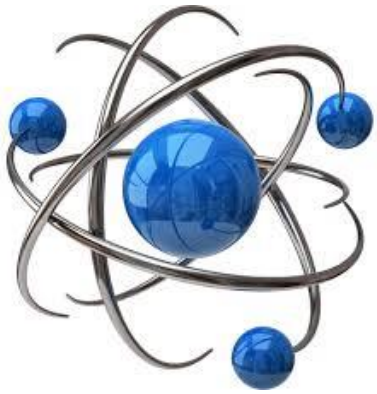
АБАЙ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АБАЯ

МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА ЖӘНЕ ИНФОРМАТИКА ФАКУЛЬТЕТІ
МАТЕМАТИКИ,ФИЗИКИ И ИНФОРМАТИКИ

ҒЫЛЫМИ ЭЛЕКТРОНДЫҚ БАСЫЛЫМ
НАУЧНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗДАНИЕ

Абай атындағы ҚазҰПУ бакалавриат және магистратура білім алушыларының 80-ші ғылыми конференциясының «Физика» секциясының материалы
Материалы секции «Физика»
80-ежегодной научной конференции студентов и магистрантов КазНПУ им. Абая

(Алматы, қараша/ноябрь 2025)



Алматы

2025

УДК 53
ББК 22.3
М34

Редакционная коллегия:
Косов В.Н., Хамраев Ш.И., Акжолова Ә.Ә.
Насирова Д.М.
Главный редактор Насирова Д.М.,
Ответственный за выпуск Султанова К.Ж.

Материалы секции «Физика» 80-ежегодной научной конференции студентов и магистрантов КазНПУ им. Абая [Электронный ресурс] / Гл. ред. Насирова Д.М., отв. секретарь Султанова К.Ж. – Электрон. текстовые дан.– Алматы:, 2025. – Режим доступа: https://www.kaznpu.kz/ru/490/page/ свободный – Материалы секции «Физика» 80-ежегодной научной конференции студентов и магистрантов КазНПУ им. Абая. **ISBN 978-601-353-140-3**

Аннотация. Издание представляет собой сборник расширенных материалов докладов и сообщений 80-й научной конференции студентов и магистрантов Казахского Национального Педагогического Университета по секции «Физика», Алматы, 2025г. Научное электронное издание содержит материалы, тезисы и сообщения по следующим направлениям: физика конденсированного состояния, ядерная физика, физика флюидов и плазмы, астрономия и астрофизика, междисциплинарная физика, механика, исследования в области образования (физика). Представленные материалы подготовлены студентами и молодыми учеными из различных университетов и научно-исследовательских организаций. Они охватывают широкий круг фундаментальных и прикладных проблем в современной физике.

Электронное издание сборника тезисов проводилось с авторских листов участников конференции. За ошибки и опечатки ответственность несут авторы представленных материалов.

УДК 53
ББК 22.3
М34

© Казахский национальный педагогический
университет имени Абая, 2025

ISBN 978-601-353-140-3



Мазмұны

1	**КӨПФАЗАЛЫ КЕРАМИКАЛЫҚ ҮЛГІЛЕРДЕГІ КОНЦЕНТРЛІ ЗОНАЛЫҚ БОЯУЛЫҚ ЭФФЕКТІЛЕРДІ 3D МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕП ОҚЫП ҮЙРЕНУ** **А. Н. Нұрдаулет** *Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті 2 курс магистранты, Алматы қ., Қазақстан*	7
2	**СИМБИОТИКАЛЫҚ ЖҰЛДЫЗДАР, ҚОС ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ КОМПОНЕНТТЕРДІҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІН СИПАТТАУ** **Г.А. Жексенбаева** *Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті 1 курс докторанты, Алматы қ., Қазақстан*	10
3	**ҮШ КОМПОНЕНТТІ ГАЗ ҚОСПАСЫНЫҢ ДИФФУЗИЯЛЫҚ АРНАДАҒЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛАР ТАРАЛУЫН ЕСЕПТЕУ** **Ш. Агимсалова** *Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті 1 курс магистранты, Алматы қ., Қазақстан*	12
4	**СЫНАҚ ДЕНЕЛЕРІНІҢ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ӨРІСТЕРДЕГІ ҚОЗҒАЛЫСЫ КЕЗІНДЕ ЖАЛПЫ САЛЫСТЫРМАЛЫЛЫҚ ЭФФЕКТІЛЕРІН ЗЕРТТЕУ** **А. Б. Қалмахан** *Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті 1 курс магистранты, Алматы қ., Қазақстан.*	14
5	**ШҰБАРКӨЛ КӨМІРІ ҚҰРАМЫНДАҒЫ ХИМИЯЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕРДІ РЕНТГЕН ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ** **П.Дидарбек, Д.Баймолда** *Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті 1 курс магистранты, Алматы қ,Қазақстан.*	15
6	**НЕЙТРОНДЫҚ СӘУЛЕЛЕНУ ӘСЕРІНЕН БЕРИЛЛИЙДІҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ ІСІНУІН ЗЕРТТЕУ**	17

	Б.Хасанов *Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті 2 курс магистранты, Алматы қ., Қазақстан*	
7	**$He - CO_2$ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ГАЗДАРДЫҢ ӨЗАРА ДИФФУЗИЯ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІНІҢ ӘРТҮРЛІ ТЕМПЕРАТУРАҒА ТӘУЕЛДІЛІГІ** **Н.М. Асқаров[1], Ұ.Ж. Сарман[1], Д.С. Лесбай[2]** *[1] Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті 2 курс магистранты,, Алматы қ., Қазақстан* *[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан*	19
8	**$H_2 + CO_2 - N_2$ ГАЗ ҚОСПАСЫНЫҢ "ДИФФУЗИЯ-КОНВЕКЦИЯ" ШЕРАКАСЫНДАҒЫ ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕР** **Н.М. Асқаров, Е.М. Орынбай, Ж.Қ. Сейтомарова** *[1] Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті 2 курс магистранты,, Алматы қ., Қазақстан* *[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан*	21
9	**ЖЕҢІЛ ЯДРОЛАРДАҒЫ РЕЗОНАНСТЫҚ ЖӘНЕ БАЙЛАНЫСҚАН КҮЙЛЕРДІ ЗЕРТТЕУ** **Г.Н. Жусупова** *Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті 1 курс магистрант, Алматы, Қазақстан*	24
10	**ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ SAKURAI (V4334 SGR)** **А.Р. Сейдалиева** *Магистрант 1-курса, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан*	25
11	**БЕС АЙНАЛМАЛЫ КИНЕМАТИКАЛЫҚ ЖҰПТЫ МАНИПУЛЯТОРДЫҢ ЖАЛПЫЛАНҒАН КООРДИНАТТАРЫН АНЫҚТАУ** **М. Жұмахан**	27

	Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті 3 курс студенті, Алматы, Қазақстан	
12	**ФИЗИКА ПӘНІН ОҚЫТУДА ИНТЕРБЕЛСЕНДІ ӘДІС-ТӘСІЛДЕРДІ ҚОЛДАНУ** **Д.З., Шафигуллина Д., Пернебекқызы, А.Исатай** *Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті 4-курс студенттері, Алматы, Қазақстан*	31
13	**РАСЧЕТЫ И АНАЛИЗ Dst ИНДЕКСА ФЛУКТУАЦИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ** **А.Р.Сейдалиева, Ж.У.Нұрбекова** *Магистрант 1-курса, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан*	33
14	**ON THE INDICATORS AND VARIATIONS OF SOLAR ACTIVITY A., Maikenov, M.M.Myrzatai** *first-year master's student, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan*	35
15	**ЗЕРТТЕУ ҚҰЗЫРЕТТІЛІГІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДА ФИЗИКАЛЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЕСЕПТЕРДІҢ АЛАТЫН ОРНЫ** **А.М., Абдығалым, К.М., Түйебай, А.А.Абикеев** *Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті 4 курс студенті, Алматы, Қазақстан*	37
16	**ПНЕВМАТИКАЛЫҚ ЖЕТЕКТІ РОБОТ МОДЕЛІН ҚҰРАСТЫРУ** **Ж.Умбетьяр, Ж.Оралбаева** *Абай атындағы Қазақ ұлттық Педагогикалық университеті 3 курс студенті, Алматы, Қазақстан*	40
17	**СКАНЕРЛІК ТУННЕЛДІК МИКРОСКОПТЫ ЗЕРТТЕУ ЖҰМЫСЫНА ҚОЛДАНУ** **Қ.Н.Жұмабай., А.А.Даулетжан.** *Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті 4 курс студенті, Алматы, Қазақстан*	42

18	**ГАЗ ҚОСПАЛАРЫ ҮШІН ӨЗАРА ДИФФУЗИЯ КОЭФФИЦИЕНТІН ЕСЕПТЕУДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ӘРТҮРЛІ ӘДІСТЕРДІҢ АРТЫҚШЫЛЫҚТАРЫ МЕН ШЕКТЕУЛЕРІ** **Н.Д. Якубжанова[1], Ж.Қ. Сейтомарова[2], А.Н. Жақсылық[2]** *[1] Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті 4 курс студенттері, Алматы, Қазақстан* *[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан*	44
19	**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА КАК ФАКТОРА ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ** **А. Ж. Аймагамбетова** *Магистрант 2-курса, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан*	46
20	**ҚАРАҚҰРДЫМ** **С.Тұрсын, Ұ.Турмаханова, А.Сәрсенбек** *Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті 2 курс студенттері, Алматы, Қазақстан*	50

УДК 533.

КӨПФАЗАЛЫ КЕРАМИКАЛЫҚ ҮЛГІЛЕРДЕГІ КОНЦЕНТРЛІ ЗОНАЛЫҚ БОЯУЛЫҚ ЭФФЕКТІЛЕРДІ 3D МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕП ОҚЫП ҮЙРЕНУ

А. Н. Нұрдаулет[1]

[1]Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті Алматы қ., Қазақстан

Ғылыми жетекшісі:
«Физика» кафедрасының профессоры,
т.ғ.д. Құлбек М.Қ.

Көпфазалы керамикалық материалдар заманауи техника мен өнеркәсіптің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Олардың құрылымдық және оптикалық қасиеттері көбінесе құрамындағы әртүрлі фазалардың өзара әрекеттесуіне байланысты. Мұндай материалдарда жиі байқалатын ерекше құбылыстардың бірі – концентрлі зоналық бояулық эффектілер. Бұл эффектілер синтездеу кезінде температура градиенті мен диффузиялық процестер нәтижесінде пайда болады және материалдың сапасы мен құрылымы туралы маңызды ақпарат береді.[1]

Мұндай эффектілер рентгендік флуоресценциялық талдау арқылы эксперименттік тұрғыда зерттелген. Осы ғылыми жұмыс аталған нәтижелерді негізге ала отырып, концентрлі зоналық бояулық эффектілерді 3D модельдеу әдісі арқылы сандық тұрғыда талдау және олардың пайда болу механизмін анықтау мақсатында орындалды.

Зерттеу жұмысы бірнеше кезеңдерден тұрады. Бірінші кезеңде концентрлі зоналық құрылымдарды эксперименттік сипаттау үшін жоғары ажыратымдылықтағы микроскопия (СКЭМ, КТ, рентгендік микротомография) әдістері қолданылды. Осы әдістер арқылы үлгілердің үш өлшемді құрылымдары алынып, әрбір фазаның орналасуы мен бояулық зоналары анықталды.[2]

Фаза атауы	Тығыздық, г/см³	Сыну көрсеткіші	Түстік аймақ радиусы, мм
Фаза A	3.95	1.62	1.0
Фаза B	4.10	1.70	2.0
Фаза C	4.25	1.78	3.0
Фаза D	4.30	1.85	4.0

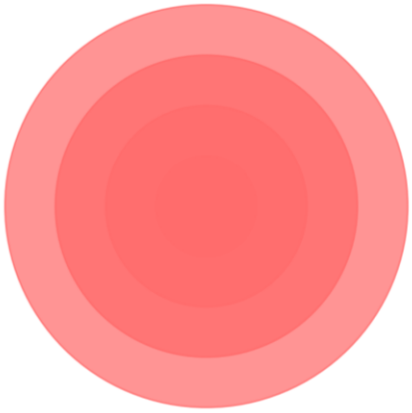
1-кесте – Көпфазалы үлгінің негізгі параметрлері[3]

Келесі кезеңде бояу пен фаза арасындағы байланыс анықталды. Бояулық зоналардың химиялық құрамына сәйкестігін анықтау үшін EDX және XRD талдаулары қолданылды.

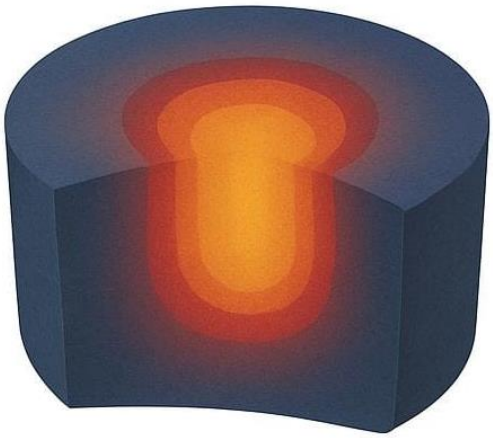
3D модельдеу кезеңінде COMSOL Multiphysics бағдарламасы қолданылып, көпфазалы жүйенің диффузиялық және фазалық ауысу процестері есепке алынды. Бұл процесте

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \nabla \cdot (D \nabla C) + R$$

түріндегі реакция-диффузия теңдеулері шешіледі.[4] Модельдеу барысында температура, концентрация және диффузия коэффициенттері сияқты негізгі параметрлер енгізілді.

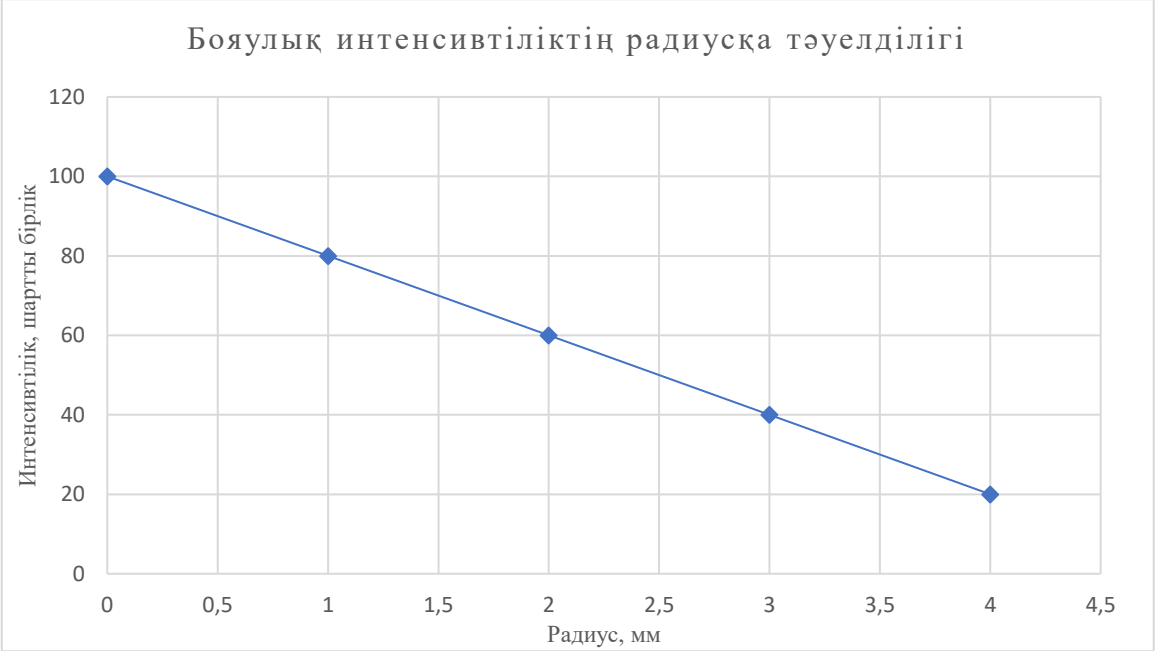


1-сурет – Көпфазалы үлгінің концентрлі зоналық сұлбасы[3]



2-сурет – Концентрлі зоналық бояу эффектісінің модельдік көрінісі[3]

Модельдеу нәтижелері концентрлі зоналардың нақты геометриялық және фазалық сипаттамаларын айқындауға мүмкіндік берді. 3D визуализация нәтижесінде зоналардың қалыңдығы мен радиустарының өзгеріс динамикасы анықталды.



3-сурет – Зоналық құрылымның радиусқа тәуелді бояулық интенсивтілігі[3]

Сондай-ақ, температура мен бастапқы құрам параметрлерінің зоналық құрылымның пайда болуына әсері талданды. Температураның өсуі зоналардың диффузиялық шекараларын кеңейтетіні және түстік интенсивтілікті арттыратыны байқалды. Бұл теориялық болжамдар эксперименттік нәтижелермен сәйкес келді.

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде көпфазалы керамикалық үлгілердегі концентрлі зоналық бояулық эффектілердің қалыптасу механизмдері мен олардың параметрлерге тәуелділігі анықталды. 3D модельдеу әдісі материалдардың ішкі құрылымын сандық және көрнекі түрде зерттеуге мүмкіндік береді. [5] Бұл тәсіл болашақта жоғары сапалы керамикалық материалдарды жобалау және синтездеу процестерін оңтайландыруға негіз болады.

Әдебиеттер:

1. Smith, J. A., & Chen, B. L. (2023). Multiphase Ceramic Microstructures: Formation and Functional Properties. Ceramics Journal Press.
2. https://www.comsol.com/comsol-multiphysics
3. Xu, Y., & Miller, R. E. (2023). The Role of Thermal Gradient in Concentric Zonal Coloration of -Based Ceramics. Advanced Ceramic Materials, 15(1).
4. Қазақбаев, Е. С., & Омаров, Т. Н. (2025). Көпфазалы Жүйелерді Сандық Модельдеу Негіздері. Алматы: Ғылым баспасы.
5. Wang, Q., Li, H., & Johnson, D. (2024). Three-Dimensional Reconstruction and Analysis of Phase Distribution in Sintered Materials using X-ray Microtomography. Journal of Materials Science and Technology, 45(3), 123-135.

УДК 52.524.38

СИМБИОТИКАЛЫҚ ЖҰЛДЫЗДАР, ҚОС ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ КОМПОНЕНТТЕРДІҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІН СИПАТТАУ

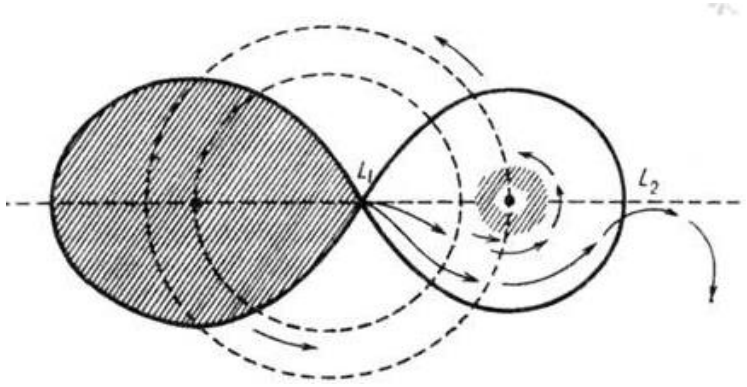
Г.А. Жексенбаева[1]

[1]Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Ғылыми жетекші:
PhD, унив.қауым.проф. Д.М. Насирова
PhD, аға оқытушы С.А. Шомшекова

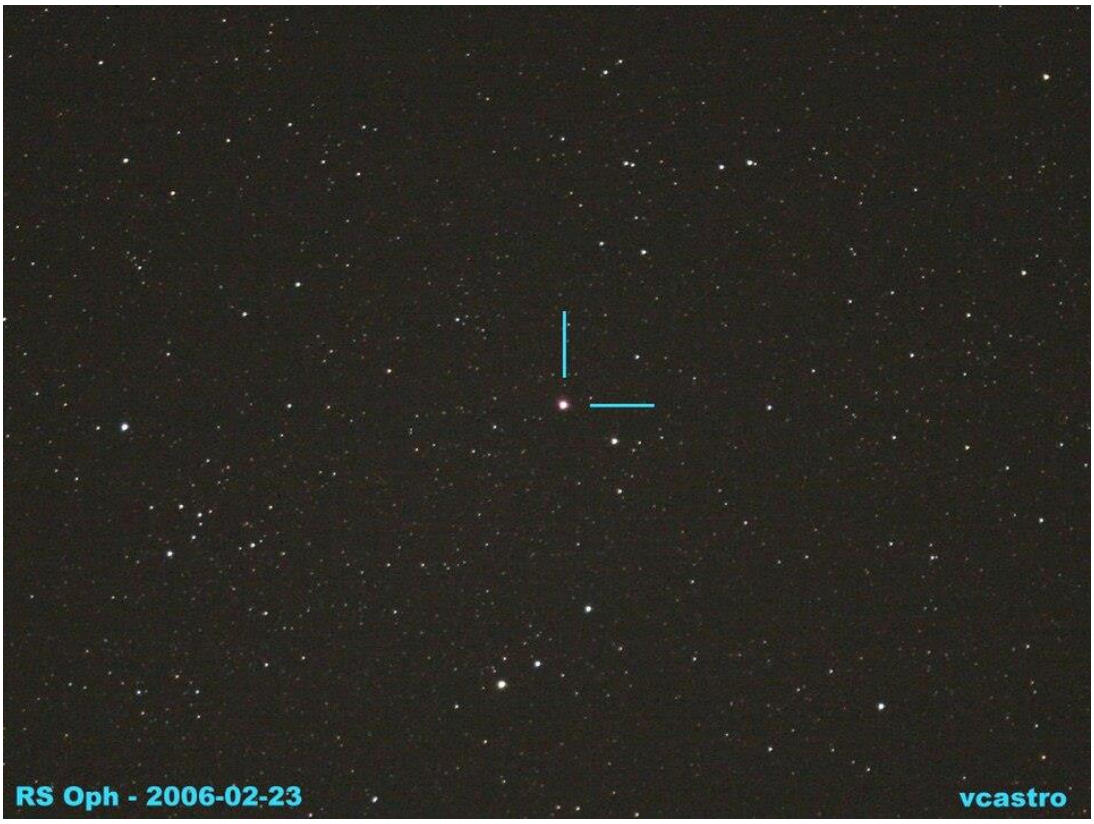
Симбиотикалық жұлдыздарда екі объект, яғни қызыл алып пен ақ ергежейлінің өзара әрекеттесуінде аккрецияның, жұлдызды желдің және жаңа элементтердің пайда болуының ерекше процестерін байқауға болады. Сондықтан олар астрофизиктердің ерекше қызығушылығын тудырады. Симбиотикалық жұлдыздардың қалай және қайдан пайда болатындығын, олардың жіктелуі мен қасиеттерін, сонымен қатар галактика эволюциясына әсері туралы баяндалады. Симбиотикалық жұлдыздардағы компоненттердің арасында болатын өзара әрекеттесулердің, мысалға энергия ағындары мен аккрециялық дискінің байланыстары сипатталады.

Қос жұлдыздық жүйелер бір-бірімен гравитациялық байланысқан екі жұлдызбен сипатталады. Мұндай жүйелерде қос жұлдыз жалпы масса центрінің айналасында айналатын жұп. Мұндай қос жүйелер көбінесе өмір сүру уақытының ұзақ бөлігінде гравитациялық өзара әрекеттеседі, бұл жүйеде жұлдызға жақын заттың едәуір мөлшері болатын ұзақ кезеңдерге әкеледі. [1] Қос жүйелердегі жұлдыздар арасындағы өзара әрекеттесу олардың өзара тартылыс күші арқылы жүзеге асырылады және жұлдыздар арасындағы массаның ауысуына әкелуі мүмкін. Массаның тасымалдануы бір жұлдыздың заты оның Рош қуысын толтыруы нәтижесінде пайда болады-бұл жұлдыздың гравитациялық әсері басым аймақ, содан кейін L1 Лагранж нүктесі арқылы өтіп, басқа қос жұлдызға тартылады (Сурет. 1.).



Сурет. 1. - Қос жүйедегі қара құрдымның диск аккрециясы. Қалыпты жұлдыз өзінің критикалық Рош қуысын толтырады. Зат L1 Лагранжының ішкі нүктесі арқылы қара құрдымға ағып, аккрециялық дискісін құрайды (жоғарыдан көргенде). Стрелкалар заттың қозғалыс бағытын көрсетеді.

Мұндай мерзімді масса алмасу процестері жұлдыздардың массаларын айтарлықтай өзгерте алады және қос жүйенің ішінде де, сыртында да жұлдыздар маңындағы газбен байытылып, қабықшалар түзеді. Сонымен қатар, температура салыстырмалы түрде төмен және әдетте 1500-2000 К болатын газ қабықтарының сыртқы аймақтарында шаң бөлшектері пайда болуы мүмкін. Қос жүйелердегі жұлдыздар бір-бірін жақсы анықталған жазықтықта айналатындықтан, бұл жүйелердегі жұлдызды зат әдетте жүйенің орбиталық жазықтығы бойымен таралады. Мұндай үлестіру диск тәрізді және оның болуын әртүрлі бақылау әдістері арқылы анықтауға болады. Жұлдызды заттың болуының сипаттамалық белгілерінің бірі-жүйенің спектріндегі эмиссиялық сызықтар профиліндегі қос шыңдардың байқалуы. Бұл профильдер жүйені полюстен, яғни "тегіс" қараған жағдайларды қоспағанда, бақылаушының көру сәулесіне қатысты дискінің көлбеу бұрыштарының кең ауқымында байқалады. [2]



Сурет. 2. Рекурренттік жаңа RS Ophiuchi, 2006 жылдың 23 ақпанында Лагуна тауынан, Калифорниядан байқалды. 30 сек., f/2.8, ISO 1600, Canon 20D, Meade LXD55-те 400 мм f/2.8. Пол Мартинес және Филип Брентс [3]

Қос жұлдыздар жүйесінің қарастырылатын мысалдарының бірі - RS Ophiuchi. Қызыл алыптан және ақ ергежейліден тұратын қос жүйені айтамыз. RS Ophiuchi қос жүйесінде әр 15-20 жыл сайын жарылыстар болады. Қызыл алып өзінің ақ ергежейлі серігіне сутегі газ қабатын береді, соның әсерінен сутегі мөлшері жеткілікті деңгейге жеткенде жаңа жұлдыз құбылысы ретінде байқалатын ергежейлі бетінде өте күшті термоядролық жарылыс болады. RS Ophiuchi жүйесі 2000 жарық жылы қашықтығында орналасқан, ал жарқыл кезінде оны жай көзбен байқауға болады, сондықтан оның жылтырлығы айтарлықтай артады. Қызыл алыптан және аккреция дискісімен қоршалған ақ ергежейлі байқалады. Сосын осы құбылыс қайтадан қайталанады.

Жұлдыздар бір-бірінің айналасында қозғалады және зат қызыл алыптан ергежейліге өтеді. RS Ophiuchi қос жұлдызының бейнесі төмендегі 2-суретте көрсетілген. [3]

Бір-біріне жақын орналасқан бұл жұлдыздардың болуы біздің Галактикада кездесетін жұлдыздық жүйелердің әртүрлілігін көрсетеді. Қос жұлдыздар табиғатта жиі кездеседі, сондықтан оны зерттеу жұлдыздардың өзінің ғана емес жалпы жұлдыздар пайда болуы мен эволюциясының, белсенділігінің механизмдерін және жұлдызаралық ортаның химиялық байланыстарын түсіну үшін және әр түрлі мәселелерін шешуде де үлкен маңызға ие.

Әдебиеттер:

1. Жалпы астрономия: оқу құралы / З.Ж. Жаңабаев, А.Ж. Наурызбаева, Н.Т. Істілеуов, А.С. Бейсебаева. - Алматы: Қазақ университеті, 2017. - 194 б.
2. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. — Фрязино: ВЕК 2, 2006. — С. 208—223. — 398 с.
3. https://www.astronet.ru

УДК 533

ҮШ КОМПОНЕНТТІ ГАЗ ҚОСПАСЫНЫҢ ДИФФУЗИЯЛЫҚ АРНАДАҒЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛАР ТАРАЛУЫН ЕСЕПТЕУ

Ш. Агимсалова

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Ғылыми жетекші:
ф.-м.ғ.к., қауым. проф. Мукамеденқызы В

Гелий, аргон және фреон-21 сияқты жүйелердің диффузиялық және конвективтік араласу ерекшеліктерін зерттеу маңызды, себебі ол табиғи газ қоспаларына кіретін компоненттердің тасымалдану ерекшеліктері туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді. Әртүрлі термодинамикалық жағдайларда болатын газдардың көпкомпонентті диффузиясын тәжірибелік зерттеу белгілі бір қиындықтар тудырады. Сондықтан диффузиялық процестің нәтижелерін болжауға мүмкіндік беретін модельдеу әдісімен оның сипаттық ерекшеліктерін зерттеу өзекті болып табылады.

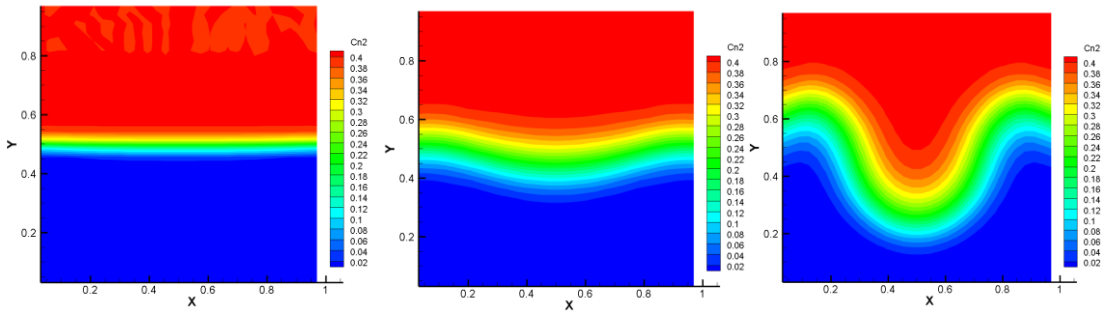
Бұл жұмыста әртүрлі қысымдарда гелий, аргон және фреон-21 үшкомпонентті газ қоспасының диффузиялық арнадағы концентрациялар таралуын Буссинеск жуықтауындағы Навье–Стокс теңдеулер жүйесін сандық әдіспен, физикалық параметрлер бойынша жіктеу сұлбасын пайдалану арқылы зерттеу нәтижелері келтірілген.

Зерттеу үшін әртүрлі бастапқы концентрациялары бар He + R21 – Ar үшкомпонентті жүйесі таңдалды. Тәжірибелер қысымның 5-тен 18 МПа дейінгі аралығында, температура T = 303,15 К кезінде жүргізілді. $m_{Ar} = 39{,}94 \cdot 10^{-3}\ кг/моль$, $m_{R21} = 102{,}92 \cdot 10^{-3} кг/моль$,

$m_{He} = 4{,}003 \cdot 10^{-3}$ *кг / моль* . Екі колбалы қондырғының диффузиялық арнасының геометриялық сипаттамалары: ұзындығы $L = 0{,}17$ м и диаметрі $d = 3{,}05 \cdot 10^{-3}$ м.

1–3-суреттерде He + R21 – Ar жүйесі үшін әртүрлі қысымдар мен бастапқы концентрациялар кезінде уақыт бойынша диффузиялық және конвективтік араласуды сипаттайтын сандық эксперимент нәтижелері көрсетілген.1–3-суреттерде He + R21 – Ar жүйесі үшін әртүрлі қысымдар мен бастапқы концентрациялар кезінде уақыт бойынша диффузиялық және конвективтік араласуды сипаттайтын сандық эксперимент нәтижелері көрсетілген.

Зерттеу нәтижелерін талдау көрсеткендей, жүйедегі механикалық тепе-теңдіктің бұзылуы уақыт өте келе компоненттер концентрациясының таралуының өзгеруіне әкеледі (1-сурет). Бұл изоконцентрациялық сызықтардың қисаюымен дәлелденеді, ол тәжірибе қысымына байланысты уақыт өткен сайын едәуір артады.Нәтижесінде күрделі құрылымды ағын пайда болып, ол үшкомпонентті газ қоспаларындағы тік арналары бойынша изотермиялық диффузияны сүйемелдейтін жалпы массалық тасымалды күшейтеді.



а б в

1 Сурет *Ar жүйесіндегі R21 концентрациясының уақыт бойынша өзгеру динамикасы, 0,6He+0, 4 R21-Ar, p = 5,0 МПа, T = 298,0 K, L = 165·10^{-3} м, r = 3·10^{-3} м: а) t = 3,37 с; б) t = 10,11 с; в) t = 20,22 с*

Осылайша, көпкомпонентті газ қоспаларындағы диффузиялық процесті зерттеу кезінде газдардың араласу режимі – молекулалық немесе конвективтік – қандай болатынын білу қажет. Мұны анықтау не тәжірибе арқылы, ол айтарлықтай күрделі әрі материалдық шығынды, не жұмыста ұсынылған сандық модельдеу әдісімен жүзеге асырылады.

Әдебиеттер:

1. Косов В.Н., Селезнев В.Д. Аномальное возникновение свободной гравитационной конвекции и изотермических тройных газовых смесях. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 149 б.

2. Косов В.Н., Федоренко О.В., Асембаева М.К., Мукамеденқызы В. Смена режимов диффузия-конвекция в тройных смесях с газом-разбавителем // Теоретические основы химической технологии. – 2020. – Т. 54, №2. – Б. 176–184.

УДК 530.12:523.3

СЫНАҚ ДЕНЕЛЕРІНІҢ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ӨРІСТЕРДЕГІ ҚОЗҒАЛЫСЫ КЕЗІНДЕ ЖАЛПЫ САЛЫСТЫРМАЛЫЛЫҚ ЭФФЕКТІЛЕРІН ЗЕРТТЕУ

А. Б. Қалмахан

Абай атындағы қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан.

Ғылыми жетекші:
PhD, аға оқытушы Д. Утепова

Геодезиялық ауытқу теңдеуі (немесе Якоби теңдеуі) — геодезиялық теңдеудің сызықтандырылған түрі көмегімен жүргізілген зерттеулерде [1,2] жер серігінің инерция центрінде орналасқан сынақ бөлшегіне аз ғана бастапқы импульс берілсе, ол екі өзара перпендикуляр жазықтықта — серіктің орбита жазықтығында және оған перпендикуляр бағытта тербеліс жасайтыны көрсетілді. Бұл тербелістердің периодтарының айырмасы

$$\Delta T = T_\theta - T_r \text{ (немесе } T_\phi) = -\frac{3m}{r}T_0, \qquad (1)$$

Альберт Эйнштейннің жалпы салыстырмалылық теориясындағы релятивистік әсерлердің бірі болып табылады және Широков эффектісі [1] деп аталады. Сынақ бөлшектерінің жылдамдығы мен амплитудасының шынайы мәндерін алған жағдайда, бірнеше орбиталық айналымнан кейінгі бұл ығысу шамамен 10^{-6}–10^{-7} см деңгейіне жетуі мүмкін.

Қазіргі уақытта геодезиялық ауытқу теңдеуі дәл түрінде тек Шварцшильд метрикасы үшін ғана шешілген [3-5]. Шварцшильд метрикасы кеңістік-уақыттың дәл сфералық симметриялы болуын болжайды. Алайда нақты астрофизикалық объектілер (нейтрондық жұлдыздар, ақ ергежейлілер) үшін бұл симметрия бұзылады. Осындай жағдайды сипаттау үшін q–метрика қолданылады [6]:

$$ds^2 = \left(1-\frac{2M}{r}\right)^{1+q} c^2dt^2 - \left(1-\frac{2M}{r}\right)^{-1+q} dr^2 - r^2\left(1-\frac{2M}{r}\right)^{q}, \qquad (2)$$

мұндағы q – деформация параметрі, ол сферикалық симметриядан ауытқуды сипаттайды: $q < 0$ болғанда – созылыңқы (prolate), ал $q > 0$ болғанда — сығылған (oblate) геометрияларға сәйкес келеді. m — масса параметрі, ол бақылаушы өлшейтін Арновит–Дезер–Мизнер (ADM) массасы арқылы $M = m(1 + q)$ қатынасымен анықталады

.

Әдебиеттер:

1. M. F. Shirokov, *On One New Effect of the Einsteinian Theory of Gravitation*, *General Relativity and Gravitation*, Vol. 4, No. 2, 1973, pp. 131–138.
2. Hodgkinson, D.E., *A modified equation of geodesic deviation*, General Relativity and Gravitation **3** (1972) 351-375

3. Dennis Philipp, Volker Perlick, Claus Lammerzahl and Kaustubh Deshpande, in Proceedings of 2015 IEEE Metrology for Aerospace (MetroAeroSpace) Conference, IEEE 04-05 June 2015, Benevento, Italy
4. Fuchs, H., Parallel transport and geodesic deviation in static spherically symmetric space-times, Astron. Nachr. 311 (1990) 219-222
5. D. Philipp, D. Puetzfeld, C. Lämmerzahl, "On the applicability of the geodesic deviation equation in General Relativity", to appear in Proceedings of the WE-Heraeus-Seminar "Relativistic Geodesy: Foundations and Applications" (2018)
6. Quevedo, H. *Mass quadrupole as a source of the q–metric. General Relativity and Gravitation,* 22(4), 1990.

УДК 550.3:504

ШҰБАРКӨЛ КӨМІРІ ҚҰРАМЫНДАҒЫ ХИМИЯЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕРДІ РЕНТГЕН ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ

П.Б.Дидарбек, Д.Баймолда

Абай атындағы қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ,Қазақстан.

Ғылыми жетекші:
Физика кафедрасының профессоры Д.Баймолда

Елімізде шығарылатын Шұбаркөл көмірі отын энергетикалық кешенінің басқа секторларының арасында ең жақсы дамыған шикізат болып табылады . Көмірдің баланстық қоры шамамен 33 млрд тоннаны құрайды. Көмір химиялық және полиметалды шикізат ретінде жылу электр станциялары мен металлургия үшін негізгі стратегиялық отын болып табылады.[1]

Бұрын көмір және көмірдің құрамындағы *C, H, O, N, S, Si, Fe, Al, K, Ca, Mg* секілді элементтерді химиялық зерттеу жолымен анықтап келді. Ал көмірдегі микро элементтің құрамы –0.1% не одан да төмен болса онда оны химиялық жолмен зерттеу қиын болар еді. Сондықтан бұл қиындықты шешу жолы ол көмірдің элементтік құрамын ядролық физиканың әдісі болып табылатын рентген флуорецсенция әдісімен зерттеу кең қолданысқа ие болуда. Бұндай зерттеу жұмыстары Еуропаның Германия, Чехия және Польша секілді елдерінде кең түрде қамтылып жүрілуде. [2]

Көмір құрамындағы күкіртті, темірді, күлді және басқадай элементтерді классикалық химиялық әдіспен анықтауда көп мөлшерде химиялық реактивтер және басқадай материалдар қажет етілуімен бірге көп уақыт жұмсалады. Ал, рентген флуорецсенция зерттеу (РФЗ) әдісін қолданған жағдайда тек қана күкірт, темірді ғана емес одан да көп элементті бір мезетте, аса дәлдікпен анықтауға болатындығы бірқатар ғалымдардың жұмыстарында көрсетілді [7,8].

Өзінің экологиялық маңыздылығына байланысты көмір құрамындағы көп зерттеліп, көп жазылған элементтің бірі күкірт (S) болмақ. Көмірдегі күкірттің құрамы жалпы массаның 10–12% аралығында болады [5,6].

Рентген флуореценциялық спектрометр үш негізгі бөліктен тұрады: 1-қоздырушы көз, 2-сынаманы ұстап тұруға арналған шағын аспап 3-Ренген спектромет. Қоздырушы көздің міндеті сынамадағы өзіндік рентген сәлелерін қоздыру болса ал сынаманы ұстағыш аспаптың міндеті зерттеу барысында сынаманы қозғалтпай нақты бір орнында ұстап тұрамыз. Ал Ренген спектрометрі сынамадан шыққан әр түрлі энергиялы немесе әр түрлі толқын ұзындығы бар рентген сәулелерін бір бірінен ажырата отырып зерттейді.[3]

Шұбаркөл көмірі құрамындағы элементтерді рентген флуоресценция әдісімен анықтау Алматы қаласындағы ҚР ҒМ Ядролық физика институтының Ядролық физиканың талдау әдістері зертханасындағы «РЛП-21 жартылай өткізгішті детекторы бар рентген-флуоресцентті энергетикалық дисперсиялық құрылғы»-да жүргізілді. Алдымен көмір арнайы құрылғыда ұнтақталып, дайындалды. Алынған үлгілер қалыпқа салынып, «РЛП-21 жартылай өткізгішті детекторы бар рентгенфлуоресцентті энергетикалық дисперсиялық құрылғысында зерттелді. [3]

Әдебиеттер:

1.Баймолда Д., Чехак Т., Құлбек М., Қалауныден Ә. Золокерамиканың құрамындағы химиялық элементтерді рентген флуоресценция әдісімен зерттеу, Research Reviews,2024

2.Баймолда Д., Ленник С.Г. Қазақстандағы көмір кеніштерінен алынған көмірдің элементтік құрамын анықтауда аналитикалық әдістерді қолдану, Research Retrieval and Academic Letters, №6, 2024.

3. Баймолда Д., Көмірдің химиялық құрамын зерттеуде аналитикалық әдістерді қолдану. Хабаршы-Вестник. Абай атындағы ҚазҰПУ. №2(58), 2017

4.Баймолда Д. Зерттеу жұмысына ренттен флуоресценциялық әдісін қолдану - Алматы,2022.

5. Van Krevelen , D.W., Coal. Elsevier, Amsterdam, 1961.

6. Given, P.H., Miller, R.N., Deter. of forms of sulphur in coals. Fuel, 57,1998

7. Page, D., Piggins, T., Development of an X-ray fluorescence method for on-line determination of sulphur in coal. Int. J. Appl. Radiat. Isot

8. De Kalb, E.X., Fassel.V.A., Energy-dispersive X-ray fluorescence analysis of coal. Proc of ERDA and Gamma Sources and Appl., Univ of Mich. Ann Arbor Conf, 1976

УДК 539.12.04

НЕЙТРОНДЫҚ СӘУЛЕЛЕНУ ӘСЕРІНЕН БЕРИЛЛИЙДІҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ ІСІНУІН ЗЕРТТЕУ

Б.Хасанов

[1]Абай атындағы Қазақ ұлттық университеті Алматы қ., Қазақстан

Ғылыми жетекшісі:
PhD, аға оқытушы В.Н.Жумабекова

Қазіргі таңда ядролық реакторларда қолданылатын материалдарға қойылатын негізгі талаптардың бірі - радиациялық тұрақтылық. Нейтрондарды жұтудың аз қимасы және жоғары баяулатқыш коэффициенті, бастапқы күйіндегі қанағаттанарлық механикалық қасиеттері мен жоғары жылуөткізгіштігі бериллийді ядролық реакторлардың белсенді аймақтарында нейтрондарды баяулатқыш және шағылдырғыш ретінде қолдануға мүмкіндік береді[1]. Жылдам және термоядролық реакторлардың құрылымдық материалдарының жұмыс қабілеттілігін едәуір шектейтін құбылсытардың бірі - радиациялық ісіну. Ол сәулелену барысында көптеген вакансиялық және газдық қуыстардың түзілуі мен өсуі есебінен материалдың көлемінің ұлғаюы және тығыздығының өзгеруі[2]. Вакансиялық қуыстардың пайда болуы нүктелік немесе радиациялық ақаулардың металдың кристалдық торында түзілу нәтижесінде болады. Ең қарапайым нүктелік ақаулар бұл торапаралық атом және вакансия (бос орын). Кристалдық тордағы атом сәулелену әсерінен өз орнын босатып торапаралық атомға ауысады. Осы екі нүктелік ақау жұбын Френкель жұбы немесе Френкель ақауы деп атайды. Алғаш рет мұндай ақаулардың пайда болу механизмі туралы өз гипотезасын Я.И.Френкель ұсынған болатын [3].

Радиациялық ісінудің теориялық модельдерін негізін ақаулардың шоғырлануын сипаттайтын кинетикалық теңдеулер құрайды. Бұл жағдайда радиациялық ақаулардың концентрациясы ісіну жүретін сипаттамалық температураларда $(0{,}2-0{,}6)\mathrm{T}_{б}$ жылулық тепе-теңдіктегі ақаулардың концентрациясынан әлдеқайда жоғары деп болжанады. Вакансиялар мен торапаралық атомдар тор бойымен миграциялай отырып: біріншіден, рекомбинациялануы мүмкін; екіншіден, біртектес ақаулардың шоғырларын түзуі мүмкін; үшіншіден, ақаулардың стоктарына кетуі мүмкін, ал олардың рөлін дислокациялар торы, дислокациялық ілмектер, қуыстар және басқа да созылыңқы ақаулар атқара алады. Демек, торапаралық атомдар мен вакансиялардың концентрациясының өзгеру жылдамдығы олардың түзілу және жойылу жылдамдықтарының айырымына тең болады, бұл мына кинетикалық теңдеулер арқылы сипатталады [4]:

$$\frac{dC_v}{dt} = G - RC_iC_v - C_v\sum_j K_v^j, \quad (1)$$

$$\frac{dC_i}{dt} = G - RC_iC_v - C_i\sum_j K_i^j, \quad (2)$$

мұндағы C_v, C_i– вакансиялар мен торапаралық атомдардың орташа концентрациялары; $G = \sigma_f\varphi$ – еркін миграциялайтын ақаулардың түзілу жылдамдығы (мұнда σ_f – олардың түзілу қимасы, φ – сәулелену интенсивтілігі); $R = 4\pi r_{vi}(D_i + D_v)$ – нүктелік ақаулардың рекомбинация тұрақтысы, мұнда r_{vi}– өзара рекомбинация радиусы, ал $D_{i,v} = D_{i,v}^0 exp(-E_{i,v}^m/kT)$ – торапаралық атомдар мен вакансиялардың диффузия коэффициенттері; k– Больцман тұрақтысы, T –

абсолюттік температура, $E_{i,v}^{m}$– торапаралық атом мен вакансияның миграция энергиясы; $K_{i,v}^{j} = S_{i,v}^{j} D_{i,v}$ — j типті стоктармен нүктелік ақаулардың жұтылу коэффициенті, мұнда $S_{i,v}^{j}$— j типті стоктардың торапаралық атомдар мен вакансияларды жұту қабілетін сипаттайтын шамалар.

Вакансиялық ісіну құбылысымен қатар сәулеленген бериллий құрылымында ядролық реакцияларда жүреді. Нәтижесінде материал көлемінде трансмутациялық газдар жиналады, бериллийде жиналатын негізгі трансмутациялық газ бұл гелий. Тұрақты гелий көпіршіктерінің пайда болуына алып келетін реакциялар:

$$^{9}\mathrm{Be}(n_{fast}, 2n)^{8}Be \rightarrow 2 * {}^{4}He \quad (3)$$

$$^{9}\mathrm{Be}(n_{fast}, \alpha)^{6}He \rightarrow {}^{6}Li(n_{therm}, t)^{4}He \quad (4)$$

(3)-ші реакцияда бериллий-9 изотопы нейтрон әсерінен екі нейтрон және бериллий-8 изотопын құрайды. Бериллийдің 8-ші изотопы тұрақты емес $T_{i/2} = 10^{-16} c$ және ол екі гелий атомына ыдырайды. Шекті энергиясы E_n>0,71 МэВ бар (n, α) (4) реакциясы барысында түзілген ^{6}He тұрақсыз болып ^{6}Li айналады.

Li^{6} ядросы нейтрон жұтқан кезде, мына реакция өтеді

$$Li^{6} + n \rightarrow He^{4} + H^{3} + 4{,}78\ МэВ \quad (4.1)$$

Изотоп H^{3} үлкен жартылай ыдырау кезеңі бар ($T_{i/2} = 12.26$ жыл [5]), осыған байланысты оның өте аз бөлігі He^{3}-ге айналады, изотоп He^{3} оның пайда болуына қарай, реакция бойынша тритийге тез айналады. Осы трансмутациялық газдар материал көлемінде сәулелену нәтижесінде пайда болатын нүктелік ақаулардың, олар шоғырланған аумақтары - көлемдік ақаулардың тұрақталуына көмектеседі. Бұл құбылыс бериллийдің радиациялық ісінуін зерттеу барысында ескерілуі маңызды.

Әдебиеттер:

1. Р.Н. Латыпов «Исследование влияния реакторного облучения и после реакторного отжига на теплопроводность металлического бериллия» // Сборник ДНЦ ПО АТН РФ «Новые технологии для энергетики, промышленности и строительства», 2000 г., Выпуск 3, часть 1, б. 83-88.

2. Углов.ВВ «Радиационные эффекты в твердых телах» учебная пособие. Минск: БГУ, 2011. б. 207

3. Николаева Е.П. Кошелева Н. Н. «Точечные дефекты в кристаллах» учебная пособие. - Воронеж: ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", 2016.

4. Иванов Л.И., Платов Ю.М. «Радиационная физика металлов и ее приложения». М.: Интерконтакт Наука, 2002. 300 б.

5. Эмсли, Д. Элементы [Текст] /Д. Эмсли. - М.: МИР; 1993. – б. 256

УДК 536.75

$He - CO_2$ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ГАЗДАРДЫҢ ӨЗАРА ДИФФУЗИЯ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІНІҢ ӘРТҮРЛІ ТЕМПЕРАТУРАҒА ТӘУЕЛДІЛІГІ

Н.М. Асқаров[1], Ұ.Ж. Сарман[1], Д.С. Лесбай[2]

[1]Абай атындағы ҚазҰПУ, Алматы қ., Қазақстан
[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Ғылыми жетекші:
ф.-м.ғ.к., қауым. проф., Асембаева М.Қ.

Газдардың өзара диффузиясы ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында маңызды рөл атқаратын физикалық құбылыс. Ол екі немесе одан да көп газдық компоненттердің концентрациясы мен температурасы әртүрлі болған жағдайда өзара араласу процесін білдіреді [1]. Бұл құбылысты зерттеу газдық ортадағы диффузия мен араласу үдерістерін түсінуге мүмкіндік береді және ол өнеркәсіпте, химиялық инженерияда, атмосфералық ғылымдарда және басқа да салаларда практикалық маңызға ие.

Өзара диффузия коэффициенттері (D_{12}) — бұл екі газдың немесе екі компоненттің бір-біріне ену (араласу) жылдамдығын сипаттайтын физикалық шама. Яғни, бір газ молекулаларының екінші газдың ішіне таралу қарқындылығын көрсетеді.

Өзара диффузия коэффициенттерін тәжірибелік өлшеу әдісі стационарлық (тұрақты) әдіске негізделген: бір газ екіншісіне баяу еніп, концентрацияның уақыт бойынша өзгерісін бақылайды; Фик заңы арқылы есептеледі:

$$J = -D_{12}\frac{dc}{dx}$$

мұндағы,

J — диффузиялық ағын (моль/(м²·с)); D_{12} — өзара диффузия коэффициенті; $\frac{dc}{dx}$ — концентрацияның градиенті;

Бұл теңдеу диффузияның концентрация айырмасы есебінен жүретінін көрсетеді. Чепмен–Энског әдісі (1) газ немесе сұйықтық молекулаларының өзара әрекеттесуін сипаттауға және олардың топтық қозғалысын талдауға жүйелі тәсіл [2]. Бұл әдіс Кнудсен саны (kn) немесе Макс саны (ma) деп аталатын шағын өлшемсіз параметр бойынша молекулалардың жылдамдық бойынша қатарға таралу функциясының ыдырауына негізделген.

$$[D_{12}]_1 = \frac{1.858*10^{-3}*\left[T\frac{(M_1+M_2)}{M_1M_2}\right]^{\frac{1}{2}}}{N_{1,2}k\sigma_{1,2}^2\,\Omega_{1,2}^{1,1}} \qquad (1)$$

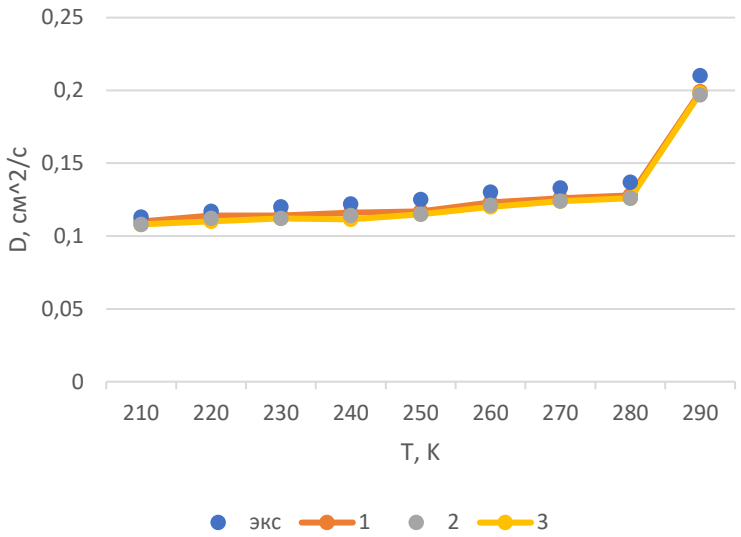
Энскогтың тығыз газдар әдісін бинарлы қоспалар жағдайында Торн қорытады, мұнда f шамалары бірге біртекті молекулалар мен гетерогенді молекулалар арасындағы соқтығыстарға сәйкес келетін f1, f2, f3 үш шаманы көрсетеді. Келесі теңдеу көрсетілген:

$$f_{12} = 1 + \frac{2}{3}\pi\rho_1\sigma_1^3\left(\frac{\sigma_1+4\sigma_2}{4\sigma_1+4\sigma_2}\right) + \frac{2}{3}\pi\rho_2\sigma_2^3\left(\frac{(4\sigma_1+\sigma_2}{4\sigma_1+4\sigma_2}\right) \quad (2)$$

$$D_{12} = \frac{[D_{12}]_1}{f_{12}} \quad (2/)$$

Есептеулер көрсеткендей, Чепмен-Энског формуласы мен Энског-Торн формуласы (2) әртүрлі нәтиже береді (5% айырмашылық). Біз есептеулерде жиі қолданылатын Леннард-Джонс (3) формуласын алдын ала талдаусыз қолданамыз[3].

$$D_{12} = D_0\frac{\rho_0}{\rho_{12}} \quad (3)$$



1-сурет. $He - CO_2$ жүйесіндегі D_{12} температураға тәуелділігі, P = 0,306 МПа

Жұмыс барысында температураға тәуелділікті зерттеу жүргізілді, онда гелий – көмірқышқыл газы жүйелерінде газдардың өзара диффузия коэффициентінің температуралық тәуелділігі қарастырылды. Кейбір табиғи көмірсутекті газ қоспалары үшін ауадағы диффузиялық процестердің есебі 212,1–298,6 К температура аралығында және P = 0,303 МПа қысымында жүргізілді. Бұл коэффициент екі газдың араласу жылдамдығын сипаттайды: неғұрлым үлкен болса — газдар соғұрлым тез араласады.

Осылайша, есептелген ӨДК және газдардың температуралық тәуелділіктерінің дәрежелік көрсеткіштері ауадағы компоненттердің массалық алмасу процестерін сипаттауда анықтамалық мәлімет ретінде қолданылуы мүмкін. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде анықталғандай, күрделі газ қоспаларында барлық газдардың диффузия кезіндегі мінез-құлқы туралы мәліметтер олардың диффузиялық қабілеттерін дұрыс бағалау үшін қажет.

Әдебиеттер:

1. Ю.И. Жаврин, В.Н. Косов, М.К. Асембаева, И.В. Поярков, О.В. Федоренко. Влияние концентрации на температурные зависимости эффективных коэффициентов диффузии. Известия НАН РК. Серия физ.-мат. – 2009. – № 3(277) – С. 41-47.
2. М.Қ. Асембаева, Г.М. Нұржұма, А. Мұсаханова. Құрамында әртүрлі концентрациялы сутегі, азот және метан газ жүйелерінің эффективтік диффузия коэффициенттерінің температуралық тәуелділігі. Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ хабаршысы. Ғылыми журнал. №2(102). Алматы, март 2014, 357б.
3. Жаврин Ю.И., Косов В.Н., Поярков И.В., Федоренко О.В., Асембаева М.К. Температурные зависимости эффективных коэффициентов диффузии продуктов сгорания метана, пропана и бутана в воздухе. Вестник КазНУ, Серия физическая. 2011. – № 2(36) – С. 71-75.

УДК 536.7; 536.75

$H_2 + CO_2 - N_2$ ГАЗ ҚОСПАСЫНЫҢ “ДИФФУЗИЯ-КОНВЕКЦИЯ” ШЕРАКАСЫНДАҒЫ ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕР

Н.М. Асқаров[1], Е.М. Орынбай[2], Ж.Қ. Сейтомарова[2]

[1]Абай атындағы ҚазҰПУ, Алматы қ., Қазақстан
[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Ғылыми жетекші:
ф.-м.ғ.к., қауым. проф., Асембаева М.Қ.

Газ қоспасының “диффузия-конвекция” шекарасындағы изотермиялық ерекшеліктері – жылуфизика мен массаалмасу теориясындағы маңызды зерттеу тақырыптарының бірі. Бұл құбылыс газдардың кеңістікте таралуы кезінде бір мезгілде диффузиялық (молекулалық) және конвективтік (макроскопиялық ағын) процестердің қатар жүруін сипаттайды.

Диффузиялық және конвекциялық процестер газ қоспаларын тазарту және тасымалдаумен байланысты әртүрлі өндірістік процестер үшін маңызды. Диффузиялық немесе конвективтік араластыруға негізделген көпкомпонентті газ қоспаларын тазартудың әртүрлі тәсілдері энергия тиімділігін дамытудағы негізгі мақсаттарды анықтайды [1]. Араластыру режимдері механикалық тұрақсыздықтың болуымен анықталады, нәтижесінде концентрация конвекциясынан туындаған нақты ағын режимі пайда болуы мүмкін, бұл өз кезегінде қоспаның араласу жылдамдығына әсер етеді.

Диффузиялық араласу режимдерін зерттеудің негізгі ерекшеліктері:

- Изотермиялық шарт – жүйеде температура тұрақты, яғни жылу ағыны жоқ. Бұл жағдайда тек масса тасымалы жүреді, ал температураның градиенті жоқ.
- Диффузиялық тасымал – газ қоспасындағы компоненттердің концентрация градиенті әсерінен молекулалардың бір бағытта орын ауыстыруы.

➢ Конвективтік қозғалыс – қысым, тығыздық немесе сыртқы күш әсерінен газдың макроскопиялық қозғалысы. Мысалы, ауыр және жеңіл компоненттердің тығыздық айырмашылығы табиғи конвекцияға себеп болуы мүмкін.

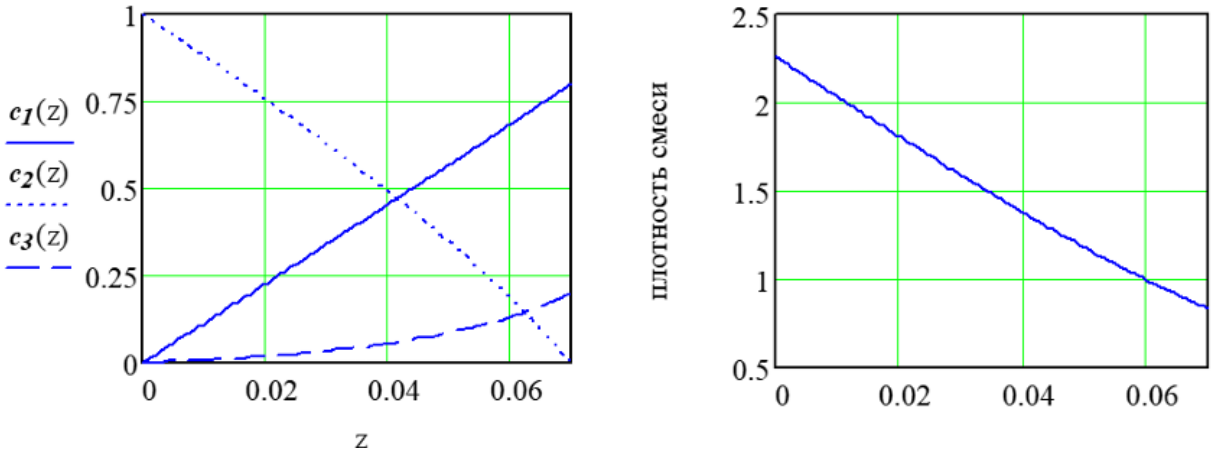
➢ Шекаралық қабаттағы тепе-теңдік – “диффузия-конвекция” аймағында екі процестің ара қатынасы белгілі бір тепе-теңдік жағдайын тудырады. Бұл аймақтағы молекулалар қозғалысы күрделі сипатқа ие.

➢ Математикалық сипаттама – мұндай процестерді сипаттау үшін Навье-Стокс теңдеулері мен масса алмасу теңдеулерінің жүйесі, Фик заңы қолданылады.

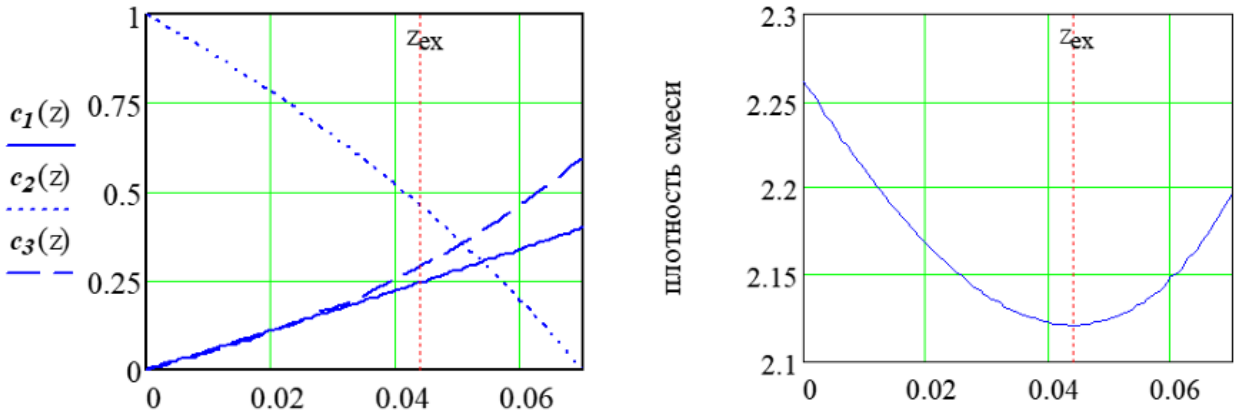
Диффузиялық тұрақсыздықтың пайда болуына қоспаның ауыр компонентінің бастапқы құрамы әсер етеді. Бұл құбылысты зерттеу үшін $H_2 + CO_2 - N_2$ жүйесін қарастырамыз. Есептеу ауыр компоненттің әртүрлі бастапқы құрамы үшін, сондай-ақ p = 0,2 МПа, T = 293,0 К, L = 70 × 10^{-3} м және $r = 2 \times 10^{-3}$ м үшін орындалды.

CO_2 компонентінің аз құрамында концентрация мен тығыздықтың сызықтық таралуы байқалады, бұл диффузиялық процеске сәйкес келеді (1-сурет).

Алайда, CO_2 жоғары мольдік мөлшерінде концентрациядағы сызықтықтан ауытқу байқалады, мұны екінші суретте көруге болады. Бұл ретте тығыздықтың таралуы сызықты емес, механикалық тепе-теңдіктің тұрақсыздығы, кейіннен конвективті токтардың пайда болу мүмкіндігін болжайды.



1-сурет. T = 298,0 К және p = 0,2 МПа кезінде 0,8 H_2 + 0,2 CO_2 − N_2 үш компонентті қоспасы үшін құрамдас концентрациялардың және тығыздықтың үлестірімі



2-сурет. T = 298,0 К және p = 0,2 МПа кезіндегі $0{,}4H_2 + 0{,}6CO_2 - N_2$ үш компонентті қоспаның құрамдас концентрацияларының және тығыздығының таралуы

Осылайша, CO_2 құрамы аз болғанда диффузиялық араласу байқалады, ал қоспаның ауыр компонентінің концентрациясының жоғарылауымен тұрақсыз күйдің пайда болу ықтималдығы артады деп қорытынды жасауға болады.

Осылайша, жүргізілген сандық зерттеулер көмірқышқыл газы бар үш компонентті қоспалардағы диффузиялық араласу диффузиялық арна бойынша құрамдас концентрация мен тығыздықтың сызықты емес таралуының пайда болуымен сипатталатынын көрсетті. “Диффузия-конвекция” режимінің өзгеруі, сондай-ақ конвективті ағындардың пайда болуы үш компонентті газ қоспасындағы ауыр компоненттің бастапқы мөлшерінен, қысымның өзгеруінен және қоспаның тығыздығының инверсиясынан туындайды.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы: химиялық реакторлардағы газ фазасының тасымалы; атмосфералық процестер (газдардың вертикальды таралуы); газды тазалау және бөлу технологияларында көрініс табады.

Әдебиеттер:

1. Kossov, V., Asembaeva, M., Fedorenko, O., Meirambekuly, E. Peculiarities of mixing of some multicomponent gas mixtures containing carbon dioxide under the conditions of the diffusion – convection transition in vertical channels //Heat Transfer Research, 2025, 56(17), p. 57–66.

УДК 539.172.4

ЖЕҢІЛ ЯДРОЛАРДАҒЫ РЕЗОНАНСТЫҚ ЖӘНЕ БАЙЛАНЫСҚАН КҮЙЛЕРДІ ЗЕРТТЕУ

[1]Г.Н. Жусупова.

[1]Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

Ғылыми жетекші:
ф.-м.ғ.к., аға оқытушы В.О.Курмангалиева

Қазіргі ядролық физикада жеңіл ядролардың энергетикалық спектрін, резонанстық және байланысқан күйлердің қасиеттерін зерттеу атом ядросының ішкі құрылымын терең түсінудің негізі болып табылады. Бұл зерттеулер ядролық күштердің табиғатын, олардың қашықтыққа тәуелді сипатын және нуклондар арасындағы корреляциялық байланыстарды айқындауға бағытталған.

Жеңіл ядролардағы резонанстық күйлер — ядроның қозған күйінің энергиясы бөлшектердің кинетикалық энергиясына сәйкес келгенде байқалатын өтпелі, қысқа өмір сүретін күйлер. Мұндай күйлердің энергиясы мен ені ядролық реакциялардың қимасын өлшеу арқылы анықталады және ядроның ішкі құрылымдық параметрлерін сипаттайды. Ал байланысқан күйлер — жүйедегі бөлшектердің өзара әсер энергиясы теріс мәнге ие болғанда қалыптасатын тұрақты күй, яғни ядроның негізгі күйі мен төменгі қозған деңгейлері болып табылады.

Теориялық тұрғыда мұндай күйлерді сипаттау үшін кванттық механикалық потенциалдық модельдер, мүшелік толқын әдісі, сондай-ақ R-матрицалық формализм қолданылады. Бұл тәсілдер ядролық реакциялардың энергияға тәуелді сипатын, спин-параметрлерін және байланыс энергияларын жоғары дәлдікпен есептеуге мүмкіндік береді. Олардың ішінде:

– Потенциалдық модельдер (мысалы, Вудс–Саксон потенциалы) ядроішілік күштерді феноменологиялық түрде бейнелейді;
– Мүшелік толқындар әдісі (partial wave analysis) ядролық реакциялардың бұрыштық және энергияға тәуелді сипатын зерттеуге мүмкіндік береді;
– R-матрицалық формализм ядролық реакциялардың резонанстық параметрлерін ($E_р$, Г) нақты анықтауға және эксперименттік деректермен сәйкестендіруге тиімді.

Соңғы жылдары теориялық есептеулерде көп денелі кванттық модельдер, кластерлік құрылымдық тәсілдер және жасанды интеллект элементтерімен толықтырылған есептеу әдістері кеңінен қолданылуда. Бұл тәсілдер ядроішілік корреляцияларды дәлірек сипаттап, эксперименттік нәтижелермен жоғары сәйкестік алуға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері ядролық күштердің энергияға тәуелді сипатын нақтылауға, ядроішілік корреляцияларды есептеудің жаңа тәсілдерін жетілдіруге және термоядролық реакциялардың астрофизикалық үлгісін құруға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер:

1. Lane, A.M., Thomas, R.G. R-Matrix Theory of Nuclear Reactions. Rev. Mod. Phys., 30(2), 257–353 (1958).

2. Blatt, J.M., Weisskopf, V.F. Theoretical Nuclear Physics. New York: Springer, 1979.
3. Назаров К.А. Ядролық физика негіздері. – Алматы: Қазақ университеті, 2021.
4. Bethe, H.A. Nuclear Physics B. Rev. Mod. Phys., 9(2), 69–244 (1937).
5. Тлеуханова А.А., Оспанов А.К. Қазіргі ядролық физика және астрофизика мәселелері. – Алматы: ҚазҰУ, 2020.
6. Калжигитов Н., Курмангалиева В.О. Исследование энергетических состояний легких ядер методом R-матрицы. // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия физико-математическая. – 2022. – №3(339). – С. 45–52.

УДК 524.3-54

ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ SAKURAI (V4334 SGR)

А.Р.Сейдалиева[1]

[1] КазНПУ им. Абая, г.Алматы, Казахстан

Научный руководитель:
PhD, и.о.асс.профессор Д.М.Насирова

Объект Сакураи (V4334 Sagittarii) — уникальная звезда в созвездии Стрельца, представляющая собой центральную звезду древней планетарной туманности, пережившую феномен «очень позднего термального импульса». Этот редкий эволюционный процесс был обнаружен благодаря вспышке яркости, зарегистрированной в феврале 1996 года японским астрономом-любителем Юкио Сакураи (рисунок 1) [1].

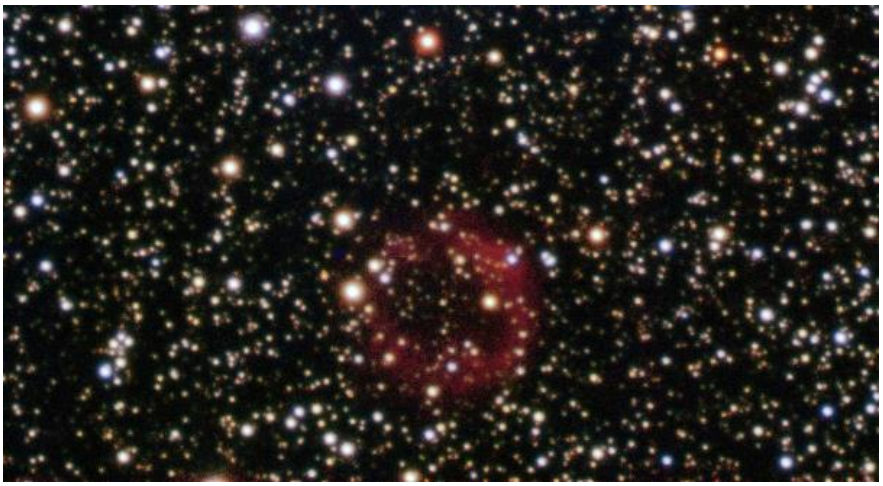


Рисунок 1 – Sakurai’s Object в инфракрасном диапазоне (данные Gemini Observatory / NOIRlab) [2]

Главная особенность объекта заключается в том, что он пережил очень поздний термальный импульс — стремительный всплеск термоядерного горения гелия во внешнем слое белого карлика. В результате этих процессов звезда буквально «возродилась», вновь став холодным углеродистым гигантом, хотя по своей природе она уже завершила жизненный путь. После вспышки произошёл мощный выброс внешних слоёв, обеднённых водородом, но богатых углеродом и тяжёлыми элементами. Выброшенная материя быстро конденсировалась в плотную пылевую оболочку, и с конца 1990-х годов объект практически исчез из оптического диапазона, сохранив яркость только в инфракрасных наблюдениях [3].

Сакураев объект является лишь вторым подтверждённым случаем финального гелиевого взрыва за всё время астрономических наблюдений (первый — V605 Aql). Изменения, которые обычно происходят в течение сотен лет, в данном случае наблюдаются в масштабе десятилетий, что делает объект уникальной лабораторией по изучению поздней эволюции звёзд солнечной массы.

Современные исследования с использованием обсерваторий ALMA и Hubble показывают, что вокруг звезды сформировались биполярные выбросы и плотный диск пыли, распространяющиеся со скоростями порядка 1000 км/с. Такая структура свидетельствует о сложных гидродинамических процессах в звёздном остатке и ставит новые задачи перед теорией конвекции и термоядерных импульсов [4].

Таким образом, объект Сакураи представляет собой крайне важный астрофизический объект для наблюдения «в реальном времени» финального этапа жизни звёзд малой массы, а также для изучения синтеза тяжёлых элементов и формирования углеродной межзвёздной пыли.

Литература:

1. European Southern Observatory (ESO). “Sakurai’s Object: A Once-in-a-Lifetime Experience”. Press release No. ESO9619, 7 March 1996. Available at: https://www.eso.org/public/spain/news/eso9619/?lang (accessed 23.10.2025).
2. Википедия. «Объект Сакураи». Русскоязычная Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Объект_Сакураи
3. Van Hoof, P. A. M., Kimeswenger, S., Van de Steene, G. C., Avison, A., Zijlstra, A. A., Guzmán-Ramírez, L., Herwig, F. & Hajduk, M. «The Real-Time Evolution of V4334 Sgr». Galaxies, vol. 6, no. 3, 2018, Article 79. DOI: 10.3390/galaxies6030079.
4. Kerber, F. «SAKURAI’S Object (V4334 Sgr); The evolution of a final helium flash star». Astrophysics and Space Science 275, 91–102 (2001). https://doi.org/10.1023/A:1002756521881

УДК 621

Бес айналмалы кинематикалық жұпты манипулятордың жалпыланған координаттарын анықтау

М. Жұмахан

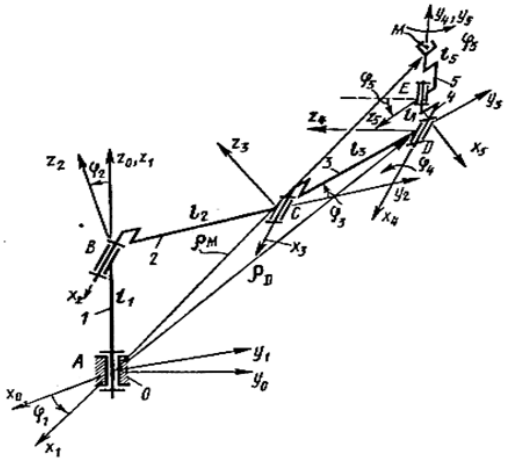
Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті

Ғылыми жетекшкі:
т.ғ.к.,қауым.проф.м.а.Жаменкеев Е. К.

Аннотация. Бұл тақырыпта бес айналмалы кинематикалық жұпты манипулятордың жалпыланған координаттарын MATLAB программасын пайдалана отырып анықтау қарастырылды.

Бес еркіндік дәрежесі бар манипуляторлар өнеркәсіпте кеңінен қолданылады, өйткені нүктелік объектінің еркін қозғалысын жүзеге асыру және цилиндр түріндегі жұмыс құралына берілген бағытты беру үшін бес еркіндік дәрежесі жеткілікті.

Бұл мәселені шешу үшін біз координаттар жүйесін 1-суретте көрсетілгендей етіп механизм буындарымен байланыстырамыз. Ax_0, y_0, z_0 қозғалмайтын координаттар жүйесін тіреушпен байланыстырамыз. z_1 - осін $\boldsymbol{A}$ айналмалы жұбының осімен бағытас ете отырып 1-буынмен Ax_1, y_1, z_1 координаталар жүйесін байланыстырамыз, ал x_1 - осі B айналмалы жұбының осіне параллель. x_2 - осін B айналмалы жұбының осімен бағыттас етіп, ал y_2 осін 2-буын бойымен бағыттай отырып 2-буынмен Bx_2, y_2, z_2 координаталар жүйесін байланыстырамыз. Дәл осылай, Cx_3, y_3, z_3 және Dx_4, y_4, z_4 координаттар жүйелерін сәйкесінше 3 және 4 буындармен байланыстырамыз. y_5 - осін E айналмалы жұбының осі бойымен бағыттай отырып, 5-ші буынмен Ex_5, y_5, z_5 координаталар жүйесін байланыстырамыз.



1-сурет. Бес айналмалы кинематикалық жұптары бар манипулятор

Схемасы 1-суретте көрсетілген манипулятордың жалпыланған координаттарын анықтау үшін, келесі алгоритмді қолдануға болады:

Бұл мәселені шешу кезінде келесі шамаларды берілген деп есептейміз;

- тасымалданатын объектіге және бір уақытта манипуляторды қармауышына (яғни 5-буынға) тиесілі *M* нүктесінің координаттары - x_m, y_m, z_m;

- объектінің және қармауыштың бағдарлауын анықтайтын қозғалмайтын Ex_5, y_5, z_5 координаттар жүйесінің орттарының проекциясы:

$$\vec{\boldsymbol{\imath}}_5=\begin{bmatrix} i_{5x} \\ i_{5y} \\ i_{5z} \end{bmatrix}; \quad \vec{\boldsymbol{\jmath}}_5=\begin{bmatrix} j_{5x} \\ j_{5y} \\ j_{5z} \end{bmatrix}; \quad \vec{\boldsymbol{k}}_5=\begin{bmatrix} k_{5x} \\ k_{5y} \\ k_{5z} \end{bmatrix}$$

буындар ұзындығы: $l_1, l_2, l_3,\ l_3,\ l_4,\ l_5$.

Манипулятор буындарының салыстырмалы орындарын сипаттайтын $\varphi_1,\ \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5$ жалпыланған координаттарды анықтауымыз керек.

Есепті векторлық әдіспен шешеміз. Қарастырылып отырған схема үшін жазамыз:

$$\vec{\boldsymbol{p}}_M = \vec{\boldsymbol{l}}_1 + \vec{\boldsymbol{l}}_2 + \vec{\boldsymbol{l}}_3 + \vec{\boldsymbol{l}}_4 + \vec{\boldsymbol{l}}_5 \qquad (1)$$

$\vec{\boldsymbol{l}}_1, \vec{\boldsymbol{l}}_2$ и $\vec{\boldsymbol{l}}_3$ векторлары қозғалмайтын координаттар жүйесінің осінде келесі проекцияларға ие болады:

$$\vec{\boldsymbol{l}}_1=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ l_1 \end{bmatrix}; \quad \vec{\boldsymbol{l}}_2=\begin{bmatrix} -l_2 \cos\varphi_2 \sin\varphi_{10} \\ l_2\, cos\, \varphi_2\, cos\, \varphi_{10} \\ l_2\, sin\, \varphi_2 \end{bmatrix}; \quad \vec{\boldsymbol{l}}_3=\begin{bmatrix} -l_3 \cos(\varphi_2+\varphi_3)\sin\varphi_1 \\ l_3\, cos(\varphi_2+\varphi_3)\, cos\, \varphi_1 \\ l_3\, sin(\varphi_2+\varphi_3) \end{bmatrix}$$

$\vec{\boldsymbol{l}}_4$ және $\vec{\boldsymbol{l}}_5$ векторлары бағыттары бойынша y_5 осіне сәйкес келеді; y_5 осінің $\vec{\boldsymbol{\jmath}}_5$ орты белгілі болғандықтан (оның проекциялары белгілі), оларды келесідей анықтауға болады:

$$\vec{\boldsymbol{l}}_4 = l_4\vec{\boldsymbol{\jmath}}_5; \ \ \vec{\boldsymbol{l}}_5 = l_5\vec{\boldsymbol{\jmath}}_5.$$

$\varphi_1,\ \varphi_2, \varphi_3$ бұрыштарын басқару қармауышты (М нүктесін) немесе қармауышта бекітілген объектіні манипулятордың жұмыс кеңістігінде жылжыту үшін пайдаланылуы мүмкін. Осы бұрыштарды анықтаймыз. Жазамыз:

$$\vec{\boldsymbol{p}}_D = \vec{\boldsymbol{p}}_E - \vec{\boldsymbol{l}}_4 - \vec{\boldsymbol{l}}_5; \quad \vec{\boldsymbol{p}}_D = \vec{\boldsymbol{l}}_1 + \vec{\boldsymbol{l}}_2 + \vec{\boldsymbol{l}}_3 \qquad (2)$$

- (1) және (2) теңдеулерден дәл осылай аламыз ***D*** нүктесінің координаталарын анықтау үшін;

$$\begin{aligned} x_D &= x_M - (l_4 + l_5)j_{5x}; \\ y_D &= y_M - (l_4 + l_5)j_{5y}; \\ z_D &= z_M - (l_4 + l_5)j_{5z} \end{aligned} \qquad (4)$$

(2) теңдеуін $\vec{\boldsymbol{\imath}}_0, \vec{\boldsymbol{\jmath}}_0, \vec{\boldsymbol{k}}_0$ қозғалмайтын координаттар жүйесінің тиісті орттарына скаляр көбейту арқылы аламыз:

$$x_D = -[l_2\, cos\, \varphi_2 + l_3\, cos(\varphi_2 + \varphi_3)] \sin\varphi_1\,;$$

$$y_D = [l_2 \cos\varphi_2 + l_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)] \cos\varphi_1 ; \qquad (3)$$
$$z_D = l_1 + l_2 \sin\varphi_2 + l_3 \sin(\varphi_2 + \varphi_3).$$

(3) өрнектің алғашқы екі теңдеуінен мына теңдеуді аламыз:

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = -x_D / y_D \qquad (7)$$

Бұл теңдеудің мына $\varphi_1 = arctg(-x_D/y_D)$ шешімі x_D және y_D мәндерін есепке алмағанда екіұшты ($(-x_D/y_D)$ қатынасының бір мәніне 2π шегінде φ_1 бұрышының екі мәні сәйкес келетіндіктен) φ_1 бұрышы $-\pi < \varphi_1 \le \pi$ шегінде өзгеруі мүмкін делік. Бұл жағдайда (2.10) теңдеуі x_D және y_D мәндеріне байланысты келесі бір мәнді шешімдерге ие болады:

$$\begin{array}{ll}
\varphi_1 = \operatorname{arctg}(-x_D/y_D), & \text{егер } x_D > 0,\ \ y_D > 0; \\
\varphi_1 = -\pi/2, & \text{егер } x_D > 0,\ \ y_D = 0; \\
\varphi_1 = \operatorname{arctg}(-x_D/y_D) - \pi, & \text{егер } x_D > 0,\ \ y_D < 0; \\
\varphi_1 = \operatorname{arctg}(-x_D/y_D), & \text{егер } x_D < 0,\ \ y_D > 0; \\
\varphi_1 = +\pi/2, & \text{егер } x_D < 0,\ \ y_D = 0; \\
\varphi_1 = \pi + \operatorname{arctg}(-x_D/y_D), & \text{егер } x_D < 0,\ \ y_D < 0;
\end{array} \qquad (8)$$

(3) өрнекті квадратқа келтіріп және екінші және үшінші теңдеулерін қосып, аламыз:

$$(y_D/\cos\varphi_1)^2 + (z_D - l_1)^2 = l_2^2 + l_3^2 + 2l_2 l_3 \cos\varphi_3 \qquad (5)$$

Осыдан,

- (6) формула бойынша φ_3 жалпыланған координатаның екі мәнін анықтаймыз;

$$\cos\varphi_3 = \frac{(y_D/\cos\varphi_1)^2 + (z_D - l_1)^2 - l_2^2 - l_3^2}{2l_2 l_3} \qquad (6)$$

- (10) және (11) формулалары бойынша φ_2 жалпыланған координатаның екі мәнін анықтаймыз (φ_3 −тің екі мәні үшін);

$$\sin\varphi_2 = \frac{z_D - l_1}{l_2 + l_3\cos\varphi_3} - \frac{l_3 \sin\varphi_3}{l_2 + l_3\cos\varphi_3}\cos\varphi_2 \qquad (10)$$

$$\cos\varphi_2 = \frac{(z_D - l_1) l_3 \sin\varphi_3 - (x_D/\sin\varphi_1)(l_2 + l_3\cos\varphi_3)}{l_2^2 + l_3^2 + 2l_2 l_3 \cos\varphi_3} \qquad (11)$$

- (12) - (15) формулалар бойынша берілген Ex_5, y_5, z_5 координаттар жүйесі орттарының проекциялары бойынша [(2.25) шарттарын

$$\vec{\boldsymbol{n}} = \vec{\boldsymbol{j}}_3 \times \vec{\boldsymbol{j}}_5 = \left(j_{3x}j_{5z} - j_{3z}j_{5y}\right)\vec{\boldsymbol{i}}_0 + \left(j_{3z}j_{5x} - j_{3x}j_{5z}\right)\vec{\boldsymbol{j}}_0 + \left(j_{3x}j_{5y} - j_{3y}j_{5x}\right)\vec{\boldsymbol{k}}_0 \quad (16)$$

$$j_{3x}j_{5y} - j_{3y}j_{5x} = 0 \qquad (17)$$

ескере отырып] φ_4 және φ_3 жалпыланған координаттары анықталады.

$$cos\,\varphi_4 = \frac{\vec{j}_3 \cdot \vec{j}_5}{|\vec{j}_3| \cdot |\vec{j}_5|} = j_{3x}j_{5x} + j_{3y}j_{5y} + j_{3z}j_{5z} \quad (12)$$

$$sin\varphi_4 = \frac{|\vec{j}_3 \times \vec{j}_5|}{|\vec{j}_3| \cdot |\vec{j}_5|} = \left[\left(j_{3x}j_{5z} - j_{3z}j_{5y}\right)^2 + (j_{3z}j_{5x} - j_{3x}j_{5z})^2 + \right. \quad (13)$$
$$\left. + \left(j_{3x}j_{5y} - -j_{3y}j_{5x}\right)^2\right]^{1/2}$$

$$cos\,\varphi_5 = \frac{\vec{i}_4 \cdot \vec{i}_5}{|\vec{i}_4| \cdot |\vec{i}_5|} = i_{4x}i_{5x} + i_{4y}i_{5y} + i_{4z}i_{5z} \quad (14)$$

$$sin\varphi_5 = \frac{|\vec{i}_4 \times \vec{i}_5|}{|\vec{i}_4| \cdot |\vec{i}_5|} = \left[\left(i_{4y}i_{5z} - i_{4z}i_{5y}\right)^2 + (i_{4z}i_{5x} - i_{4x}i_{5z})^2 + \right. \quad (15)$$
$$\left. + \left(i_{4x}i_{5y} - -i_{4y}i_{5x}\right)^2\right]^{1/2}$$

Компьютерлік бағдарламаны пайдаланып есептеу нәтижесінде жалпыланған координаттардың келесі мәндерін аламыз (град):

Варианты	$\boldsymbol{\varphi_1}$	$\boldsymbol{\varphi_2}$	$\boldsymbol{\varphi_3}$	$\boldsymbol{\varphi_4}$	$\boldsymbol{\varphi_5}$
1	- 33,690	-14,342	108,210	176,133	-33,690
2	-33,690	93,867	-108,210	-75,657	-33,690

Әдебиеттер:

1. Фролов К.В., Воровьев Е.И Механика промышленных роботов, 1988. 1056с.
2. Г. Хомченко Робототехническое системы, 2016. 195с.

ОӘК 14.25.09

ФИЗИКА ПӘНІН ОҚЫТУДА ИНТЕРБЕЛСЕНДІ ӘДІС-ТӘСІЛДЕРДІ ҚОЛДАНУ

[1]Д.З. Шафигуллина, [2]Д. Пернебекқызы, [3]А. Исатай

[1]Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті

Ғылыми жетекші:
PhD, қауымдастырылған профессор м.а. Ақжолова Ә.Ә.

Білім беру саласында Еліміздің дамуындағы жаңа кезең «жаһандық білім беру кеңістігіне интеграцияланған және әлемдік еңбек нарығында бәсекеге қабілетті мамандар даярлауды қамтамасыз етудің ұлттық моделін қалыптастыруға» бағытталған.

Бүгінгі білім берудің негізгі міндеттері – білім алушыны белгіленген білім жиынтығымен қаруландыру ғана емес, оның өмір бойы оқу, командада жұмыс істеу, рефлексивті өзін-өзі ұйымдастыру негізінде өзін-өзі дамыту қабілетін қалыптастыру. Аталған дағдыларды қалыптастыруда кез-келген білім беру үдерісінде интербелсенді әдіс-тәсілдерді қолданудың маңызы зор. Ал физика бағытында бұл әдістер проблемалық оқыту әдісімен ұштасып жатыр. Бұл технологияның өзектілігі оқу қызметіне мотивацияның жоғары деңгейін дамытумен, білім алушылардың зерттеушілік құзіреттіліктерін дамыту, яғни туындаған қайшылықтарды шешу, сабақ барысында проблемалық жағдайларды жасау кезінде мүмкін болады.

Енді оқу үдерісіндегі интербелсенді сабақтарға тоқтала кетсек. Интербелсенді әдістер мен тәсілдерді физика сабақтарында қолдану - білім алушылардың белсенді әрекеттерін танымдық үдеріске айналдырады.

Өзімізге белгілі интербелсенді сабақтарда ақпарат дайын күйінде берілмейді, тақырыпты дамытуға, тереңдетуге бағытталады, диалог түрінде өтеді, білім алушылардың бірлескен жұмысы қолданылады және кері байланыспен аяқталады. Сондай-ақ, интербелсенді сабақ білім алушының қандай да бір тақырып немесе мәлімет бойынша бірлескен әрекеттер негізінде (топтық пікір алмасу, талқылау, пікірталас, ой қозғау, т.б.) білім алушыларда өзіндік пікір мен көзқарас қалыптастыруға бағытталады. Бұл сабақтардағы негізгі қағида «беру», «үйрету» емес - *«ұсыну»* болады. Ұсынылған мәлімет бойынша білім алушылар бірлескен белсенді әрекеттер арқылы өздігімен жаңа білім құрастырады. Сонымен қатар, сабақта ой қозғау мен өмірден алынған нақты ситуацияларды талқылау және шешу тәсілдерін қолданған тиімді.

Білім алушылардың белсенді әрекеттері бірлескен жағдайда өтуі керек: берілген тапсырмалар шағын топ немесе жұп қатарында орындалады. Білім алушылар жұптасып (немесе шағын топ құрамында) өз түсініктері мен туындаған ойларымен бөліседі: олардың жаңа білімі мен өзіндік пікірлері осындай ой талқы нәтижесінде пайда болады.

Сабақ кері байланыспен аяқталады. Кері байланыс дегеніміз сабақтың соңында білім алушыларға бірнеше сұрақ қойып, олардың ойларын, қандай сұрақтары мен мұқтаждары бар екендігін, бүгінгі сабақ туралы пікірлері қандай екендігін анықтау. Бұл жауаптар алдағы сабақтарды жоспарлауда қолданып, келесі сабақты білім алушылардың пікірлері негізінде құрастыруға бағыттайды.

Қазіргі таңда физика сабақтарында қолданылатын интербелсенді сабақ түрлері 1-кестеде келтірілген.

1-кесте. Физика сабақтарында қолданылатын интербелсенді сабақ түрлері

Интербелсенді сабақ түрі	Сипаттама	Қосымшалар
Проблемалық сабақ	Тақырып бойынша бір-біріне қарама-қарсы пікірлер мен көзқарастар немесе қалыптасқан түсінікке қайшы теориялар келтірілуі.	PhET Interactive Simulations - физика бөлімдері бойынша интерактивті модельдеу. GeoGebra, Algodoo - физикалық процестерді модельдеу. Stellarium - астрономияны меңгеруге арналған виртуалды планетарий. NASA Eyes on the Solar System - ғарыш объектілерінің қозғалысын бейнелеу. Видео эксперименттер (YouTube, Khan Academy, OpenScience) – күрделі эксперименттерді көрсету. Prezi, Canva, Microsoft Sway - интерактивті презентациялар жасау. Mentimeter, Kahoot, Quizizz - онлайн-викториналар.
Визуализациялау сабағы	Тақырып бойынша бейнефильмдерді қарау және талқылау, арнайы бағдарламар арқылы модельдерді пайдаланып күрделі құбылыстарды түсіндіру.	
Пікірталас сабағы	Күрделі немесе жан-жақты қарастырылмаған, әрі сан алуан шешімдері бар, көптеген сұрақтар туғыздыратын өзекті теориялық және практикалық проблемалар талқыланады.	
Консультация сабағы	Талқылау, кеңесу, кеңес беру арқылы өткізу.	
Пресс-конференция сабағы	Сабаққа бір немесе бірнеше мұғалімдер, мамандар (ғалымдар) шақырылып, олар сабақтың тақырыбы бойынша білім алушылардың сұрақтарына жауап береді.	
Конференция сабағы	Бір жақтың сұрақтар қойып, екінші тараптың жауап беруі арқылы өткізіледі.	
Сұрақ-жауап-пікірталас сабағы	Мұғалім сабақ алдында алдын-ала берілген тапсырмаға сәйкес білім алушылардың сабақтың тақырыбы бойынша жазбаша сұрақтарын жинап алып, сабақты осы сұрақтарға жауап беру форматында жүргізеді.	
Сұрақ-жауап-талдау сабағы	Мұғалім алдымен білім алушыларға тақырып бойынша өз сұрақтарын қояды: сұрақтар білім алушылардың қызығушылығын тудыру үшін проблемалы немесе пікір-таласпен өтеді.	
Қатені түзету сабағы	Мұндай сабақтар білім алушыларды сабақ барысында талдау жасап, шешім қабылдауға және ақпаратты бағалауға бағыттайды.	

Қорыта келгенде, кестеде көрсетілген әдіс-тәсілдерді физика сабақтарында тиімді қолдану білім алушылардың пәнге деген қызығушылығын арттырып, тақырыпты толық түсінуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, білім алушылардың қажетті пәндік құзыреттіліктерінің қалыптасуына әкеледі.

Әдебиеттер:

1. Гаджиева Л. С., Аббасова Г. Д., Ровшан С. Г. Интерактивный метод обучения на уроке физики //Кронос. – 2020. – №. 2 (41). – С. 16-19.

2. Погибельская Н. Б., Погибельский А. П. Применение интерактивных методов на занятиях по физике //Редакционная коллегия. – 2018. – С. 67.

3. Умарова Г. Внедрение интерактивных методов преподавания курса физики и анализ результатов педагогического эксперимента //Namangan davlat universiteti Ilmiy axborotnomasi. – 2023. – №. 8. – С. 772-780.

УДК 52.14

РАСЧЕТЫ И АНАЛИЗ D_{ST} ИНДЕКСА ФЛУКТУАЦИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

А.Р.Сейдалиева[1], Ж.У.Нұрбекова[1]

[1] КазНПУ им. Абая, г.Алматы, Казахстан

Научные руководители:
PhD, асс.профессор университета Д.М.Насирова
PhD, асс.профессор университета Ж.М.Битибаева

Геомагнитные бури — одно из ключевых проявлений солнечно - земных взаимодействий, оказывающих влияние на технические системы и биосферу. Для оценки степени возмущённости магнитного поля используется Dst - индекс, характеризующий изменения магнитного поля, вызванные вариациями кольцевого тока. Расчёт и анализ Dst - индекса позволяют выявить динамику восстановления магнитосферы и определить периоды повышенной геомагнитной активности [1].

В работе представлен анализ расчётов Dst - индекса, характеризующего глобальные флуктуации магнитного поля Земли. Для расчёта Dst - индекса были использованы данные горизонтальной составляющей магнитного поля (H) пяти обсерваторий, расположенных в экваториальной зоне: API (Самоа), ASC (Остров Вознесения), GUA (Гуам), HUA (Перу), TTB (Бразилия) [2].

Исследование проводилось на основе сравнения двух временных интервалов:

Спокойный период: декабрь 2024 года (15 дней), когда геомагнитная активность характеризовалась значением Kp < 3. Декабрь был выбран для определения фонового уровня магнитного поля, необходимого для расчёта отклонений.

Возмущённый период: январь 2025 года (19 дней), когда Kp > 3. Январь использовался для оценки геомагнитных возмущений и их влияния на Dst - индекс.

Таблица 1

Данные горизонтальной компоненты магнитного поля для 5 обсерваторий

Обсерватория	H (спокойный, нТ)	H (текущий, нТ)	ΔH
API	33217.86	33181.17	-36.69
ASC	20192.77	20300.66	107.89
GUA	36003.50	35968.90	-34.60
HUA	24340.47	24229.69	-43.78
TTB	26165.56	26128.95	-36.61

Разность горизонтальной компоненты магнитного поля (ΔH) для каждой обсерватории был расчитан по следуйщей формуле:

$$\Delta H = H_{\text{текущий}} - H_{\text{спокойный}} \quad (1)$$

Dst - индекс рассчитывался на основе разности горизонтальной компоненты магнитного поля (ΔH) между спокойным и возмущённым периодами по следующей формуле:

$$Dst = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(H_{\text{текущая}}i - H_{\text{спокойная}}i\right) \quad (2)$$

Dst – рассчитываемый индекс возмущённости (Disturbance Storm Time), который показывает, насколько изменилось магнитное поле из-за кольцевого тока в магнитосфере.

N – количество обсерваторий, чьи данные используются (в данном случае 5).

Нтекущая – измеренное значение горизонтальной компоненты магнитного поля на i-й обсерватории во время возмущённого периода.

Нспокойная – измеренное значение горизонтальной компоненты магнитного поля на той же i-й обсерватории в спокойный период.

$H_{\text{текущая}}i - H_{\text{спокойная}}i$ – разница между значениями в двух периодах, которая показывает, насколько изменилось магнитное поле в каждой точке измерения.

$1\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(\dots)$ – усреднение этих разностей по всем обсерваториям.

Поскольку $H_{\text{текущая}}$и$H_{\text{спокойная}}$ представляют собой горизонтальную компоненту магнитного поля, оно чаще всего выражается в нанотеслах (нТл). Соответственно, **Dst** тоже получается в нанотеслах, показывая величину изменения магнитного поля из-за кольцевого тока в магнитосфере [3]. (1нТл = 10^{-9}Тл).

Суммируем все значения:

$$(-36.69) + (107.89) + (-34.60) + (-43.78) + (-36.61) = -43.79$$

Находим индекс $\boldsymbol{Dst}$**:**

$$\boldsymbol{Dst} = \frac{-43,79}{5} = -8,76$$

Значение **Dst ≈ -8.76 нТл** указывает на очень слабую геомагнитную активность.

Физическая интерпретация результатов

Индекс Dst (Disturbance Storm Time) отражает уровень глобальной геомагнитной активности, связанной с изменением кольцевого тока в магнитосфере Земли. Отрицательные значения Dst указывают на ослабление магнитного поля во время возмущений. Полученное значение Dst ≈ – 8,76 нТл соответствует слабой геомагнитной активности, не переходящей в фазу магнитной бури (бури обычно фиксируются при Dst <–20 нТл). Это свидетельствует о том, что в исследуемый период магнитосфера находилась в фазе восстановления после слабых возмущений. В случае отсутствия новых геомагнитных возмущений в последующие дни можно ожидать дальнейшего роста Dst и возвращения индекса к нормальным значениям (0±5 нТл).

Литература:

1. Дюдкин Д.А**.** Солнечно-земные связи и природные катастрофы. — М.: Т/Т, 2009. — 400 с. — ISBN 5-98457-083-1.
2. http://nuclphys.sinp.msu.ru/magn/magn2.htm
3. INTERMAGNET. Международная сеть магнитных обсерваторий: https://www.intermagnet.org/

УДК 53.043

ON THE INDICATORS AND VARIATIONS OF SOLAR ACTIVITY

[1]A. Maikenov, [1]M.M. Myrzatai

[1] Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

Scientific Supervisor:
PhD, Associate Professor D. Nassirova

Solar activity is commonly understood as the entire set of observable non-stationary phenomena in the Sun’s atmosphere, its radiation in different ranges of the electromagnetic spectrum, and the fluxes of particles with various energies [1, 2].

For the quantitative characterization of solar activity in astrophysics and geophysics, several indices are used [3], based on observations in different radiation ranges and phenomena. The main indices are considered and systematized in Table 1.

Table 1 – Solar activity indices [4]

Index	What it measures	Units	Observation period
Wolf number (R)	Number of sunspots and sunspot groups	dimensionless	since 1700 (regularly)
Group Sunspot Number (GSN)	Number of sunspot groups only	dimensionless	since 1610 (archival data)

Sunspot Area	Total sunspot area on the solar disk	millionths of a solar hemisphere (msh)	since 1874
F10.7	Solar radio flux at 10.7 cm (2800 MHz)	solar flux units (sfu); in SI: 10^{-22} $W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$	since 1947
S-index (Ca II H, K)	Chromospheric activity from Ca II H and K lines	dimensionless	since the 1960s (Mount Wilson)
Mg II index	Ratio of Mg II line intensities (280 nm)	dimensionless	since 1978 (satellites)
X-ray flux (GOES)	Soft X-ray flux (solar flares)	W/m^2	since 1974 (GOES satellites)
Flare Index	Integrated power of solar flares	arbitrary units	since the 1930s
CME Index	Frequency and energy of coronal mass ejections	events/day, energy (J)	since the 1970s (satellites, SOHO)
TSI (Total Solar Irradiance)	Total solar irradiance	W/m^2	since 1978 (satellites)
aa-index	Geomagnetic disturbances caused by the Sun	nT	since 1868
Ap, Kp	Global geomagnetic disturbance level	dimensionless (0–9)	since 1932
Cosmic ray flux (CR flux)	Intensity of galactic cosmic rays (inversely related to solar activity)	particles/$cm^2 \cdot s \cdot sr$	since the 1950s (neutron monitors)

In this work, two solar activity indices are considered in more detail – the Wolf number and F10.7.

The Wolf number was introduced in the mid-19th century by Swiss astronomer R. Wolf. Its main features are the possibility to study solar cycle dynamics, conduct long-term monitoring of solar activity, and establish connections with climatic effects and space weather. It is calculated using the formula:

$$R = k(10g + s),$$

where g – is the number of sunspot groups, s – is the total number of individual sunspots, k - is a correction factor. The range of values varies from 0 (no spots) to about 200 (maxima).

The **F10.7 index** (radio flux at 10.7 cm) was introduced in 1947. It measures the intensity of solar radio emission at a wavelength of 10.7 cm (frequency 2800 MHz). This emission originates in the upper chromosphere and corona of the Sun and correlates well with the sunspot number, UV and X-ray intensities, and solar flare activity. Typical values are: 65–70 sfu at solar minimum and 200–300 sfu at maxima.

This index is one of the main indicators of space weather, widely used in ionospheric and radio communication models, and is convenient for analyzing solar activity in the modern satellite era.

Analysis shows that the Wolf number remains the historically primary indicator, based on visual sunspot observations, whereas F10.7 is a physically more objective and modern index, measured with radio telescopes. The latter is extensively applied in satellite geophysics and practical applications.

References:

5. Kuznetsov V.D. *Cosmic Studies of the Sun*. UFN, 2010, Vol.180, No.9, pp.988–989.
6. A.V. Zasov, E.V. Kononovich. *Solar Flares*. www.astronet.ru
7. Somov B.V. *Physics of Solar Flares. Znanie i Vlast*, 2005, No.2, pp.1–11.
8. Miroshnichenko L.I. *Physics of the Sun and Solar-Terrestrial Relations: A Study Guide*. Edited by M.I. Panasyuk. Moscow: Universitetskaya kniga, 2011. 174 p. ISBN 978-5-91304-191-3. Available at: http://www.biophys.ru/archive/books/miroshnichenko-2011.pdf

ОӘК 14.25.09

ЗЕРТТЕУ ҚҰЗЫРЕТТІЛІГІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДА ФИЗИКАЛЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЕСЕПТЕРДІҢ АЛАТЫН ОРНЫ

А.М.Абдығалым[1], К.М.Түйебай[2], А.А Абикеев.[3]

[1]Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті

Ғылыми жетекші:
PhD, қауымдастырылған профессор м.а. Ақжолова Ә.Ә.

Физика сабақтарында білім алушылардың зерттеу құзыреттілігін қалыптастыруда эксперименттік есептердің маңызы зор. Физика сабақтарында физикалық эксперименттік есептер білім алушыларда бұрын жинақталған физикалық құбылыстар мен процестер туралы түсініктерді қалыптастырады, білім алушылардың ой-өрісін толықтырады және кеңейтеді [1]. Эксперименттік есептер кезінде білім алушылар өз бетінше жүргізетін эксперименттік есептер барысында олар физикалық құбылыстардың заңдылықтарын біледі, оларды зерттеу әдістерімен танысады, физикалық құралдармен және қондырғылармен жұмыс істеуге үйренеді, яғни өз бетінше білім алуды үйренеді. Физика сабағында зерттеу құзыреттілігін қалыптастыру және одан әрі дамыту мүмкіндіктерінің бірі оқытудың зертханалық әдісін қолдану болып табылады. Сонымен қатар, зерттеушілік құзыреттілікті қалыптастыруда эксперименттік есептерді орындау үлкен маңызға ие. Ең алдымен, бұл жерде оқушылардың қызметі оның белсенділігі мен физикалық үрдістер мен құбылыстарды зерттеу кезінде түрлі операцияларды жүзеге асыру дербестігіне байланысты. Сондықтан практикалық іс-әрекеттер эксперименттік есептерде жаңа физикалық обьектілерді мұқият қабылдауды ғана емес, оны терең ұғынуды талап етеді, сонымен қатар теориялық білім мен біліктілікті, дәрістерде және практикалық жұмыстарда игерілген есептеу операцияларын белсенді түрде жаңғыртуды талап етеді. Эксперименттік есепті орындау кезінде жұмыстың нақты мақсаты қойылған міндеттерге сәйкес түр өзгерумен теориялық білімді қайта құру жүргізіледі. Жалпы физиканың әрбір бөлімі бойынша эксперименттік есептердің мақсатын, өлшеу әдістерін және экперименттік қондырғыларды көрсетумен және түсіндірумен ұсыну жалпы қабылданған. Әр тақырып бойынша ұсынылатын әдебиеттер тізімі келтіріледі, орындауға жұмсалатын уақыт көрсетіледі.

Мектептің физика курсындағы эксперименттік есептердің ерекшеліктеріне тоқталайық [2]:

1. Демонстрациялық тәжірибенің жүргізілу тәртібі бойынша оқушылар мұнда пассивті түрде тек бақылаушы рөлін атқарса, зертханалық экспериментке олар белсене қатысып, физикалық құбылыстарды өздері қолымен істеп көріп, өлшеулер жүргізеді, физикалық шамалар мен тұрақтыларды тағайындайды.

2. Эксперименттік есептерді орындау барысында білім алушылар физикалық арнайы құрал-жабдықтармен жұмыс істеуге үйренеді, практикалық маңызын түсінеді, олар арқылы табиғат құбылыстарын біліп-тануға қажетті құрал екендігіне көз жеткізеді.

Мысал ретінде жалпы физиканың эксперименттік есептерінде зерттеу құзыреттілігін қалыптастырудың кейбір мәселелерін қарастырайық. Зерттеу құзыреттілігі субъектінің өзінің танымдық іс-әрекеті процесінде ғана игерілуі мүмкін. Сондықтан оқу процесінде оқушыға қабылдау, түсіну және меңгеру жеткіліктілігін қамтамасыз ететін білім беру көзделеді. Бұл ретте көптеген оқушыларда физикалық процестер мен құбылыстарды бақылау, олардың физикалық қасиеттерін өлшеу, өлшеу нәтижелерін талдау, өлшеу құралдарымен жұмыс істеу дағдылары нашар дамығанын, сондай-ақ өлшеу теориясының негізгі анықтамалары мен ұғымдары және олардың бірлігін қамтамасыз ету туралы білім қалыптаспағанын ескеру қажет. Осы ұстанымдардан эксперименттік есептерде оқушылардың қызметінің құрамында келесі негізгі компоненттерді бөліп көрсетуге болады: бақылау, өлшеу , эксперименталды деректерді статистикалық өңдеу, өлшеу нәтижелерін ұсыну және оларды талқылау. Осы іс-әрекеттің нәтижесінде нақты эксперименттік тапсырманың мақсаттарына қол жеткізуге және міндеттерін шешуге, белгілі бір іс-әрекетті қалай орындау, сондай-ақ зерттелетін процесті сипаттайтын теорияларды меңгеруді қамтамасыз ететін пәндік-тәжірибелік іс-әрекеттерді өңдеуге болады.

Эксперименттік есеп ретінде Архимед заңын зерттеуге мысал келтірейік.

Суы бар ыдыстар, массалары бірдей жүктер (100 гр) және тығыздығы әр түрлі сұйық (су, сұйық май) берілген. Судағы денеге әсер ететін кері итеруші күш Архимед күшін және кері итеруші күш қандай физикалық шамаларға тәуелді екенін анықтау үшін оқушылар пазл арқылы үш топқа бөлінеді.

Бөлінген топтарға үш түрлі тапсырма беріледі.

I топ

1-тапсырма: Су ішінде массасы 100г денеге әрекет ететін ығыстырушы күшті өлшеу (6-сурет)

Жұмыстың барысы:

1. Мензурка көлемімен жүктің көлемін анықтау

2. Дененің өлшеген $V_д$ көлемі мен су $\rho_{су}$ тығыздығы бойынша ығыстырылған су салмағын табу. $P_0= \rho_{су} V_д g$

$V_д=V_2-V_1$

V_1-судың бастапқы көлемі

V_2- дене салынғаннан кейінгі көлемі

3. Денені жіпке байлап, динамометр ілгегіне іліп және оған әрекет ететін ауырлық күшін (дененің ауадағы салмағын) мәнін табыңдар. P-?

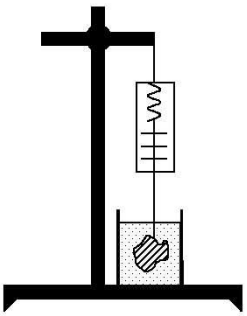
4. Динамометрге ілінген жүкті түгелімен суға батырып, оның су ішіндегі салмағын анықтаңдар. P_1-?

5. Ығыстырушы күш ығыстырылған су салмағына тең бе? Тексеріңдер.

6. Тәжірибені басқа денемен жасау

7. Кестеге алынған мәліметтерді жазу

Жұмысты орындап, есептеулерді реттеп жазып, шыққан қорытындыны тұжырымдай білуге үйретемін.



1-сурет. Ығыстырушы күшті өлшеу

Реті	Дене көлемі, $v_д$, $м^3$	Дене ығыстырған сұйық салмағы $P_о$, Н	Дененің ауадағы салмағы Р, Н	Сұйықтықтағы дене салмағы P_1, Н	Ығыстырушы күш $F_ы = P - P_1$, Н

Оқушылар эксперименттік есепті жасап болған соң өздері қорытынды жасаулары тиіс.

Қорытынды:

Ығыстырушы күш, дене ығыстырып шығарған судың салмағына тең

Сұйықтыққа салынған денеге кері итеруші күш әсер етеді

Эксперименттік есепті орындау барысында білім алушылар физикалық құбылыстарды өздері бақылап, тексеріп көреді; бірнеше рет қайталап жасайды, сандық және сапалық қасиеттерін байқап, өлшейді; өз бетінше қорытынды жасап, физикалық процестерді біліп-тануға және өмірде қолдануға мүмкіндіктерін қарастырады.

Эксперименттік есепті орындауда оқушыларда келесі зерттеу құзыреттілігі қалыптасады [1; 3]:

- тақырып бойынша материалдарды меңгеру, білу;
- танымдық ғылыми әдістерді жұмыс жасауда пайдалана алу;
- эксперименттік есепті жасау алдында қажетті ғылыми әдебиеттермен жұмыс жасай алу;
- зерттеу міндеттерін шеше алу;
- зерттеу кезеңдерін дұрыс орындау;
- тәжірибелік қондырғылармен өздігінен жұмыс жасай алу;
- эксперименттік есепті жасау барысында тез бағдарлану, өңдеудің ең тиімді әдістерін қолдану;
- мәселені тұжырымдау, зерттеу нысанын анықтау, мақсаты мен міндеттерін белгілеу;
- гипотезаны ұсыну және ақыл-ой экспериментін жүргізу;
- тәжірибелік-эксперименттік жұмысты жоспарлау;
- ғылыми танымның теориялық әдістерін қолдану;
- себеп-салдарлық байланыстарды орнату;
- зерттеу нәтижелерін талдау және қорғай алу құзіреттіліктері қалыптасады.

Жоғарыда келтірілген мәліметтерден, эксперименттік есепті орындау барысында оқушылардың әрекеті зерттеуді құрастыру, технологиялық дайындық, зерттеуді орындау, нәтижелерді талдау және өзіндік әрекеттің рефлексиясы кезеңдеріне сәйкес келетінін байқаймыз.

Сондықтан оқушыларда зерттеу құзыреттілігін қалыптастыру мәселесі эксперименттік есептердің дұрыс ұйымдастырылуы және сапалы орындалуымен тікелей байланысты болады.

Әдебиеттер:

1. Молдабекова М.С., Акжолова А.А. Развитие исследовательской компетентности обучающихся по физике при решении профессиональных задач. //Вестник. Серия "Физико-математические науки", №3 (51). - Алматы: КазНПУ имени Абая, - 2015.-178-183 с.

2. Бойкова А.Е. Экспериментальные задачи как средство формирования и развития исследовательских умений учащихся в процессе обучения физике //Дис... канд. пед. наук. – 2012.

3. Воробьева, А.В. Исследовательские компетенции современного школьника // Политематический журнал научных публикация «Дискуссия» [Электронный ресурс] режим доступа: \http://www.journal-discussion.ru/publication.php?id=157

УДК 621

ПНЕВМАТИКАЛЫҚ ЖЕТЕКТІ РОБОТ МОДЕЛІН ҚҰРАСТЫРУ

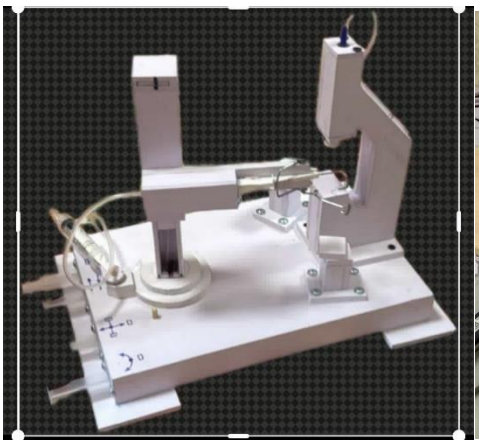
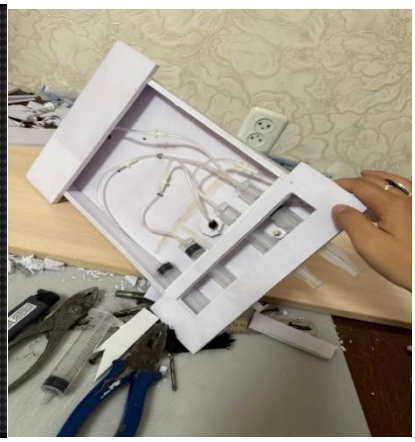
Ж.Умбетьяр, Ж.Оралбаева

Абай атындағы Қазақ ұлттық Педагогикалық университеті

Ғылыми жетекші:
т.ғ.к., қауым.проф.ма. Жаменкеев Е.К.

Аннотация. Бұл мақалада қарапайым материалдарды пайдалана отырып пневматикалық робот моделін жасау және пневматикалық жүйелердің жұмыс істеу принципі түсіндіріледі.

Пневматика – бұл қысылған ауаның немесе сұйықтықтың қысымын механикалық қозғалысқа түрлендіретін жүйе. Көптеген өндірістік роботтарда, зауыт желілерінде және автоматтандырылған құрылғыларда дәл осы пневматикалық немесе гидравликалық жүйелер қолданылады.

Біздің жасаған робот – бұл қолдың немесе қысқыштың қозғалысын қайталай алатын шағын құрылғы. Біз оны шприцтердің көмегімен іске асырдық. Шприцтердің ішіндегі ауа немесе су қысым тудырушы орта ретінде қызмет атқарады. Ал пластик түтікшелер қысымды бір шприцтен екіншісіне жеткізіп тұрады.

Қолданылған материалдар:

- 4–6 дана шприц (10 мл немесе 20 мл);
- Пластикалық жұмсақ түтік (шприцтің ұшына дәл келетін);
- Роботтың қаңқасын жасау үшін картон, фанера немесе пластик тақтайша;
- Желім, скотч, ыстық клей пистолеті;
- Жүйені іске қосуға арналған ауа немесе су.

Жұмыс принципі:

Пневматикалық жүйенің негізгі идеясы – қысымның бір жерден екінші жерге берілуі. Егер біз бір шприцті бассақ, оның ішіндегі ауа түтік арқылы екінші шприцке өтеді. Бұл кезде екінші шприцтің поршені сыртқа қозғалады. Сол қозғалыс роботтың қолын немесе буынын қозғалтады.

Яғни:

- Бірінші шприц – басқару құрылғысы.
- Екінші шприц – қозғалысты шығаратын орындаушы құрылғы (актуатор).

Бұл принцип автомобиль тежегіштерінде, өндірістік манипуляторларда, лифт клапандарында және робот қолдарында қолданылады.

Құрастыру кезеңдері:

1. Роботтың қаңқасын дайындау.

Біз алдымен роботтың негізгі денесін және буындарды картон немесе фанера арқылы құрастырдық. Қаңқа берік және қозғалуға ыңғайлы болуы қажет.

2. Шприцтерді бекіту.

Бір шприц роботтың қозғалатын элементіне (мысалы, қолға), ал екіншісі басқару панеліне орналастырылды. Екі шприцтің арасына пластик түтік жалғанды.

3. Түтіктерді қосу.
Түтік арқылы ауа шықпайтындай етіп бекіту маңызды. Егер ауа кетсе, қысым әлсірейді де, робот дұрыс қозғалмайды.

4. Жүйені сынау.
Басқарушы шприцті ақырын басып, қозғалыстың қатаңдығын, жылдамдығын және қайтарылуын тексердік. Қажет болса түтікті қысқарттық немесе шприцтің орнын жылжыттық.

Нәтиже:

Жасалған пневматикалық робот:

- Қолын жоғары-төмен қозғалта алады;
- Затты қысып ұстай алады;
- Тірек және буындардың қозғалысын түсінуге мүмкіндік береді.

Бұл тәжірибе барысында біз:

- Қысым, күш және орын ауыстыру арасындағы байланысты үйрендік;
- Пневматикалық жүйелердің техникада не үшін кең қолданылатынын түсіндік;
- Өз қолымызбен жұмыс істейтін механизм құру арқылы инженерлік ойлауымызды дамыттық.

Қорытынды:

Пневматикалық роботты шприцтердің көмегімен құрастыру — бұл қарапайым әрі тиімді тәжірибе. Ол пневматикалық жүйелердің негізгі физикалық қағидаларын: қысымның берілуі, оның механикалық қозғалысқа айналуы және қозғалыстың басқарылуын толық көрсетеді. Мұндай жобалар оқушылар мен студенттерге робототехникаға қызығушылықтарын арттыруға, логикалық ойлау, қолмен жұмыс істеу және конструкторлық қабілеттерін дамытуға үлкен мүмкіндік береді.

УДК: 542.73

СКАНЕРЛІК ТУННЕЛДІК МИКРОСКОПТЫ ЗЕРТТЕУ ЖҰМЫСЫНА ҚОЛДАНУ

Қ.Н.Жұмабай, А.А. Даулетжан.

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: kymbat041204@icloud.com, ayazhandauletzhan005@gmail.com

Ғылыми жетекші:
PhD, профессор Баймолда Д

Сканерлік туннелдік микроскоп (СТМ) – бұл заттың беткі қабатындағы жеке атомдардың бейнесін алуға мүмкіндік беретін аса жоғары дәлдіктегі аспап. СТМ жұмысы туннельдік эффектке

негізделген: өткізгіш ұш пен зерттелетін үлгінің беті арасында шамамен бірнеше ангстрем (10^{-10} м) қашықтық сақталғанда, электрондар вакуумдық саңылау арқылы туннельденеді. Осы кезде ұш пен үлгі арасындағы туннельдік ток үлгінің беткі потенциалына және арақашықтыққа өте сезімтал болады. Бұл токтың шамасын өлшеу арқылы әрбір атомның орнын анықтауға мүмкіндік туады.

СТМ арқылы алынған деректер наномасштабтағы құрылымдарды, яғни өлшемі бірнеше нанометрге дейінгі нысандарды зерттеуге қолданылады. Мұндай әдіс материалтану, физика, химия және биология салаларында кеңінен пайдаланылады.

Құрылғының негізгі бөлігі — өткір металл ұш (көбінесе вольфрам немесе платина-иридий қоспасы). Бұл ұш үлгі бетіне өте жақын орналастырылады және дәл пьезоэлектрлік жетектер арқылы үш бағытта (x, y, z) қозғала алады. Үлгі мен ұш арасындағы туннельдік ток тұрақты сақталып тұратындай етіп, ұштың биіктігі автоматты түрде реттеледі. Осы реттеу кезінде алынған деректер негізінде үлгінің беткі морфологиясының (бедерінің) картасы құрастырылады.

СТМ екі негізгі режимде жұмыс істей алады: тұрақты ток режимі және тұрақты биіктік режимі. Біріншісінде ұш биіктігі токты тұрақты ұстау үшін реттеліп тұрады, ал екіншісінде биіктік тұрақты болып, туннельдік токтың өзгерісі өлшенеді. Бұл әдіс жылдам, бірақ беткі кедір-бұдырлық көп болса, қауіп төндіреді.

СТМ-ның артықшылығы – атомдық ажырату қабілеті мен нанометрлік дәлдікпен бейнелеу мүмкіндігі. Ол материалдардың беткі морфологиясын, электрондық құрылымын және локальды қасиеттерін зерттеуде таптырмас құрал болып саналады. Мысалы, металл беттеріндегі атомдардың орналасуын, нанобөлшектердің өлшемі мен пішінін анықтауға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта СТМ тек зертханалық емес, сонымен қатар оқу үдерісінде де қолданылады. Бұл студенттердің нанофизика мен материалтану негіздерін тәжірибе жүзінде меңгеруіне мүмкіндік береді. Атомдық күштік және сканерлік туннелдік микроскоптарды пайдалану арқылы студенттер беткі қабаттың құрылымын тікелей бақылап, наномасштабтағы процестерді түсінуге үйренеді.

СТМ нәтижелері жаңа наноматериалдарды жобалауда, электронды құрылғылар мен сенсорлардың сезімталдығын арттыруда маңызды рөл атқарады. Осылайша, сканерлік туннелдік микроскоп – қазіргі заманғы ғылыми зерттеу мен білім беру саласындағы негізгі құралдардың бірі болып табылады.

Әдебиеттер:

1. Ә. Қ. Шоқанов, Г. Б. Әлімбекова, Н. Исқақбаева. Атомдық күштік және сканерлік туннелдік микроскоптарын оқу үдерісіне қолдану. – Хабаршы / Вестник, № 2 (54), 2016.

2. З. А. Мансұров, Б. Қ. Діністанова, А. Р. Керімқұлова, М. Нәжіпқызы. Нанотехнология негіздері: оқулық. – Алматы, 2014. – 248 б.

3. Уильямс Л., Адамс У. Құпиясыз нанотехнологиялар: оқулық / Ауд. З. А. Мансұров, М. Нәжіпқызы, Б. Қ. Діністанова. – Алматы: РгіпІ-8, 2012. – 385 б.

4. Баймолда Д., Есберген А. П. Қазақстанда нанотехнологияның даму барысы. – «Дулатов оқулары 2018» материалдары. – Қостанай: М. Дулатов атындағы КИнЭУ, 2018. – 19–22 бб.

ӘОЖ 536.75: 536.7

ГАЗ ҚОСПАЛАРЫ ҮШІН ӨЗАРА ДИФФУЗИЯ КОЭФФИЦИЕНТІН ЕСЕПТЕУДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ӘРТҮРЛІ ӘДІСТЕРДІҢ АРТЫҚШЫЛЫҚТАРЫ МЕН ШЕКТЕУЛЕРІ

Н.Д. Якубжанова[1], Ж.Қ. Сейтомарова[2], А.Н. Жақсылық[2]

[1]Абай атындағы ҚазҰПУ, Алматы қ., Қазақстан
[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Ғылыми жетекші:
ф.-м.ғ.к., қауым. проф., Асембаева М.Қ.

Газдың өзара диффузия коэффициенті (D) — екі газдың бір-біріне ену (араласа таралу) жылдамдығын сипаттайтын шама. Бұл коэффициент Фик заңы негізінде анықталады және ол бір газ молекулаларының екінші газ молекулалары арасында еркін қозғалу қабілетін сипаттайды. D – бір газдың екінші газ ішіндегі таралу жылдамдығы, бірлік өлшемі: м²/с. Газдың өзара диффузия коэффициентін (D) өлшеу бірнеше әдістер арқылы жүзеге асады. Олар зерттеу мақсатына, қажетті дәлдікке және газ қоспасының түріне байланысты таңдалады. Өлшеу әдістері: Статикалық әдіс – концентрацияның өзгеруін уақыт бойынша өлшейді. Динамикалық әдіс – ағыстағы концентрация градиентін зерттейді. Газдардың өзара диффузия коэффициентін есептеу формуласы теңдеуімен жуықталады:

$$D_{12} \approx (0.00143 \cdot T^{3/2}) / (P \cdot \sigma_{12}^2 \cdot \Omega_D)$$

мұндағы, T — температура (K), P — қысым (атм), σ_{12} — молекулалық диаметрлердің орташа мәні, Ω_D — диффузиялық соқтығысу функциясы.

Көмірсутекті газдардың (метан, этан, пропан, бутан т.б.) бір-бірімен және инертті не ауа сияқты газдармен өзара диффузиясын зерттеу – өндірістік, экологиялық және энергетикалық тұрғыдан өте өзекті тақырып. Көмірсутекті газдардың (метан, этан, пропан, бутан т.б.) бір-бірімен және инертті не ауа сияқты газдармен өзара диффузиясын зерттеу – өндірістік, экологиялық және энергетикалық тұрғыдан өте өзекті тақырып.

Ауа мен азот (N_2) арасындағы өзара диффузия коэффициенті — бұл газдардың бір-біріне қатысты таралу жылдамдығын сипаттайтын физикалық шама. Ол **температураға**, **қысымға**, және газ қоспасының құрамына байланысты өзгереді. **Газдардың құрамы**: нақты бір қоспаны (мысалы, метан–пропан) немесе табиғи газдың үлгісінде жүргізіледі.

Артықшылықтары: қарапайым және тез есептеледі; Тәжірибеде жиі қолданылады (инженерлік есептерде); Қажетті деректер (атомдық көлемдер, молекулалық массалар) көп газдар үшін бар. Төмен және орта температура диапазондарында жақсы дәлдік береді.

Шектеулері: Толық эмпирикалық — физикалық теорияға емес, тәжірибеге негізделген. Тек идеал газдарға қолайлы (P ≈ 1 атм). Полярлы немесе асимметриялы молекулалар үшін дәлдігі төмендеуі мүмкін. Жоғары қысымда қате үлкейеді.

Чапман–Енског әдісімен (Chapman–Enskog) (1) формуламен есептейміз. Бұл әдіс молекулалық қасиеттерге сүйеніп, кинетикалық теория негізінде есептейді.

$$D_{AB} = \frac{1.858 \times 10^{-7} \cdot T^{3/2}}{P \cdot \sigma_{AB}^2 \cdot \Omega_D} \cdot \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right)^{1/2} \quad (1)$$

Фуллер әдісін жетілдірген эмпирикалық формула. Газдардың **соқтығысу диаметрлері** мен **потенциалдық энергиялары** ескерілген. Бұл эмпирикалық әдіс — диффузия коэффициенті молекулалардың **атомдық диффузиялық көлеміне** және молекулалық массасына негізделеді. Формуласы тәжірибелік деректерден алынған. **Ауа мен азот тотығы (N_2O) арасындағы өзара диффузия коэффициенті** Фуллер келесі (2) формуласы арқылы есептеледі.

$$D_{AB} = \frac{0.00143 \cdot T^{1.75}}{P \cdot \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right)^{1/2} \cdot \left(\sum V_A^{1/3} + \sum V_B^{1/3} \right)^2} \quad (2)$$

Есептеу параметрлері: Температура: T=298 КТ, Қысым: P=1 атм, Газ қоспасы: ауа (Air) және азот (N_2)

Төмендегі Wilke әдісі (3) өрнек түрінде келтірілген.

$$D_{AB} = \frac{0.00143 \cdot T^{1.75}}{P \cdot \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right)^{1/2} \cdot \left(V_A^{1/3} + V_B^{1/3} \right)^2} \quad (3)$$

Салыстыру мәліметі:

Әдіс	Формула сипаты	Нәтиже D_{AB} (м²/с)	Ерекшелігі
Фуллер	Эмпирикалық, атомдық көлемдер	$\approx 2.37 \times 10^{-5}$	Қарапайым, жиі қолданылады
Вилки (Wilke–Lee)	Фуллерге ұқсас, нақтылау енгізілген	$\approx 2.37 \times 10^{-5}$	Фуллермен ұқсас нәтиже
Чапман–Енског	Кинетикалық теорияға негізделген	$\approx 2.39 \times 10^{-5}$	Молекулалық параметрлерге тәуелді

Үш әдіс те D(Air−N2) үшін өте ұқсас мәндер береді (айырмашылық ≈ 1%). Фуллер және Wilke әдістері — қарапайым әрі практикалық, жиі инженерлік есептерде қолданылады. Ғылыми зерттеулер мен модельдеуде: Чапман–Енског әдісі басым. Ол — физикалық негізделген, нақты молекулалық параметрлермен жұмыс істейді.

Қорытынды: Өзара диффузия коэффициенті газдардың микроскопиялық қозғалысы мен өзара әрекеттесуін сипаттайды және процестерді модельдеуде маңызды рөл атқарады. Әдіс таңдауы тәжірибенің шартына, өлшенетін газдардың түріне, қажетті дәлдікке және техникалық мүмкіндіктерге байланысты. Барлық үш әдіс бұл жағдайда үйлесімді нәтижелер береді. **Қолдану аймағы**: табиғи газ үлгісі (метан-этан-пропан) немесе нақты өндірістік қоспалар.экология, мұнай-газ тасымалы, жану процестері, т.б. құбырлық тасымалдау, газ сақтау, экологиялық дисперсия, жану процестері.

Әдебиеттер:

1. Лобанов М. Л. Методы определения коэффициентов диффузии: учеб. Пособие. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 100 с.

УДК 53.043

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА КАК ФАКТОРА ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

А. Ж. Аймагамбетова[1]

[1]*Казахский Национальный Педагогический Университет имени Абая*

Научный руководитель:
PhD, асс.профессор университета Насирова Д.М.

Геомагнитные возмущения представляют собой отклонения магнитного поля Земли от спокойного состояния, вызванные взаимодействием солнечного ветра с магнитосферой. Одним из ключевых факторов, определяющих их интенсивность, является динамическое давление солнечного ветра, зависящее от его плотности и скорости.[1-2]

Для количественной оценки таких возмущений используется K-индекс — показатель геомагнитной активности, отражающий отклонения магнитного поля Земли от нормы в трёхчасовом интервале. Его глобальный аналог, планетарный Kp-индекс, вычисляется как средневзвешенное значение данных с 13 геомагнитных обсерваторий и характеризует общий уровень геомагнитной активности в диапазоне от 0 (спокойное состояние) до 9 (сильная буря).

Для анализа использовались данные планетарного Kp-индекса геомагнитной активности за период **2–4 октября 2025 года**. На рис.1 представлена динамика изменения Kp-индекса,

отражающая вариации уровня геомагнитной активности в указанный промежуток времени.[3]

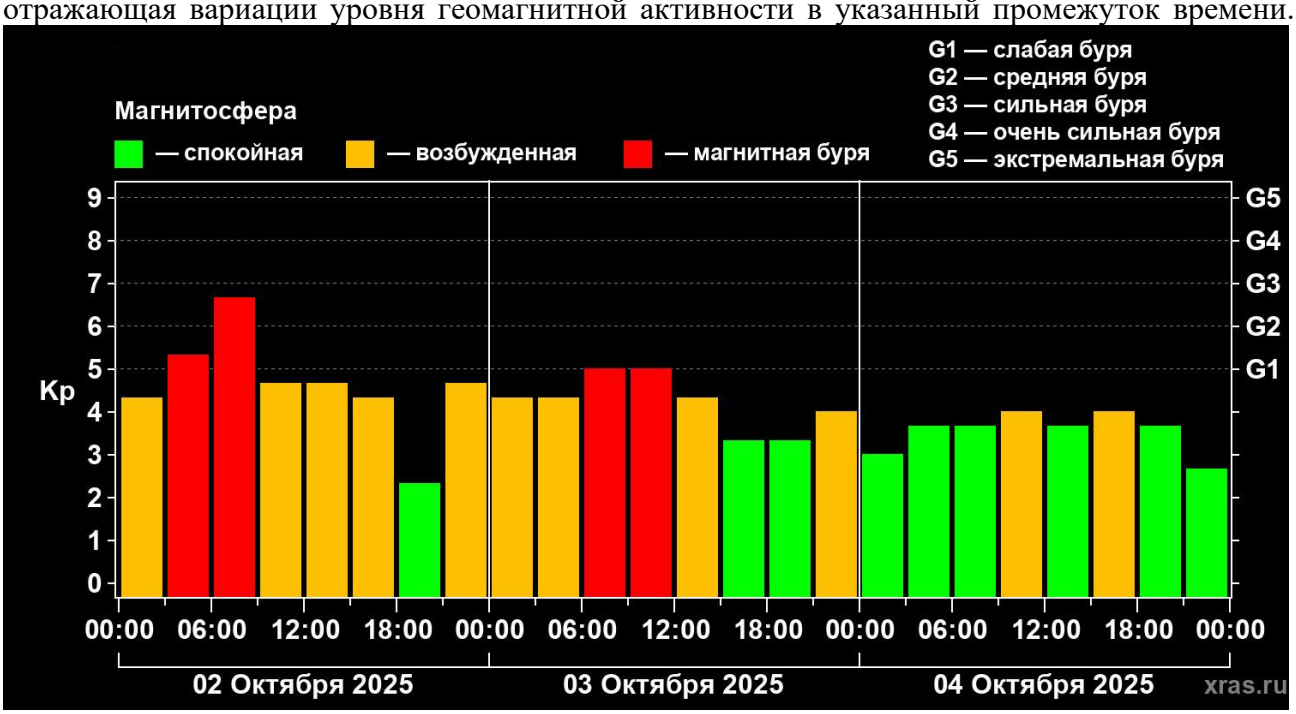


Рис. 1 — Изменение Kp-индекса геомагнитной активности за 2–4 октября 2025 года[3]

Для анализа параметров солнечного ветра использовалась **модель WSA–ENLIL**, предназначенная для прогнозирования распространения солнечного ветра и корональных выбросов массы (CME) в межпланетном пространстве. На рисунке 2 представлены результаты моделирования за **2 октября 2025 года**.[4]

Верхние круговые графики отображают **плотность плазмы (N/см³)**: синий цвет соответствует низкой плотности, зелёно-жёлтые и красные области — повышенной. Нижние круговые графики показывают **радиальную скорость солнечного ветра (км/с)**, где синий цвет означает низкие значения, а красный — высокие (до ~1600 км/с). На правых графиках видно изменение плотности и скорости вблизи Земли и спутника STEREO; резкий рост параметров указывает на прибытие CME.

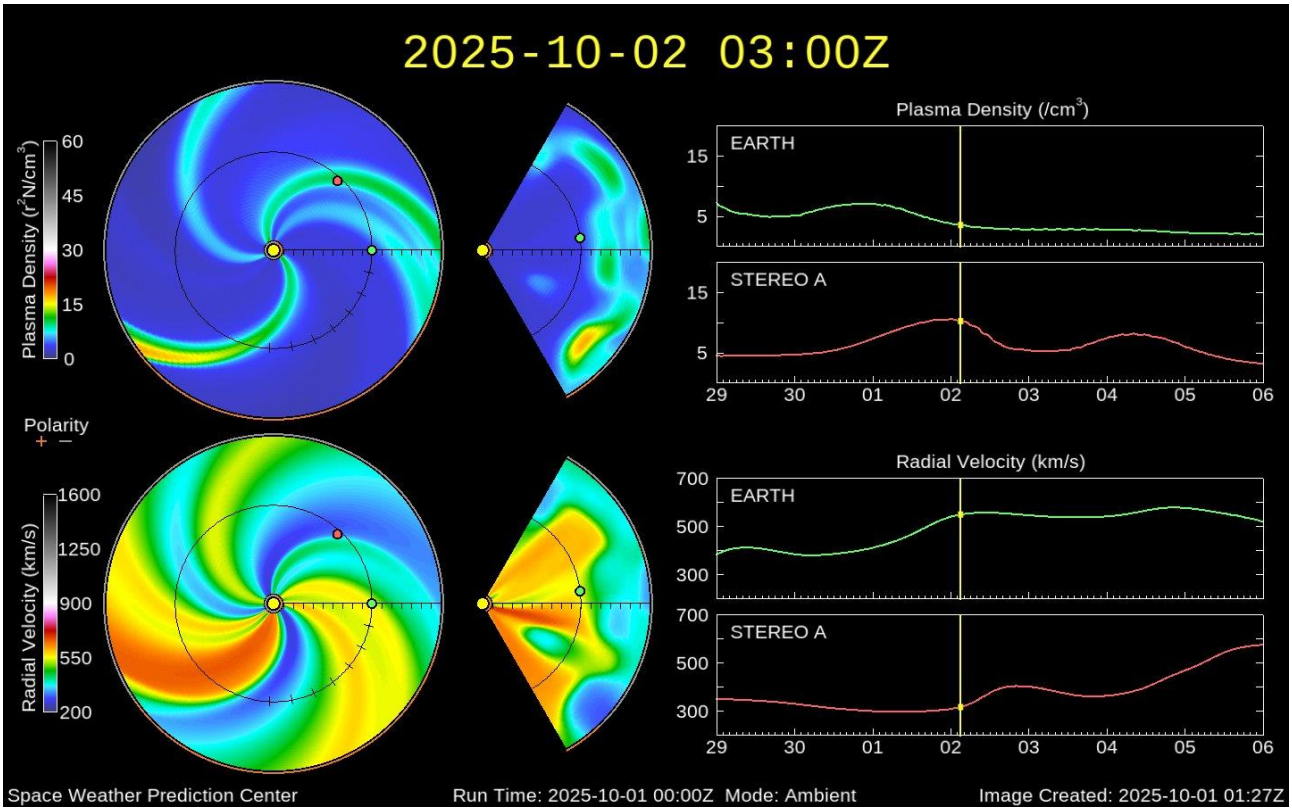


Рис. 2 — Модель WSA–ENLIL: распределение плотности и скорости солнечного ветра за 2 октября 2025 года[4]

Изменения динамического давления солнечного ветра оказывают прямое влияние на состояние магнитосферы Земли. При повышении давления происходит сжатие магнитосферы, усиление токов в магнитопаузе и возрастание уровня геомагнитной активности, что отражается в росте Kp-индекса.[3]

Для оценки динамического воздействия солнечного ветра использовалась формула динамического давления:

$$P = nm_p\vartheta^2$$

где

n - концентрация частиц солнечного ветра ($см^{-3}$),

m_p- масса протона (1.67×10^{-27} кг),

ϑ - скорость солнечного ветра (м/с).

На основании полученных данных был построен график, отражающий **изменение Kp-индекса геомагнитной активности и динамического давления солнечного ветра во времени**. На рисунке 3 показано, что периоды повышения динамического давления совпадают с ростом Kp-индекса, что указывает на взаимосвязь между усилением солнечного ветра и возмущениями геомагнитного поля Земли.



Рис. 3 — Изменение Kp-индекса геомагнитной активности и динамического давления солнечного ветра за 2–4 октября 2025 года

Анализ представленных данных показал, что повышение динамического давления солнечного ветра совпадает с ростом геомагнитной активности. Это подтверждает, что солнечный ветер играет ключевую роль в формировании геомагнитных возмущений и оказывает значительное влияние на магнитосферу Земли.

Литература:

1)Jacobs. Reversals of the Earth’s magnetic field. Cambridge, Cambridge University Press, 1994.
2)Костенко К.С. "Солнечная активность и её влияние на магнитосферу Земли." Журнал геофизических исследований, 2021.
3) https://xras.ru
4) https://www.swpc.noaa.gov/products/wsa-enlil-solar-wind-prediction

УДК 524.882

ҚАРАҚҰРДЫМ

С. Тұрсын, Ұ. Турмаханова, А. Сәрсенбек

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

Ғылыми жетекші:
Тлебаев Қайрат

Қарақұрдым — тартылыс күші соншалық, тіпті жарық та қашып шыға алмайтын ғарыш аймағы. Жалпы салыстырмалылық теориясы мұндай нысандардың пайда болу тетіктерін түсіндіреді. Қарақұрдымдар аса жаппай жұлдыздардың ядросы гравитациялық құлағаннан кейін түзіледі немесе галактикалардың өзегінде ұзақ аккреция нәтижесінде қалыптасады.

Қарақұрдымның басты сипаттамасы — оқиға көкжиегі, яғни кеңістік пен уақыттың шекарасы. Айналмайтын Шварцшильд қарақұрдымында ол $Rs = 2GM/c^2$ формуласы арқылы анықталады, ал айналмалы Керр үлгісінде қосымша эргосфера аймағы пайда болады. Мұнда кеңістік-уақыт айналып, энергияның Пенроуз процесі арқылы «шығару» мүмкіндігі бар.

Қарақұрдымдар массасына қарай үш топқа бөлінеді: жұлдыздық (3–100 M⊙), аралық (10^2–10^5 M⊙) және супермассивті (10^6–10^{10} M⊙). Массасы артқан сайын көкжиек радиусы сызықты өсіп, шартты орташа тығыздық кері квадрат заңымен кемиді. 10 күн массалы жұлдыз үшін $Rs \approx 29{,}5$ км, $\rho \approx 1{,}84\times10^{17}$ кг/м³. Демек, қарақұрдым көлемі ұлғайған сайын оның шартты тығыздығы төмендейді.

Бақылау тәсілдері: рентген сәулеленуі (аккреция дискісі), гравитациялық линзалау (жарықтың иілуі), гравитациялық толқындар (қарақұрдымдардың бірігуі), және Жергеаралық телескоп кескіндері (көлеңке мен фотондық сақина).

Қарақұрдымдар — шеткі гравитациялық өрістерді зерттеуге мүмкіндік беретін табиғи зертхана. Олардың құрылымы мен әсері аккреция, сәулелену және гравитациялық толқындар арқылы айқындалады. Нәтижелер қарақұрдым өлшемінің массамен өсіп, шартты тығыздығының азаятынын көрсетеді.

Кілт сөздер: қарақұрдым, оқиға көкжиегі, эргосфера, фотондық сақина.

Әдебиеттер:

1. Сырым Ж. С., Марат П. М. Астрономия пәнінен тапсырмалар мен жаттығулар. — Орал: БҚМУ, 2020.
2. National Geographic Qazaqstan. Галактикамыздың кіндігіндегі қара құрдымның алғашқы бейнесі. — 2022.
3. Goethe-Institut UMI Universum. Қара құрдым. — goethe.de, 2020.
4. Tengrinews.kz. Ғаламдағы ең үлкен қара құрдым табылды. — 2016.