3} n^{(n)} \pi \sigma^{3}, \qquad (1.10)$$

σ - молекулалардын кагылышуусунун эффективдүү диаметри,

$n^{(n)}$ - молекулалардын сандык тыгыздыгы.

Кластерлердин экинчи концентрациясы g-ченемдеги кластерлердин химиялык касиеттеринин өкүл-молекулаларынын сандык тыгыздыгына карата үлүшү (концентрация) катары киргизилет:

$$C_g^{(n)} = \frac{n_g}{n^{(n)}} = \frac{n_g}{\sum_{g=1}^{r} g n_g}, \qquad (1.11)$$

$n^{(n)}$- молекулалардын сандык үлүшү (көлөмдүн бирдигине туура келүүчү молекулалардын саны).

Киргизилген концентрациялардын ортосундагы байланыш алар үчүн аныктамаларды салыштырганда келип чыгат:

$$C_g^{(n)} = \frac{n_g}{n^{(n)}} = \frac{n_g}{\sum_{g=1}^{r} g n_g} = C_g^{(c)} \frac{n^{(c)}}{\sum_{g=1}^{r} g n_g} = C_g^{(c)} \frac{n^{(c)} / n^{(c)}}{\sum_{g=1}^{r} g n_g / n^{(c)}} = C_g^{(c)} \frac{1}{\sum_{g=1}^{r} g C_g^{(c)}}, \qquad (1.12)$$

анткени, концентрациялардын аныктамасына ылайык

$$n_g = C_g^{(c)} \sum_{g=1}^{r} n_g = C_g^{(c)} n^{(c)}, \qquad (1.13)$$

$n^{(c)}$- баардык кластерлердин сандык тыгыздыгы.

Мурда белгиленгендей, идеалдуу газдан реалдуу газдын абалынын тедештигинин жантаюусун кысылуу фактору аркылуу көрсөтүү ыгайлуу. Келтирилген катыштар ал үчүн төмөнкү формулаларды берет, алардын эквиваленттүүлүгүн эсептөөлөр көрсөттү:

$$z = \frac{1}{(1-b)\sum_{g=1}^{r} g C_g^{(c)}}; \qquad (1.14)$$

$$z = \frac{1}{(1-b)} \sum_{g=1}^{r} C_g^{(n)}.$$

Аталган диссертацияда кысылуу факторун эсептеп чыгаруулар ушул формулалар менен аткарылган. Кластерлердин концентрацияларын эсептөө үчүн схема иштелип чыккан, ал кластерлердин ченеми боюнча экспоненциалдык бөлүштүрүлүшүнө негизделген [Больцман Л., Хир К.]. Мындай бөлүштүрүү жалпы түшүнүктөрдөн, башкача

айтканда, Гиббстин бөлүштүрүүлөрүнөн келип чыккан. Эсептөөлөрдүн схемасында $C_g^{(c)}$ концентрациясын пайдалануу ыгайлуу, ал үчүн экспоненциалдык бөлүштүрүү мындайча жазылат:

$$C_g^{(c)} = C_1^{(c)} \exp\left[-\beta(g-1)\right], \tag{1.15}$$

β - нормалдоочу көбөйтүүчү,

$C_1^{(c)}$-молекулалардын сандык үлүшү (концентрациясы) кластерлердин сандык тыгыздыгына карата, бир ченемдүү кластерлер сыяктуу.

Бул катыш мурда киргизилген бирдиктер менен чогуу теңдеменин системасын берет, ал кластерлердин концентрациясын эсептөө үчүн негиз болуп саналат жана алар аркылуу анык газдардын жана буулардын касиеттеринин туруктуулугун жана туруксуздугун төмөнкүдөй көрсөтсөк болот:

«Газдардын илеээшчектиги» аттуу экинчи бапта ар кандай температура менен басымдагы илээшчектикти өлчөөнүн эксперименталдык ыкмалары берилген. Илээшчектикти өлчөөнүн ыкмаларынын төмөнкүлөрү кеңири таркатууларга ээ болушкан [Лыков А.В., Курлапов Л.И.]. Капилляр ыкмасы – ар кандай типтеги капиллярдык вискозиметрлерди пайдаланууга негизделген. Бул ыкманын негизине өлчөнүүчү басымдын айырмасынын таасири астында чыгымды ченөө жана капиллярдагы Пуазейлдин агымдарын колдонуу кирет. Тегеренүүчү дискалар ыкмасы – бул газдын илээшчектиги менен аныкталуучу дисканын газ чөйрөсүндөгү термелүүсүнүн басаңдоо эффектисинин тез-тез колдонулушу менен шартталат. Кулап бараткан салмак ыкмасы – мында кулап бараткан салмак эффекти колдонулат, ал негизинен газдын илээшчектиги менен аныкталат. Илээшчектиктин теориялык баяндамасын сүрөттөө, ошондой эле өлчөөлөр сүрүлүүнүн феноменологиялык мыйзамынын пайдаланылышына негизделген, анткени ал көп сандаган эксперименттерди корутундусу болуп эсептелет. Ньютон-Рихмандын сүрүлүү мыйзамы илээшчектикти (ичинен сүрүлүүнү) баяндап жазуунун конститутивдик ара катышы болуп саналат. Куэттов агымынын тибиндегидей бир өлчөмдөгү агым үчүн бул мыйзам төмөндөгүдөй жазылат:

$$P_{xy} = -\eta \frac{dW_y}{dx} \tag{2.1}$$

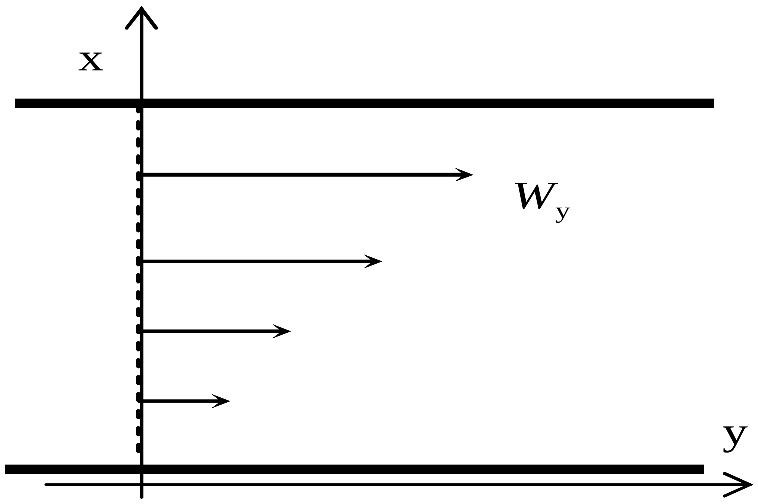
P_{xy} - илээшчек чыңалуунун тензор компоненти,

η - илээшчектин коэффициенти (адатта нөлдүк рангдагы тензор–скаляр),

$\frac{dW_y}{dx}$ - бир өлчөмдөгү учур үчүн ылдамдыктын градиентинин компоненти.

W_y - оу огу боюнча ылдамдыктын түзүүчүсү.

1-сүрөт. Эки тегиздиктин ортосундагы Куэттанын бир өлчөмдөгү агымы



1-сүрөт. Эки тегиздиктин ортосундагы Куэттанын бир өлчөмдөгү агымы

Бул мыйзамды жалпы символикалык формада мындай жазса болот:

$$\overleftrightarrow{P} = -\overleftrightarrow{\eta} \cdot \overleftrightarrow{G} \qquad (2.2)$$

$\overleftrightarrow{P}$ - символу менен илээшчек чыңалуунун тензору белгиленген (экинчи рангдагы тензор),

$\overleftrightarrow{\eta}$ -илээшчектин коэффициенти экинчи рангдагы тензор катары,

$\overleftrightarrow{G}$ - жылышуунун ылдамдыгынын тензору, ал компоненттик формада мындайча жазылат:

$$G_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial W_j}{\partial r_i} + \frac{\partial W_i}{\partial r_j}\right) - \frac{1}{3}\frac{\partial W_i}{\partial r_i} \qquad (2.3)$$

Начар бир тектүү эмес шарттарда жана бөлүкчөлөрдүн хаостук жылуулук кыймылынын орточо ылдамдыгы иреттүү кыймылынын ылдамдыгынан (агымдын ылдамдыгы) бир кыйла аз болгондо газ изотроптук чөйрөнү элестетет жана илээшчектиктин коэфициентин нөлдүк рангдагы тензор (скаляр), ал эми ылдамдыктын градиентинин тензорун – симметриялуу тензор деп эсептесек болот.

Кошулманын илээшчектигинин коэффициенти үчүн эң жөнөкөй катыш, ал таза газдардын илээшчектик коэффициенти менен белгиленген сызыктуу мыйзам катышы болуп саналат:

$$\eta = \sum_{\alpha=1}^{s} x_\alpha \eta_\alpha \qquad (2.4)$$

η_α - таза компоненттин илээшчектигинин коэффициентинин номуру α, x_α - кошулмадагы ушул компоненттин молекулаларынын сандык үлүшү, s - кошулмадагы компоненттин саны.

Мындай катыш импулстун аддитивдүүлүгүнөн келип чыгат жана ал компоненттердин илээшчектигинин кошулуу фактысын туура көрсөтөт, бирок учурунда бул формулага кирген илээшчектин парциалдык коэффициентин эске алуу зарыл, анткени алар бирдей массадагы молекулалардын кагылышы менен гана эмес, ошондой эле түрдүү массадагы

молекулалардын кагылышы менен да аныкталат. Ар кандай кагылышууларда ылдамдыктын персистенциясынын жеңил жана оор молекулаларга тийгизген таасири ар түрдүү. Ошентип, Максвелл-Больцман-Джинстин теориясында кабыл алынгандай эркин жарышта транспорттук узундукту эсептөө көп компоненттүү аралашманын илээшчектиги үчүн төмөнкүдөй формуланы жазууга алып келет [Jeans J, Богатырев А.Ф., Косов Н.Д.]

$$\eta = \sum_{\alpha=1}^{s} \frac{1.051\langle v_\alpha \rangle n_\alpha m_\alpha}{3\pi \sum_{\gamma=1}^{s} (1-\Theta_{\alpha\gamma}^2)\, n_\gamma \sigma_{\alpha\gamma}^2 \sqrt{1+\dfrac{m_\alpha}{m_\gamma}}} \tag{2.5}$$

n_α - кошулманын компонентинин парциалдык сандык тыгыздыгынын α номуру,

$$\langle v_\alpha \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_\alpha}} \tag{2.6}$$

Кошулманын илээшчектигинин коэффициенти үчүн кыйла туура катыш кинетикалык теңдеменин чыгарылышынан алынат, ал болсо чоңдуктарга феноменологиялык деңгээлде берилген микроскопиялык интерпретацияны берүүгө мүмкүнчүлүк түзөт.

Газдардын кошундулары үчүн илээшчектиктин конститутивдик катышын илээшчектин парциалдык коэффициенти аркылуу берсек болот:

$$\overleftrightarrow{P} = -\eta \overleftrightarrow{G} = \sum_{\alpha=1}^{s} \eta_\alpha \overleftrightarrow{G} \tag{2.7}$$

импульстун аддитивдүүлүгүнөн келип чыккан,

$$\overleftrightarrow{P} = \sum_{\alpha=1}^{s} \overleftrightarrow{P}_\alpha \tag{2.8}$$

$\overleftrightarrow{P}_\beta$ -импульстун агымынын парциалдык бетинин тыгыздыгы.

Кинетикалык теорияда илээшчек чыңалуунун тензору бөлүштүрүү функциясынын экинчи кезектеги моменти катары киргизилет. Биринчи жакындатууда $\overleftrightarrow{P}_\alpha^f$ мындайча жазылат:

$$\overleftrightarrow{P}_\alpha^f = \int m_\alpha \overleftrightarrow{v_\alpha v_\alpha} f_\alpha^{\langle 1 \rangle} d^3 \xi_\alpha \tag{2.9}$$

$f_\alpha^{\langle 1 \rangle}$ бөлүштүрүү функциясынын тең салмаксыздыгы локалдык-максвеллдик функция жана $\Phi_\alpha << 1$ термелүү функциясы аркылуу көрсөтүлөт:

Бөлүштүрүү функциясынын тең салмаксыздыгын чыңалуунун тензоруна коюу менен төмөнкүнү алабыз:

$$f_\alpha^{\langle 1 \rangle} = f_\alpha^0 (1 + \Phi_\alpha) \tag{2.10}$$

Бул теңдештиктин экинчи мүчөсү өзүн илээшчек чыңалуунун тензору катары көрсөтөт:

$$\overleftrightarrow{P}_\alpha = \int m_\alpha \overleftrightarrow{v_\alpha v_\alpha} f_\alpha^0 \Phi_\alpha d^3 v_\alpha \tag{2.11}$$

Илээшчек чыңалуунун тензорун табуу үчүн термелүү функциясын табуу керектиги көрүнүп турат. Ыргактуу локалдык-тең салмактык абалдагы моделге негизделген ыкмада термелүү функциясы эркин учуунун убактысы аркылуу белгиленет, алар кинетикалык теңдеменин ичинде болушат:

$$\overleftrightarrow{P}_\alpha = -\int 2\omega_\alpha^{\langle 1 \rangle} \overleftrightarrow{V_\alpha V_\alpha} : \overleftrightarrow{V_\alpha V_\alpha} f_\alpha^0 d^3 v_\alpha \overleftrightarrow{\nabla W} \tag{2.12}$$

$\vec{\xi}_\alpha$ - алгачкы санактын инерциалдык системасындагы α компоненттин молекулаларынын ылдамдыгы,

$\vec{r}$ - вектор-радиусу,

b, ε, $g_{\alpha\beta}$ - α тестик молекулалардын β талаалык молекулалар менен кагылышуусунун параметрлери.

Илээшчектикти көрсөтүү үчүн $\omega_\alpha^{\langle 1\rangle}$ эркин учуунун илээшчектик убактысын пайдаланышат, кийин ал аркылуу чыңалуунун парциалдык тензору аныкталат:

Эркин учуунун убактысы үчүн нөлдүк жакындатууну гана колдонгондо,

Бул теңдештикти интеграциялаганга болот, ал эми конститутивдик теңдеменин натыйжалары менен салыштыруу биринчи жакындатуудагы илээшчектиктин коэфициенти үчүн формуланы берет.

$$[\eta]_1 = \sum_{\alpha=1}^{s} \frac{x_\alpha h\sqrt{T}}{\sum_{\beta=1}^{s} x_\beta \sigma_{\alpha\beta}^2 \sqrt{\frac{2M_{\beta\alpha}}{\mathrm{M}_\alpha}}\left(5M_{\alpha\beta} + 3M_{\beta\alpha}\right)} \tag{2.13}$$

$$h = 8009 \cdot 10^{-29}\,\text{Дж}^{1/2}\text{К}^{-1/2}\text{кмоль}^{1/2}$$

Кошулманын илээшчектик коэфициенти бул жакындатууда кагылышуулардын чексиз интегралы менен төмөнкүдөй берилет:

x_α -сандык үлүш (Больцман газы үчүн ал C_α көлөмдүү үлүш менен дал келет),

$M_{\alpha\beta} \equiv \frac{m_\alpha}{m_\alpha + m_\beta} = \frac{\mathrm{M}_\alpha}{\mathrm{M}_\alpha + \mathrm{M}_\beta}$ -салыштырмалуу масса, M_β - киломолдун массасы, кмоль/кг (бул учурда молярдык масса сандык жагынан Менделеевдин таблицасында көрсөтүлгөн санга барабар), h -өлчөмдүк коэффициент, T -температура, К; $\sigma_{\alpha\beta}$ -катуу сфералардын эффективдүү диаметри, алар температурага көзкаранды, м.

Адатта кинетикалык теорияда ыраатуу жакындатуулардын методу колдонулат, анда жакындатуунун кезеги мүчөлөрдүн саны менен аныкталат, анткени алар ортогоналдык полинома боюнча алгачкы функциянын ылдамдыгынын ажыроосунда кармалып турушат. Экинчи жакындатууда кошулманын илээшчектигинин коэфициенти төмөнкү формула менен аныкталат:

$$[\eta]_2 = \sum_{\alpha=1}^{s}[\eta_\alpha]_2 = \sum_{\alpha=1}^{s}[\eta_\alpha]_1 \frac{1}{1-\Delta_\alpha^\eta(2)} \tag{2.14}$$

түзөтүү $\Delta_\alpha^\eta(2)$ адата пайыздын үлүшүн түзөт.

Бийик жакындатууларды пайдалануу менен байланышкан татаалдаштыруулар өзүн актай албады, анткени алар илээшчектиктин температурага же басымга болгон көзкарандылыгын ачып көрсөтүүдө эч кандай жаңылык берген жок, ошондуктан аталган диссертацияда биринчи жакындатуунун формуласы негиз кылып алынган.

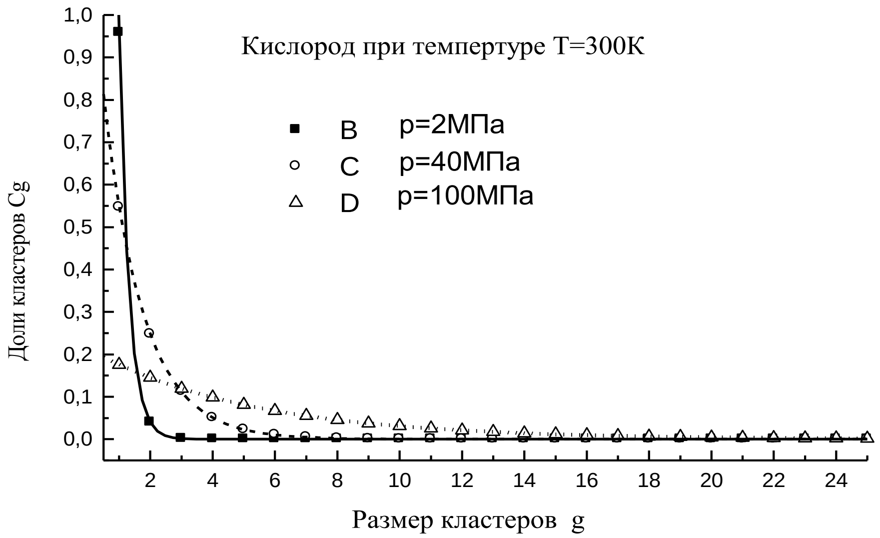
Үчүнчү бапта «Кластердик-молекулалык газдардын туруктуу касиеттерин эсептөөлөр».

Кластердик моделде газдардын туруктуу касиеттеринин идеалдуулуктан алыстыгынын башкы себеби кластерлердин концентрациясынын өзгөрүшү менен байланыштуу молекулалык сандын өзгөрүлгөнү эсептелет. Ошентип, негизги проблема басым менен температуранын функциясы катары кластердин концентрациясын аныктоодо

турат. Бул бапта газдардагы кластерлердин концентрациясын эсептөөнүн натыйжалары келтирилген, алар 1-бапта көрсөтүлгөн (1.16)-(1,18) тедемелер системасын чыгарууга негизделген. Аталган диссертацияда кластерлердин концентрациясын, кысылуу факторун, кластерлик кошулмалардын илээшчектигинин коэфициентин, илээшчектиктин парциалдык коэфициенттерин жана бир компьютердик программа түрүндөгү парциалдык илээшчектикти эсептөөнүн схемасы иштелип чыкты. Бул амалдардын ыгайлуулугу жана тездиги (кырк беш метрге жакын эсептөө болгону бир нече мүнөт гана талап кылат) айтылган касиеттер жөнүндө маалыматтарды ыкчам алууга мүмкүндүк берет. Программа эс тутуму аз орун ээлеген файл түрүндө жасалгаланып, ал параметрлердин конкреттүү маанилеринде ар бир газ үчүн бир айрым программага ээ болушуна мүмкүндүк берет.

Кластерлердин концентрациясын эсептөө үчүн үлүштүк жана молекулалык көлөм боюнча маалыматтарды пайдалануу зарыл. Мындай маалыматтардын маанилүүлүгүнө жана кеңири колдонулгандыгына жараша заманбапта ушундай маалыматтардын жеткиликтүү чоң массиви топтолгон. ГСССД системасындага бир кыйла газдар үчүн өз учурунда атайын китептер жарыяланган, аларда көпчүлүк касиеттер жөнүндө ишенимдүү маалыматтар жыйналган. Бул диссертацияда жаңылыштыктарга тескөө жүргүзүүнү жөнөкөйлөтүүчү ыңгайлуу маалыматтар колдонулган: бул маалыматтардын ишенимдүү чеги стандарттык ишенимдүүлүккө шайкеш келет.

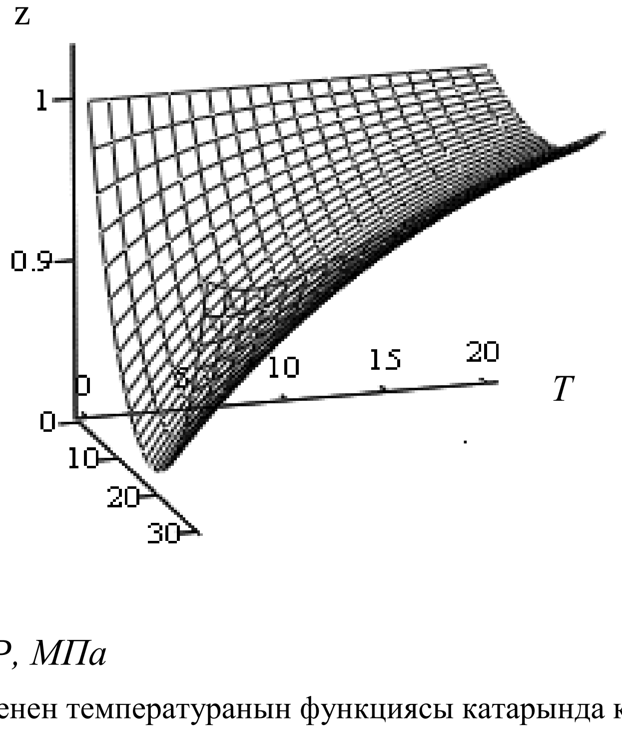
Кагылышуулардын эффективдүү диаметрлери тууралуу маалыматтар негизинен 2-бөлүктө келтирилген ыкма боюнча табылган. Көпчүлүк газдар үчүн кагылышуулардын эффективдүү диаметрлери илээшчектиктин температурадан көзкарандылыгы боюнча, андай жок учурда өздүк диффузиянын коэфициенти менен эсептелген. 13–22 сүрөттөрдө жана 3.1–3.4. таблицаларында ушундай эсептөөлөрдүн натыйжалары келтирилген. Ар түрдүү шарттарда жана ар кандай газдар үчүн онго, жыйырмага, кыркка чейинки кластерлер эске алынган эсептөөлөрдүн схемасы пайдаланылган. Концентрациясы 0,0001 сандык үлүштөн ашпаган кластерлердин ушундай өлчөмүнө чейин кыскартуулар көбүнчө графиктерде же таблицаларда жүргүзүлгөн. Аталган диссертациядагы келтирилгендерден тышкары дагы башка газдар үчүн эсептөөлөр жүргүзүлгөн жана аналогиялуу натыйжалар алынган. Газдарда жогорулатылган басымда же төмөнкү температурада жыйырмага чейинки өлчөмдө кластерлер болушу мүмкүн деген жалпы жыйынтык чыгарса болот. Ошондой эле басым жогорулаганда же температура төмөндөгөндө молекулалардын үлүшү азайат жана оор кластерлердин концентрациясы өсөт.



2-сүрөт. Кластерлердин кышымнан тәуелдүлүгү

Ылайыктуу шарттардагы тыгыздыктын таблицалык маанилерин пайдалануу менен теңдемелердин системаларынын чыгарылышынын (1.18)– (1.19) отуз метрге чейинки кластерлердин эсебине жакын сызыктар $-C_g^{(c)} = C_1^{(c)} \exp[-\beta(g-1)]$ формула боюнча эсептөөлөрдүн натыйжасы катары каралат [Курлапов Л.И.].

Жогорку температурада кысылуу факторунун бирден чоң бойдон калып кичирейе баштаганы сүрөттөн көрүнүп турат. Ал ушунусу менен экинчи вириалдык коэфициенттен айырмаланат, анткени гелийден башка бардык заттар үчүн гана жогорулайт. Бул эксперименталдык маалыматтарды иштеп чыгууда экинчи вириалдык коэфициентти бийик вириалдык коэфициенттерден ажыратып алуу оор экени менен түшүндүрүлөт. 23-сүрөттө келтирилген маалыматтар үчүнчү жана кезектеги вириалдык коэфициенттерди четке кагууга болбогон басымга тиешелүү. Вириалдык коэфициенттердин кысылуу фактору ыңгайлуу, анткени аны эсептөөдө бир вириалдык коэфициентти башкасынан ажыратуунун кажети жок, ал эми кластердик моделде ал жөн гана кластердик курамды чагылыштырат жана анда эксперименттегидей эле жогорку температурада кысылуу факторун төмөндөтүү керек.



3-сүрөттө – Басым менен температуранын функциясы катарында кислороддун кысылуу фактору

Ок боюнча 0дөн 30га чейин МПдагы басым, 0дөн 20га чейин кельвиндердин ондугу менен температура берилген. Эсептөөлөр Ван-дер-Ваальстын теңдемеси менен жүргүзүлөт.

Төртүнчү бапта «Кластерлердин таасирин эске алуу менен газдардын илээшчектигинин коэфициентин эсептөө»

Кластердик моделде барилик көзкарандылыктын дагы бир механизми, оор кластерлер үчүн персистенциялык ылдамдык эффекти менен байланышкан механизм байкалууда.

Азыркы бапта илээшчектиктин барилик көзкарандылыгы кластерлик моделдин чегинде каралат.

Тыгыз газ кластердик субкомпоненттердин кошулмалары катары каралат, мындай кошулманын жылышуучу илээшчектиктин коэфициенти үчүн субкомпоненттик кошулмалардын кинетикалык теориясынын формуласын пайдаланууга мүмкүн, анын корреляцияланышы χ түзөтүү эске алынып, кинетикалык теңдеменин чыгарылышына негизделген [87].

$$\frac{\partial f_\alpha}{\partial t} + \vec{\xi}_\alpha \cdot \frac{\partial f_\alpha}{\partial \vec{r}} = \sum_{\beta=1}^{s} \iint \iiint \chi_{\alpha\beta} \left(f'_\alpha \, f'^{0}_\beta - f_\alpha \, f^{0}_\beta \right) g_{\alpha\beta} b db d\varepsilon d^3 \xi_\beta \, .$$

Молекулалык-кластердик кошулма үчүн жылышуучу илээшчектиктин формуласы кластерлердин кагылышуусунун параметрлери жана концентрациясы аркылуу жазылат:

$$\eta = \sum_{g=1}^{r} \frac{C_g^{(c)} h \sqrt{T}}{\sum_{l=1}^{r} C_g^{(c)} \sigma_{gl}^2 \sqrt{\frac{2M_{\lg}}{\mathrm{M}_g}} \left(5M_{gl} + 3M_{\lg}\right) \chi_{gl}},$$

(4.1)

l - l молекула камтыган кластердин ченеми,

$M_{gl} \equiv \dfrac{\mathrm{M}_g}{\mathrm{M}_g + \mathrm{M}_l}$ – М молекулалык масса аркылуу белгиленген келтирилген ченемсиз масса,

h -ченемдүү коэффициент: $h = 8009 \cdot 10^{-29}$ Дж$^{1/2}$К$^{-1/2}$кмоль$^{1/2}$.

σ_{gl}- температурадан көзкаранды болгон тиешелүү кластерлердин кагылышуусунун эффективдүү диаметри.

Ар кандай сорттогу молекулалардан турган кошулмадан айырмасы бул формулада суммалануу кластердик субкомпоненттер боюнча жүргүзүлөт, алар кирген молекулалардын саны менен классификацияланышат, ошондуктан кластерлердин молекулалык массасы мономерлердин молекулалык массалары аркылуу эсептелет. Радиалдык функция χ_{gl} адата өз ара экрандашуу жана бөлүкчөлөрдүн менчик көлөмүн эске алат [12; 871]. Мындай функция Энског киргизген түзөтүүлөрдүн жалпыламасы болуп саналат [12; 13] жана аны энскогдун типтүү түзөтүүсү деп атасак болот. Кластерлердин эффективдүү диаметри молекулалардын диаметринен чоң, ошондуктан алардын кагылышуусунда белгилүү тартиптеги импульстук кыймылдын алардын эффективдүү диаметрлик аралыгына берилүү механизмин эске алуу зарыл:

$$s_{gl} = \frac{\sigma_{gl}}{\tau_g} \sqrt{\frac{m_g}{3kT}} \, .$$

Бул түзөтүүнү радиалдык функцияга киргизүү ыңгайлуу. Анда ал төмөнкүдөй түргө ээ болот:

$$\chi_{gl} = \frac{1}{S^3 (1 + s_{gl})} \left\{ S^2 + 3 \frac{\sigma_{gg} \sigma_{ll}}{\sigma_{gg} + \sigma_{ll}} S S_2 + 2 \left(\frac{\sigma_{gg} \sigma_{ll}}{\sigma_{gg} + \sigma_{ll}} \right)^2 S_2^2 \right\},$$

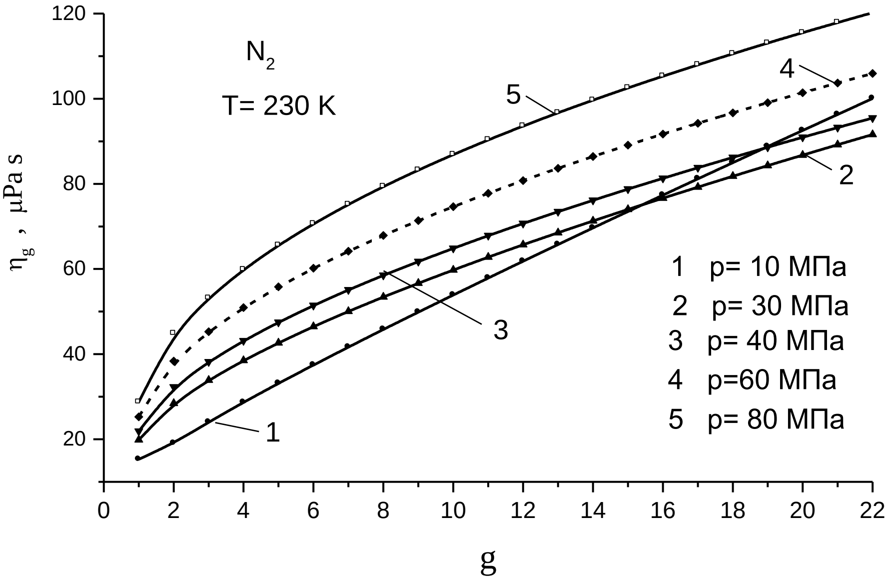
(4.3)

$$S_2 \equiv \frac{\pi n^{(n)}}{6} \sum_{l=1}^{r} C_l^{(c)} \sigma_{ll}^2 ,$$

$$S \equiv 1 - \frac{\pi n^{(n)}}{6} \sum_{l=1}^{r} C_l^{(c)} \sigma_{ll}^3 . \qquad (4.4)$$

Бул формулалар боюнча эсептөөлөр кийинки бөлүктө берилген. Колдо бар адабий маалыматтарды салыштырганда алар басым менен илээшчектиктин өсүүсүн туура чагылдырат. Бул кластердик моделдин көп компоненттүү кошулмалардын кинетикалык теориясына шайкеш келип, кеңири интервалдагы параметрлердин абалындагы илээшчектиктин барилик көзкарандылыгын прогноздоого мүмкүндүк берет.

59-сүрөт– Азоттун илээшчектигинин 230К температурадагы барилик көзкарандылыгы



4-сүрөт – Азоттун илээшчектигинин 230К температурадагы барилик көзкарандылыгы

КОРУТУНДУ

- Молекулалары түрдүү мүнөздөгү (аргон, азот, кислород, криптон) газдардагы кластерлердин концентрациясын ар кандай басым менен температурада (кескин температурадан ионизация температурасына чейинки) эсептөөлөр структуралык элементтери бар газдарда касиеттерди аныктоочу болуп молекулалар гана эмес, кластерлер да эсептелээрин көрсөттү.
- Бойлдун температурасы бөлүкчөлөрдүн менчик көлөмүнүн таасири кластерлердин таасири менен компенсацияланыша турган шартка ылайык келет да, алардын болушу басым жараткан структуралык элементтердин молекулалык санын өзгөрүүгө мажбур кылат.
- Ар кандай басым менен температурада илээшчектиктин факторун эсептөөлөр эксперименталдык (ишенимдүү) маалыматтар менен дал келишет жана газдын молекулалык кластердик моделинин ишке жарамдуулугун далилдейт.

- Газдардын илээшчектигинин температуралык көзкарандылыгын иштеп чыгуу жолу менен молекулалардын кагылышууларынын эффективдүү диаметринин температуралык көзкарандылыгы боюнча маалыматтар алынган, алар кластерлердин концентрациясын жана газдардын башка касиеттерин эсептеп чыгууга зарыл маалыматтар.
- Газдардын (аргон, азот, кислород, криптон, метан) илээшчектигинин барилик көзкарандылыгы боюнча кластерлердин таасирин эске алуу менен маалыматтар алынды, алар болсо таблицалардагы маалыматтар менен шайкеш келип, ошондой эле газдардын илээшчектигинин барилик көзкарандылыгынын кластерлик механизми аныкталды.
- Аномалдуу чоң илээшчектиктин парциалдык коэфициенти менен шартталган басым болгондо илээшчектик өсөөрүн кластердик субкомпоненттердин парциалдык илээшчектигин эсептөөлөр көрсөттү, ал жеңил молекулалар менен кагылышканда оор бөлүкчөлөрдүн (чоң кластерлердин) персистенциялык эффектеги ылдамдыгын эске алуунун негизинде жеткиликтүү түшүндүрүлөт.

Аргондун 220К температурадагы молекулалык-кластердик аралашмасынын илээшчектигинин көлөмдүү коэфициентин жана илээшчектиктин көлөмдүү парциалдык коэфициентин, ошондой эле парциалдык көлөмдүү илээшчектикти эсептөөлөр, атмосфералык басым төмөндөгөндө көлөмдүү илээшчектик жоголот, бирок 40МПа дан жогорку басымда жылышма илээшчектиги жогорулайт.

Коюлган максаттардын толук чечилишин баалоо

Газ түрүндөгү абалдын молекулалык-кластердик моделин өнүктүрүүдөгү белгилүү кадамды аталган диссертациялык иштин натыйжалары көрсөтүп турат. Алдыга коюлган милдеттер толугу менен аткарылды. Кластерлердин концентрациясын эсетөө схемасы касиеттери ар түрдүү молекулалардан турган газдарда текшерилген. Алынган маалыматтар кысылуу фактору боюнча таблицанын берилиштери менен дал келишет. Илээшчектикке кластерлердин тийгизген таасири барилик көзкарандылык түрүндө түшүндүрүлөрү көрсөтүлгөн. Эсептөөлөр белгилүү ишенимдүү эксперименталдык маалыматтар менен жеткиликтүү шайкеш келет. Ошентип, молекулалык-кластерлик газдарды баяндоо үчүн көп компоненттүү аралашмалардын кинетикалык теория ыкмасын колдонсо болоору далилденди.

Диссертациянын натыйжаларынын практикалык баалуулугу кластердик курамды жана илээшчектикти эсептөөлөрдүн иштелип чыккан ыкмасын макропараметрлердин кеңири тармагындагы ар кандай газдар же буулар үчүн пайдаланса болот. Молекулалардын кагылышуусунун эффективдүү диаметрлеринин температурадан көзкарандылыгы боюнча маалыматтарды практикалык жактан газдардын кинетикалык теориясына негизделген фомулалар менен бардык физикалык жылуулуктарды эсептөөлөрдө пайдаланса болот. Жылышма жана көлөмдүү илээшчектик боюнча маалыматтарды жылуулук масса ташуучу туташ чөйрөлөрдүн механикасынын теңдемесин чыгаруу менен практикада маанилүү процесстерди баяндоо үчүн колдонсо болот.

ЖАРЫК КӨРГӨН ИШТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. Ташимбетова А.Т. Диффузия разреженных и плотных газов. X Российская конференция по теплофизическим свойствам веществ. Казань, Россия, 30 сентября – 4 октября 2002 года. - Стр. 128.
2. Ташимбетова А.Т. Расчет равновесных и неравновесных свойств кластерных газов. X Российская конференция по теплофизическим свойствам веществ. 30 сентября – 4 октября 2002 года. Казань, Россия. Стр. 128.
3. Ташимбетова А.Т. Расчет концентрации кластеров и фактора сжимаемости в газах. Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия физическая. – 2002. – №1(12). – С. 112-116.
4. Ташимбетова А.Т. Влияние кластеров на вязкость умерено плотных газов. Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия физическая. – 2003. – №2 (15). – С. 123-128.

5. Ташимбетова А.Т. Расчет температурной зависимости эффективных диаметров столкновений. 57-я Республиканская научная конференция молодых ученых, магистрантов и студентов «Образование, наука и молодежь: взгляд в будущее Казахстана», посвященная 70-летию КазНУ им. аль-Фараби. 21-28 апреля 2003 г. Казак университетi, Алматы, 2003 , с. 103.
6. Ташимбетова А.Т. Вязкость кластерных газов. 57-я Республиканская научная конференция молодых ученых, магистрантов и студентов «Образование, наука и молодежь: взгляд в будущее Казахстана», посвященная 70-летию КазНУ им. аль-Фараби. 21-28 апреля 2003 г. Казак университетi, Алматы, 2003
7. Ташимбетова А.Т. Влияние кластеров на барическую зависимость коэффициент диффузии. Материалы Всероссийской научной конференции студентов физиков. (ВНКСФ – 12). Новосибирск, 23-29 марта 2006. – С. 332-333.
8. Ташимбетова А.Т. Влияние кластеров на барическую зависимость коэффициент вязкости. Вестник КазНУ имени аль-Фараби, Серия физическая г.Алматы, №1(23), 2007
9. Ташимбетова А.Т. Расчеты коэффициента объемной вязкости молекулярно-кластерной смеси аргона при давлении 4,0 МПа. Вестник КазНУ имени аль-Фараби, Серия физическая г.Алматы, №2(24), 2007г.
10. Ташимбетова А.Т. Расчеты коэффициента сдвиговой вязкости инертных газов. Вестник КазНУ имени аль-Фараби, Серия физическая г.Алматы, №1(17), 2008г.
11. Ташимбетова А.Т. Роль коэффициента вязкости газов и жидкостей в строительных материалах. Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Архитектурно-строительное образование Казахстана: развитие и перспективы», посвященной к 50-летию высшего образования в Казахстане. Алматы, 2011 г.
12. Ташимбетова А.Т. Роль коэффициента вязкости газов на атмосферное давление. Сборник материалов международной научно-методической конференции «Прикл.вопросы естественных наук». – Алматы, 2012 г.
13. Ташимбетова А.Т. Расчеты вязкости кластерных газовых смесей по кинетической теории газов. Сборник материалов международной научно-методической конференции «Актуальные вопросы естественно-научных дисциплин», 2013 г.
14. Ташимбетова А.Т., Цой А.П., Грановский А.И., Разработка инновационной холодильной системы с использованием эффективного излучения в космосе. Сборник материалов Международной научно-методической конференции «Актуальные вопросы естественно-научных дисциплин», 2014 г.
15. Ташимбетова А.Т. Влияния кластеров на барическую зависимость вязкости газов. Известия ВУЗов, №6., Кыргызская Республика, г. Бишкек, 2013.
16. Ташимбетова А.Т. Расчет концентрации кластеров и фактора сжимаемости в газах. Известия ВУЗов, №6., Кыргызская Республика, г. Бишкек, 2013.
17. Ташимбетова А.Т. Расчеты эффективных диаметров столкновений молекул по данным от температурной зависимости вязкости и коэфф. диффузии разреженных газов. Наука и новые технологии, №6, Изд-во НЖиДХЛ, Кыргызская Республика, г. Бишкек, 2015. (РИНЦ)
18. Ташимбетова А.Т. Барическая зависимость кластерных газов. «Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук», Москва, Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), октябрь 2015г. Журнал включен в международный каталог периодической изданий «Ulrich`s Periodicals Directory» (издательство «Bowker», США).
19. Ташимбетова А.Т. Расчеты вязкости кластерных газов в широкой области давлений. «Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук», Москва, Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), декабрь 2015г.
20. Ташимбетова А.Т. Роль коэффициента вязкости газов и жидкостей на атмосферу. «Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук», Москва, Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), апрель 2016г.

21. Ташимбетова А.Т. Расчеты числа столкновений молекул по данным от температурной зависимости вязкости разряженных газов. «Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук», Москва, Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), апрель 2016г.
22. Ташимбетова А.Т. Равновесные свойства газов и вляиние кластеров. 56-я международная научно –практическая конференция «Технические науки – от теории к практике»., Алматы, январь 2016 год
23. Ташимбетова А.Т. Учет кластерной модели в уравнениях состояния газов. Научный журнал Физиа, илимий журналы, Бишкек, 2016, 24 октября.