

MUHAMMAD AL-XORAZMIY
NOMIDAGI TATU FARG'ONA FILIALI
FERGANA BRANCH OF TUIT
NAMED AFTER MUHAMMAD AL-KHORAZMI

“AL-FARG‘ONIIY AVLODLARI”

ELEKTRON ILMIY JURNALI | ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

TA'LIMDAGI ILMIY, OMMABOP VA ILMIY TADQIQOT ISHLARI



4-SON 1(8)
2024-YIL

TATU, FARG'ONA
O'ZBEKISTON



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VAZIRLIGI

MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
FARG'ONA FILIALI

Muassis: Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali.

Chop etish tili: O'zbek, ingliz, rus. Jurnal texnika fanlariga ixtisoslashgan bo'lib, barcha shu sohadagi matematika, fizika, axborot texnologiyalari yo'nalishida maqolalar chop etib boradi.

Учредитель: Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми.

Язык издания: узбекский, английский, русский. Журнал специализируется на технических науках и публикует статьи в области математики, физики и информационных технологий.

Founder: Fergana branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorazmi.

Language of publication: Uzbek, English, Russian. The magazine specializes in technical sciences and publishes articles in the field of mathematics, physics, and information technology.

2024 yil, Tom 1, №4
Vol.1, Iss.4, 2024 y

ELEKTRON ILMIY JURNALI

ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

«Al-Farg'oniyl avlodlari» («The descendants of al-Fargani», «Potomki al-Fargani») O'zbekiston Respublikasi Prezidenti administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligida 2022-yil 21 dekabrda 054493-son bilan ro'yxatdan o'tgan.

Jurnal OAK Rayosatining 2023-yil 30 sentabrdagi 343-sonli qarori bilan Texnika fanlari yo'nalishida milliy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Tahririyat manzili:
151100, Farg'ona sh.,
Aeroport ko'chasi 17-uy,
202A-xona
Tel: (+99899) 998-01-42
e-mail: info@al-fargoniy.uz

Qo'lyozmalar taqrizlanmaydi va qaytarilmaydi.

FARG'ONA - 2024 YIL

TAHRIR HAY'ATI

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti rektori, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Muxtarov Farrux Muhammadovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali direktori, texnika fanlari doktori

Arjannikov Andrey Vasilevich,

Rossiya Federatsiyasi Sibir davlat universiteti professori, fizika-matematika fanlari doktori

Satibayev Abdugani Djunosovich,

Qirg'iziston Respublikasi, Osh texnologiyalari universiteti, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Rasulov Akbarali Maxamatovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Axborot texnologiyalari kafedrasida professori, fizika-matematika fanlari doktori

Yakubov Maksadxon Sultaniyazovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU «Axborot texnologiyalari» kafedrasida professori, t.f.d., professor, xalqaro axborotlashtirish fanlari Akademiyasi akademigi

G'ulomov Sherzod Rajaboyevich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti dekani, Ph.D., dotsent

G'aniyev Abduxalil Abdjalioviich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti, Axborot xavfsizligi kafedrasida t.f.n., dotsent

Zaynidinov Hakimjon Nasritdinovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kompyuter injiniringi fakulteti, Sun'iy intellekt kafedrasida texnika fanlari doktori, professor

Abdullayev Abdujabbor,

Andijon mashinosozlik instituti, Iqtisod fanlari doktori, professor

Qo'ldashev Obbozjon Hakimovich,

O'zbekiston milliy universiteti huzuridagi Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot instituti, texnika fanlari doktori, professor

Ergashev Sirojiddin Fayazovich,

Farg'ona politexnika instituti, elektronika va asbobsozlik kafedrasida professori, texnika fanlari doktori, professor

Polvonov Baxtiyor Zaylobiddinovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha direktor o'rinbosari

Zulunov Ravshanbek Mamatovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Dasturiy injiniring kafedrasida dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi

Abdullaev Temurbek Marufovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Axborot texnologiyalari kafedra mudiri, texnika fanlar bo'yicha falsafa doktori

Zokirov Sanjar Ikromjon o'g'li,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo'limi boshlig'i, fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori

Jurnal quyidagi bazalarda indekslanadi:



Eslatma! Jurnal materiallari to'plamiga kiritilgan ilmiy maqolalardagi raqamlar, ma'lumotlar haqqoniyligiga va keltirilgan iqtiboslar to'g'riligiga mualliflar shaxsan javobgardirlar.

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Rasulov Akbarali Maxamatovich, Ibroximov Nodirbek Ikromjonovich, To'xtasinov Azamat G'ofurovich, NOYOB MIS METALL KLASTERLARINING GEOMETRIK TUZILISHINI KOMPYUTER EKSPERIMENTI ORQALI TADQIQ ETISH	7-11
Далиев Бахтиёр Сирожидинович, Решение уравнения Абеля методом оптимальных квадратурных формул	12-15
Saidov Mansurjon Inomjonovich, Tartiblangan statistikalarda baholarni topish usullari	16-21
Kayumov Ahror Muminjonovich, TRIKOTAJ TO'QIMASI TARKIBIDAGI IP XUSUSIYATLARI VA DEFORMATSIYAGA TA'SIRI	22-27
Muradov Farrux Abdulkaxarovich, Kucharov Olimjon Ruzimurotovich, Narzullayeva Nigora Ulugbekovna, Eshboyeva Nodira Faxriddinovna, GAZLI ARALASHMALAR VA ZARARLI MODDALARNING ATMOSFERADA TARQALISHI MASALASINI YUQORI TARTIBLI APPROKSIMATSIYANI QO'LLAGAN HOLDA UNI SONLI YECHISH ALGORITMI	28-37
Maniyozov Oybek Azatboyevich, NAVIER-STOKES TENGLAMASINI KLASSIK HAMDA KLASSIK BO'LMAGAN YECHIMLARINI VA UNING O'ZIGA XOSLIGI	38-44
Tillavoldiyev Azizbek Otobek o'g'li, Tibbiy tasvirlarda reprezentativ psevdooobyektlarni segmentatsiyalash algoritmi	45-51
Fayziev Shavkat Ismatovich, Karimov Sherzod Sobirjonovich, Muxtarov Alisher Muxtorovich, DDoS hujumlarni aniqlashda neyron tarmoqlarga asoslangan gibrid modellarni ishlab chiqish	52-58
Rasulmuxamedov Maxamadaziz Maxamadaminovich, Shukurova Shohsanam Bahridin qizi, Mirzaeva Zamira Maxamadazizovna, MURAKKAB SHAKLLI, HAJMLI JISMLARNING ELASTOPLASTIK DEFORMATSIYASINING MATEMATIK MODELLARINI QURISH	59-63
Uzakov B.M., Melikuziyev M.R., TARELKALI TURDAGI REKTIFIKATSIYA KOLONNANING HARORAT KO'RSATKICHLARINI MOSLASHUVCHAN BOSHQARISH	64-72
Порубай Оксана Витальевна, Эволюционные алгоритмы в задачах оптимизации режимов работы региональных энергосистем	73-77
Musayev Xurshid Sharifjonovich, TRIKOTAJ TO'QIMA TASVIRLARINI ANIQLASH VA RAQAMLI ISHLOV BERISH USULLARI	78-81
Нурдинова Разияхон Абдихаликовна, ПОЛУПРОВОДНИКИ КАК МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕРМОГЕНЕРАТОРОВ В МЕДИЦИНЕ	82-85
Мовлонов Пахловон Ибрагимович, ДЕГРАДАЦИЯ СЭ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ ВИДИМОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА И ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ	86-90
Севинов Жасур Усманович, Темербекова Барнохон Маратовна, Мамазаров Улугбек Бахтиёр угли, Бекимбетов Баходир Маратович, Синтез методов цифровой регистрации в системах сбора и обработки измерительной информации для обеспечения достоверности в информационно-управляющих системах	91-96
O.S.Rayimdjonova, ISSIQLIK VA OPTOELEKTRON O'ZGARTIRGICHLARNING ASOSIY TAVSIFLARI VA UMUMIY MASALALARI	97-100
Muradov Farrux Abdulkaxarovich, Narzullayeva Nigora Ulugbekovna, Kucharov Olimjon Ruzimurotovich, Eshboyeva Nodira Faxriddinovna, ATMOSFERANING CHEGARAVIY QATLAMIDA GAZLI ARALASHMALAR VA ZARARLI MODDALARNING TARQALISHI MASALASINI O'ZGARUVCHILARNI ALMASHTIRISH USULI YORDAMIDA IFODALASH VA UNING SONLI YECHISH ALGORITMI	101-107
Акбаров Давлатали Егиталиевич, Акбаров Умматали Йигиталиевич, Кучкоров Мавзуржон Хурсанбоевич, Умаров Шухратжон Азизжонович, РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СИММЕТРИЧНОГО БЛОЧНОГО ШИФРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СЕТИ ФЕЙСТЕЛЯ ПО КРИПТОСТОЙКИМИ БАЗОВЫМИ ТАБЛИЧНЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМИ	108-113
Xolmatov Abrorjon Alisher o'g'li, Xoshimov Baxodirjon Muminjonovich, MAZUTNI REKTIFIKATSIYALASH QURILMALARINING VAKUUM YARATISH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH	114-125
Goipova Xumora Qobiljon qizi, Dasturiy ta'minotdagi xatolarni avtomatik topish va tuzatish uchun o'qitiladigan algoritmlar	126-129
Xudoykulov Z.T., Xudoynazarov U.U., YETARLI GOMOMORFIK SHIFRLASH ALGORITMLARI YORDAMIDA AXBOROTNI KRIPTOGRAFIK HIMOYALASH	130-135
Калашников Виталий Алексеевич, ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН ПШЕНИЦЫ В МЕЖДУРЯДЬЯ ХЛОПЧАТНИКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШАРНИРНО-ПОЛОЗОВИДНОГО СОШНИКА	136-143
Ermatova Zarina Qaxramonovna, To'qimachilik sanoatida Linter qurilmalarining ahamiyatini o'rganish va kuzatish	144-146
Tolipov Nodirjon Isaqovich, Madibragimova Iroda Mukhamedovna, ON A NON-CORRECT PROBLEM FOR A BIHARMONIC EQUATION IN A SEMICIRCLE	147-151
Xudoykulov Zarif Turakulovich, Qozoqova To'xtajon Qaxramon qizi, PRESENT YENGIL VAZNLI KRIPTOGRAFIK ALGORITMINING TAHLILI	152-157
D.S.Yaxshibayev, A.H.Usmonov, Yer osti sizot suvlari sathi o'zgarishini matematik modellashtirish va sonli tadbiq qilish	158-162

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Tojimatov Dostonbek Xomidjon o'g'li, KIBERRAZVEDKA AMALIYOTIDA IOC, LOG VA DARK WEB MONITORING MA'LUMOTLARINING INTELLEKTUAL INTEGRATSIYASIGA ASOSLANGAN KIBERTAHDIDLARNI ERTA ANIQLASH MODELI	163-167
Mirzayev Jamshid Boymurodovich, MATNLI MA'LUMOTLARNI YASHIRIN UZATISHDA STEGANOGRAFIK USULLARDAN FOYDALANISH	168-172
Kabildjanov Aleksandr Sabitovich, Pulatov G'iyos Gofurjonovich, Pulatova Gulxayo Azamjon qizi, LSTM MODELI ASOSIDA OB-HAVO SHAROITLARINING YURAK-QON BOSIMI KASALLIKLARIGA TA'SIRINI BASHORATLASH	173-177
Erejevov Keulimjay Kaymatdinovich, SHAXSNI OVOZI ORQALI IDENTIFIKATSIYALASH ALGORITMLARI	178-183
Muxtarov Ya., Obilov H., OPERATOR USULI YORDAMIDA O'ZGARMAS KOEFFITSIENTLI CHIZIQLI DIFFERENSIAL TENGLAMALAR SISTEMASINI INTEGRALLASH	184-188
Tillaboev Muxiddinjon, PILLANI NAMLIGINI O'LCHISHNING OPTOELEKTRON QURILMASI	189-192
Atajonova Saidakhon Boratalievna, Khasanova Makhinur Yuldashbayevna, INTEGRATION OF HYBRID SYSTEM ANALYSIS METHODS TO IMPROVE DECISION-MAKING EFFICIENCY	193-196
Зулунув Равшанбек Мамагович, ТЕХНОЛОГИИ ROBOTIC PROCESS AUTOMATION В МЕДИЦИНЕ	197-200
Aliyev Ibratjon Xatamovich, Bilolov Inomjon Uktamovich, CREATING A MODEL OF THE FALL OF SOLAR ENERGY IN CERTAIN COORDINATES	201-204
Akbarov Xatam Ulmasaliyevich, Ergashev Dilshodbek Mamasidiqovich, RDB TOKARLIK DASTGOHIDA ISHLOV BERISH JARAYONINING MATEMATIK MODELINI YARATISH	205-209
Абдуллаев Темурбек Маруфжонович, Козлов Александр Павлович, Разработка интеллектуальной системы управления освещением на основе IoT - технологий	210-219
O'rinboevyev Johongir Kalbay o'g'li, Nugmanova Mavluda Avaz qizi, KLASSTERLASH USULLARI YORDAMIDA NUTQNI AVTOMATIK SEGMENTATSIYALASH	220-225
Dalibekov Lochinbek Rustambekovich, 5G TARMOQLARIDA MASSIVE MIMO TEXNOLOGIYASINI JORIY ETISHNING TAHLILI	226-232
Bozarov Baxromjon Ilxomovich, Fure almashtirishlarini taqribiy hisoblash uchun optimal kvadratur formulalar	233-235
Xusanova Moxira Qurbonaliyevna, TARMOQ QURILMALARIDA DEMILITARIZATSIYALANGAN ZONA (DMZ) NI SOZLASH ORQALI XAVFSIZLIKNI TA'MINLASH	236-239
Ravshan Indiaminov, Sulton Khakberdiyev, INTERACTION BETWEEN MAGNETIC FIELDS AND THIN SHELLS	240-244
Muradov Muhammad Murod o'g'li, Mobil aloqa tayanch stansiyalarini qayta tiklanuvchan energiya ta'minot manbalaridan foydalangan holda energiya bilan ta'minlash xususiyatlari	245-250
Kabildjanov Aleksandr Sabitovich, Pulatov G'iyos Gofurjonovich, Pulatova Gulxayo Azamjon qizi, OB-HAVO SHAROITLARINING YURAK QON BOSIMI KASALLIKLARIGA TA'SIRINI MLP MODELIDA OPTIMALLASHTIRISH	251-255
Okhunov Dilshod Mamatjonovich, Okhunov Mamatjon Xamidovich, Azizov IskandarAbdusalim ugli, Ismoilzhonov Abdullokh Farrukhbk ugli, THE USE OF BIG DATA IN THE DIGITAL ECONOMY	256-260
Abduraimov Dostonbek Egamnazar o'g'li, ELASTIKLIK NAZARIYASI MASALASIGA LIBMAN TIPIDAGI ITERATSION USULNI QO'LLASHNING MATEMATIK MODELI	261-266
Мамадалиев Фозилжон Абдуллаевич, Новый подход составления математической модели для определения параметров торможения автомобиля в экстремальных условиях эксплуатации	267-269
Nasriddinov Otadavlat Usubjonovich, FIZIK MASALALARNI MATEMATIK PAKETLAR YORDAMIDA MODELLASHTIRISH	270-272
Jo'rayev Mansurbek Mirkomilovich, Ro'zaliyev Abdumalikjon Vahobjon o'g'li, AVTOMATLASHTIRILGAN MONITORING TIZIMI SIMSIZ SENSOR TARMOG'IDA MA'LUMOTLARNI UZATISH	273-278
Shamsiyeva Xabiba Gafurovna, VIDEO MA'LUMOTLARGA ISHLOV BERISH VA KOMPYUTERLI KO'RISH ALGORITMLARINING APPARAT DASTURIY MAJMUI	279-284
Atajonov Muhiddin Odiljonovich, AVTONOM FOTOELEKTRIK MODULNI MODELLASHTIRISH	285-288
J.M. Kurbanov, S.S.Sabirov, J.J.Kurbonov, NANOKATALIZATOR O'LISH TEXNOLOGIYASIDA "NAVBAHOR" BENTONITINI QURITISH VA KUYDIRISH JARAYONLARINING TERMOGRAVIMETRIK TAHLILI	289-293
Umarov Shukhratjon, Rakhmonov Ozodbek, ASSESSMENT OF THE LEVEL OF SECURITY AVAILABLE IN 4G AND 5G MOBILE COMMUNICATION NETWORKS	294-297
Soliyev Bahromjon Nabijonovich, Elektron tijorat savdolarini dasturiy yondashuvi tahlilida metodlar, matematik model va amaliy ko'rsatkichlar	298-302
Asrayev Muhammadmullo Abdullajon o'g'li, SINFLAR ORASIDAGI MASOFA, QAROR QABUL QILISH QOIDASI VA AJRATISH FUNKSIYASI	303-305

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Polvonov Baxtiyor Zaylobidinovich, Khudoyberdieva Muxayyoxon Zoirjon qizi, Abdubannabov Mo'ydinjon Iqboljon o'g'li, Ergasheva Gulruksor Qobiljon qizi, Tohirjonova Zahro Shovkatjon qizi, Mamasodiqov Shohjahon, CHARACTERIZATION OF PHOTOLUMINESCENCE SPECTRUM OF CHALCOGENIDE CADMIUM-BASED SEMICONDUCTOR POLYCRYSTALLINE FILMS	306-315
Sharibayev Nosirjon Yusupjanovich, Musayev Xurshid Sharifjonovich, TRIKOTAJ TO'QIMALARINI REAL VAQT REJIMIDA ANIQLANGAN NUQSONLARNI TAHLIL QILISH	316-320
Эргашев Отабек Мирзапулатович, Асомиддинов Бекзод, СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	321-326
Djurayev Sherzod Sobirjonovich, Ermatova Zarina Qaxramonovna, YANGI KONSTRUKSIYADAGI MULTISIKLON QURILMASINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI TAHLIL QILISH	327-331
J.M. Kurbanov, S.S.Sabirov, J.J.Kurbonov, "NAVBAHOR" BENTONITINING MODIFIKATSIYALANGAN NAMUNASINI O'YUCH EMMda QIZDIRISH HARORATIGA QARAB TEKSTURA XUSUSIYATLARINING O'ZGARISHI	332-337
Sharibayev Nosirjon Yusubjanovich, Kayumov Ahror Muminjonovich, SINOV YORDAMIDA TRIKOTAJ MAXSULOTLARINI SHAKL SAQLASH VA DEFORMATSIYALANISH JARAYONLARINI MONITORINGI	338-343
Muminov Kamolkhon Ziyodjon o'g'li, Artificial Intelligence in Cybersecurity, Revolutionizing Threat Detection and Response Systems	344-347
Тажибаев Илхом Бахтиёрович, ОБРАБОТКА МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ В РАДИОЧАСТОТНЫХ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	348-351
Karimov Sardor Ilhom ugli, Sotvoldiyeva Dildora Botirjon qizi, Karimova Barnokhon Ibrahimjon qizi, COMPARISON OF MULTISERVICE REMOTE SENSING DATA FOR VEGETATION INDEX ANALYSIS	352-354
Abdurasulova Dilnoza Botirali kizi, PNEUMATIC AND HYDRAULIC TECHNICAL TOOLS OF AUTOMATION	355-359
Абдукадиров Бахтиёр Абдувахитович, СПОСОБЫ НАСТРОЙКИ ВЕСОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ПРИ ОБУЧЕНИИ ДАННЫХ В НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ	360-365
Turakulov Otabek Xolmirzayevich, Mamaraufov Odil Abdixamitovich, IJTIMOYI TARMOQLARDA ELEKTRON MATNLI MA'LUMOTLARNI TASNIFLASHNING NEYRON-NORAVSHAN ALGORITMI	366-370
Asrayev Muhammadmullo Abdullajon og'li, Muxtoriddinov Muhammadyusuf Temirxon o'g'li, REGIONS APPLICATIONS SYSTEMS RECOGNITION	371-373
Raximov Baxtiyor Nematovich, Yo'ldosheva Dilfuza Shokir qizi, Majmuaviy markazlashtirilgan tizimlarning arxitekturasi va funksiyalari	374-378
Нурилло Мамадалиев Азизиллоевич, Моделирование конфликтных ситуаций телевизионных изображений в процессе обработки видеoinформации	379-381
A.A. Otaxonov, ОБНАРУЖЕНИЕ И ОЦЕНКА ФИШИНГОВЫХ URL-АДРЕСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	382-390
Akbarov Xatam Ulmasaliyevich, Ergashev Dilshodbek Mamasodiqovich, X12M MARKALI PO'LAT UCHUN TERMOSIKLLI ISHLOV BERISHNI AMALGA OSHIRISH PARAMETRLARI	391-396
Abdukodirov Abduvaxit Gapirovich, Abdukadirov Baxtiyor Abdovaxitovich, YUZ TASVIRLARINI GEOMETRIK NORMALLASHTIRISH ALGORITMINI ISHLAB CHIQISH	397-401
D.B.Abdurasulova, T.U.Abduhafizov, RAQAMLI IQTISODIYOTNING O'SISHI VA UNING TADBIRKORLIK FAOLIYATIGA TA'SIRI	402-405
Ibragimov Navro'zbek Kimsanbayevich, Hududiy oliy ta'lim muassasalarida raqobat ustunligini ta'minlashning diagnostik tahlil qilish uchun dasturiy ta'minot	406-413
Melikuziyev Azimjon Latifjon ugli, USING COMPUTER-SIMULATOR PROGRAMS IN TEACHING PARALINGUISTIC UNITS	414-417
Soliyev B.N., Ismoilova M.R., ELEKTRON TIJORATDA QAYTARILISHLARNI OPTIMALLASHTIRISH VA ULARNING NATIJALARI	418-421
Ergashev Otabek Mirzapulatovich, FUZZY RULE BASE DESIGN FOR NUMERICAL DATA ANALYSIS	422-428
Abdukadirova Gulbahor Xomidjon qizi, Abduqodirova Mohizoda Ilxomidin qizi, YUZ TASVIRLARIGA DASTLABKI ISHLOV BERISHDA NEYRON TARMOQ ALGORITMLARINI QO'LLASH SAMARADORLIGI	429-436
Садикова Мунира Алишеровна, ТРАНСФОРМАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ	437-444
Pulatov Sherzod Utkurovich, Djumaniyazov Otabek Baxtiyarovich, THE ROLE OF IoT TECHNOLOGIES IN MONITORING THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE KHOREZM REGION	445-448
Mukhammadyunus Norinov, RESEARCH ON INCREASING THE BRIGHTNESS OF TELEVISION IMAGES	449-455
Arabboyev Alisher Avazbek o'g'li, DIFFIE-HELLMAN ALGORITMI VA XAVFSIZ KALIT ALMASHISH PROTOKOLLARI	456-458
Raximov Baxtiyor Nematovich, G'oiyeva Xumora Qobiljon qizi, Ovoz tovushlari intellektual taxlili asosida videokuzatuz tizimini boshqarish	459-462

UDC: 538.971

NOYOB MIS METALL KLASTERLARINING GEOMETRIK TUZILISHINI KOMPYUTER EKSPERIMENTI ORQALI TADQIQ ETISH

Rasulov Akbarali Maxamatovich,

Fizika-matematika fanlari doktori, professor
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent
axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali

Ibroximov Nodirbek Ikromjonovich,

Fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa
doktori (PhD), dotsent
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent
axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali

To'xtasinov Azamat G'ofurovich,

Tayanch doktorant
Farg'ona politexnika instituti

Annotatsiya: Maqolada MD usuli yordamida kam energiyaga ega kichik neytral mis metall klasterlarining geometrik tuzilmalarini modellashtirish natijalari keltirilgan. Atomlararo o'zaro ta'sir jarayonlarini hisoblash uchun EAM (Embedded-atom method) potentsialidan foydalanildi. Cun ($n = 2-60$) klasterlarining kompyuter modellari yaratildi. Cun ($n = 2-60$) klasterlarining geometrik shakllari o'rganildi va strukturaviy parametrlar (Cu-Cu bog'lanish masofasi) hisoblab chiqildi. MD tajribasida olingan natijalar haqiqiy tajribalarda olingan natijalar bilan solishtirildi.

Kalit so'zlar: Kompyuter eksperimenti, molekulyar dinamika usuli, klaster, kam atomli klasterlar, past energiyali klasterlar.

Kirish. Klasterlar kristallardan ancha farq qiladigan geometrik, termodinamik va elektron kabi fizikaviy va kimyoviy xossalarga ega nano o'lchamdagi agregatlar hisoblanadi¹. Klasterlarning geometrik xossalarni o'rganish hozirgi vaqtdagi nazariy va eksperimental tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlari hisoblanadi [2].

Shu kunga qadar bir qancha olimlar mis klasterlarining geometrik xususiyatlarini o'rganish bo'yicha juda ko'p nazariy va eksperimental tadqiqotlar o'tkazishgan. Masalan, Empirik potentsialdan foydalangan holda molekulyar dinamikani simulyatsiya qilish orqali 45 atomgacha bo'lgan mis klasterlarining geometrik tuzilmalari, barqaror tuzilmalari va sehrli o'lchamlari o'rganildi. Shu bilan birga klasterlarning atom tuzulishlari va sehrli o'lchamlari o'rtasidagi bog'liqliklar o'rganildi. Mis klasteri uchun 26 va 13 sonlarini (Cu_{26} va Cu_{13})

sehrli o'lcham sifatida qabul qilish mumkin ekanligi [1] da nomlari keltirilgan mualliflar tomonidan aytilgan va 26 atomgacha bo'lgan turli o'lchamdagi kam atomli va past energiyali mis klasterlarining geometrik tuzilmalari keltirilgan. Cu_n ($n \leq 24$) bo'lgan ushbu klasterlar uchun bog'lanish energiyalari, nisbiy barqarorlik va HOMO-LUMO bo'shliq energiyalari molekulyar dinamika sxemasi yordamida o'rganilgan. Cu klasterlarining nisbiy barqarorligini aniqlash uchun elektron effektlar, elektron qobiqlarni to'ldirish va HOMOdagi elektron juftlik geometrik effektdan ustun ekanligi aniqlangan. Metall tizimlardagi o'zaro ta'sirlarni modellashtirish uchun mustahkam bog'langan molekulyar dinamika sxemasidan foydalanish mumkin ekanligi isbotlangan [2]. Tarkibi o'n atomgacha bo'lgan kichik mis klasterlarining geometrik tuzilishlari, elektron yaqinliklari, ionlanish potentsiallari, bog'lanish energiyalari va ajratish



energiyalari Perdew va Vangning almashinuv korrelyatsiyasi funksiyasidan foydalangan holda zichlik funktsional hisoblari bilan o'rganilgan [3]. Atomlar soni beshtagacha bo'lgan mis klasterlarning geometrik tuzilishlari, atomlarning bog' uzunliklari va bog'lanish energiyalari zichlik funktsional hisob-kitoblar orqali o'rganilgan. Cu₃ va Cu₄ klasterlarida Jahn-Teller effekti batafsil ko'rib chiqilgan. Olingan natijalar tajriba ma'lumotlari va boshqa nazariy tadqiqot natijalari bilan mos kelishi isbotlangan [4]. Atomlar soni sakkiztagacha bo'lgan mis klasterlarning geometrik tuzilishlari, barqarorligi, bog'lanish uzunligi, bog'lanish energiyasi, ionlanish potentsiali, elektron yaqinligi, kimyoviy potentsial, kimyoviy qattqlik va elektrofillik indeksi Duglas-Kroll-Hess (DKH) yaqinlashuvi orqali o'rganilgan. Olingan natijalar tajriba ma'lumotlari bilan mos kelishi isbotlangan [5]. Zichlik funktsional nazariyasini qo'llagan holda Cu₅ klasterining ba'zi izomer tuzilmalari, chastotalari, bog'lanish energiyasi va bog' uzunliklari aniqlangan. Olingan natijalar eksperimental tadqiqotlar orqali olingan natijalarga mos kelishi aytilgan [6].

Ushbu tadqiqot ishida mis klasterlari tanlab olinishiga sabab, mis klasterlari ustida ko'plab haqiqiy tajribalar o'tkazilgan va bu tajriba natijalarini kompyuter eksperimenti orqali olingan natijalar bilan solishtirish mumkin. Shu bilan birga ushbu maqolada molekulyar dinamika (MD) usuli orqali kam atomli mis metall klasterlarining geometrik xususiyatlari kompyuter eksperimenti yordamida tahlil qilingan.

Nazariy tadqiqot metodologiyasi. Hozirgi vaqtda nanoklasterlarning xatti-harakatlarini modellashtirish jarayonini o'rganish uchun ko'plab usullar ishlab chiqilgan. Molekulyar dinamika usuli materialshunoslikdagi barcha jarayonlarni nazariy o'rganishda keng tarqalgan usullardan biridir. Uning asosiy g'oyasi zarrachalardan tashkil topgan sistemaning vaqt bo'yicha shakllanishini (evolyutsiyasini) tasvirlashdan iboratdir. Shu bilan birga hozirgi vaqtda fizik jarayonlarni modellashtirishda ham molekulyar dinamika usulidan keng foydalanilmoqda. Buning asosiy sababi shundaki, yuqorida takidlaganimizdek bu usul real vaqt

davomida simulyatsiyalarga to'liq javob beradi. Shuning uchun biz MD usuli atomistik modellashtirish uchun etarli natijalar beradi deb hisoblaymiz.

Odatda MD tizimning adiabatik va izotermik holatlariga qarab qo'llaniladi. Tizimning adiabatik holati klassik mexanikaga ko'proq mos keladi va simulyatsiya qilingan tizimning umumiy energiyasi o'zgarmasligi natijasidir. Biroq, bu versiya kamdan-kam qo'llaniladi, chunki u energiya sarfini hisobga olmaydi, bu odatda haqiqiy tizimlarning shakllanishiga mos kelmaydi. Sistemaning izotermik xolati MDda mexanik algoritm yoki maxsus algoritm (ma'lum haroratni saqlaydigan termostat) bilan to'ldiriladi. Birinchidan, bunday algoritm o'zining asosiy vazifasini bajarishi kerak. Ikkinchidan, u tizimning fazaviy traektoriyasiga sezilarli aralashuvga ta'sir qilmasligi kerak, ya'ni Nyutonning ikkinchi qonunining tenglamalar tizimi tomonidan belgilangan evolyutsiya stsenariysini buzmaslik kerak.

$$a_{xi} = \frac{dv_{xi}}{dt} = m^{-1}(\sum_{i \neq j} F_{xij} + \sum_i f_{xi})$$
$$a_{yi} = \frac{dv_{yi}}{dt} = m^{-1}(\sum_{i \neq j} F_{yij} + \sum_i f_{yi})$$

(3)

$$a_{zi} = \frac{dv_{zi}}{dt} = m^{-1}(\sum_{i \neq j} F_{zij} + \sum_i f_{zi})$$

bu yerda a_{xi} , a_{yi} , a_{zi} lar i - atomining tezlanish vektorining komponentlari, v_{xi} , v_{yi} va v_{zi} – tezlik vektor komponentlari, t – vaqt, m – atom massasi, F_{xij} , F_{yij} va F_{ij} – komponentlar, i atomiga ta'sir qiluvchi ichki kuchlar, f_{xi} , f_{yi} va f_{zi} - erkin nanozarra uchun nolga teng bo'lgan tashqi kuchlarning komponentlari [3].

Bunday algoritmlar yordamida olingan natijalarning aniqlik darajasi juda yuqori. Boshqa tomondan, dasturiy ta'minot ancha murakkab va ko'p sonli qiymatlarni saqlash uchun juda ko'p xotirani talab qiladi. Yuqoridagi munosabatlarga asoslanib, biz hisob ishlarimizda Verlet algoritmini [4] qo'lladik:

$$\vec{r}(t + \Delta t) = 2\vec{r}(t) - \vec{r}(t - \Delta t) + \vec{a}(t)(\Delta t)^2,$$
$$\vec{v}(t) = \frac{\vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t - \Delta t)}{2\Delta t}$$

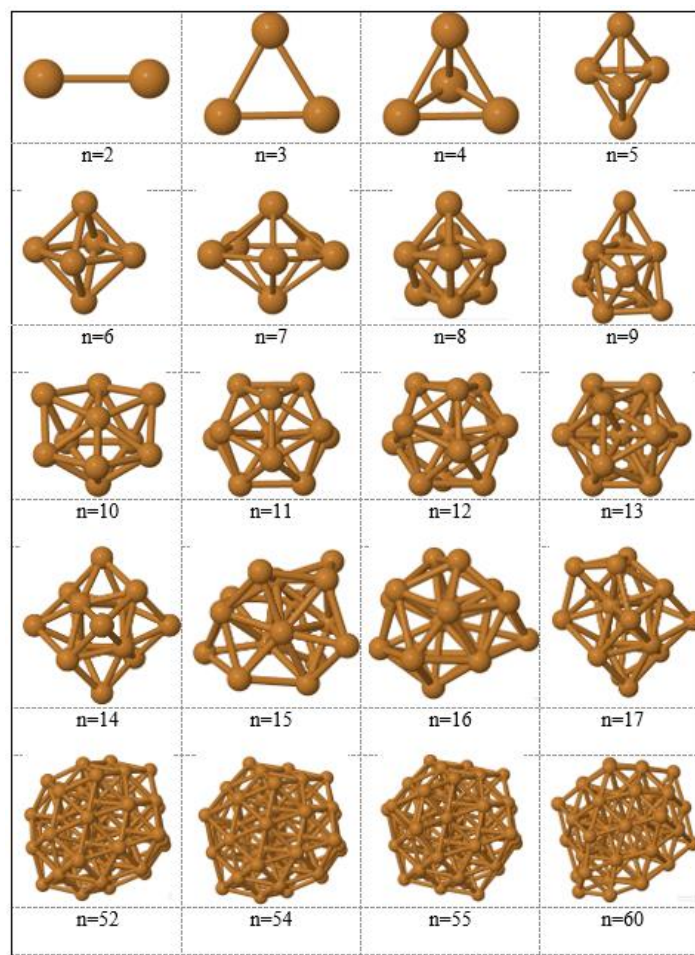


Simulyatsiya jarayoni. Metall tizimlarni modellashtirishda EAM (Embedded atom method) potentsialidan foydalaniladi [7].

Mis klasterlarining geometrik parametrlarini molekulyar dinamika usulida [8,9] hisoblash uchun "Sandia National Laboratories" tomonidan ishlab chiqilgan "LAMMPS" [11] dasturiy majmuasidan foydalanildi. Klasterlardagi atomlarning o'zaro ta'siri jarayonlarini hisoblash uchun EAM (Embedded atom method) potentsialidan foydalanilgan. Klasterlarning geometrik tuzilmalarini vizuallashtirish uchun Jmol [12] dasturidan foydalanilgan.

Har bir simulyatsiyada, dastlabki konfiguratsiya yaratilgandan so'ng, klasterning bog' uzunliklari har 10000 qadamda minimallashtirildi. Simulyatsiya bosqichlari izotermik-izobarik (NPT) sharoitlarda bajarildi va davriy chegara shartlari to'rtburchak simulyatsiya blokining barcha yo'nalishlariga qo'llanildi. Molekular dinamikani simulyatsiya qilish jarayonini 0,0001 ps vaqt qadami bilan bajarildi (Verlet algoritmi Nyutonning harakat tenglamalarini 0,0001 ps vaqt qadami bilan integrallash uchun ishlatilgan.). Simulyatsiya jarayoni 1000 ps davom etdi va bosim Berendsen barostati yordamida 1 barda ushlab turildi. Berendsen termostati yordamida erish harorati va erituvchi harorati mustaqil ravishda o'rnatilganda, harorat 1 ps uchun 300 K da saqlanadi.

Tadqiqot natijalari va muhokamalar. 1-rasmda kam atomli neytral kichik mis klasterlarining geometrik tuzilmalari keltirilgan. Rasmlardagi sharhalar mis atomlarini va sharlar orasidagi chiziqlar atomlar orasidagi o'zaro bog'lanishni ifodalaydi.



1-rasm. Atomlar soni 60 tagacha bo'lgan ba'zi neytral kichik mis klasterlarining geometrik tuzilmalari.

Cu_2 klasteri ikki nuqtani birlashtiruvchi kesma shakliga ega. Cu_3 klasteri teng tomonli uchburchak shakliga ega. Cu_4 klasteri muntazam tetraedr shakliga ega. Cu_5 klasteri beshta atomdan iborat. Klasterning uchta atomi bir tekislikda joylashgan teng tomonli uchburchakni hosil qiladi, qolgan ikkita atomi esa ushbu uchburchak markazidan yuqorida va pastda simmetrik tarzda joylashgan. Cu_6 klasteri oltilta atomdan iborat oktaedr shklga ega, ya'ni klasterning to'rtta atomi bir tekislikda joylashgan to'rtburchakni hosil qiladi, qolgan ikkita atomi esa ushbu to'rtburchak markazidan yuqorida va pastda simmetrik tarzda joylashgan bo'ladi. Cu_7 klasteri ettita atomdan iborat bo'lib, klasterning beshta atomi bir tekislikda oddiy beshburchak hosil qiladi, qolgan ikkita atomi esa ushbu beshburchak markazidan yuqorida va pastda simmetrik tarzda joylashgan. Cu_8 klasteri bir tekislikda to'rt



atomdan tashkil topgan oddiy parallelogram va bitta atom parallelogramning markazidan yuqorida, qolgan uchta atom esa parallelogramning markazidan pastda joylashgan holatda bo'ladi. Cu₁₃ va Cu₅₅ klasterlarining shakli sharsimon shaklga juda yaqin.

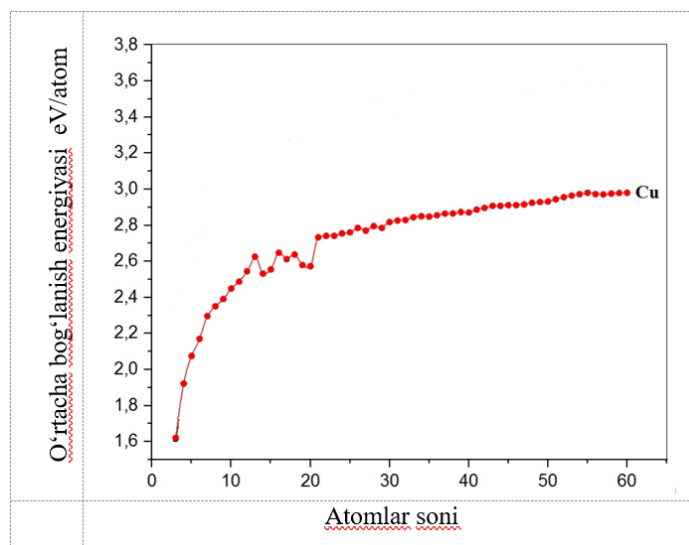
Cu₂ klasterining bog' uzunligi (Cu-Cu bog'lanish masofasi) 2,61Å ga teng. Cu₃ klasterining bog' uzunliklari 2,6Å ga teng. Cu₄ klasterida 2,6Å. Cu₅ klasterida 2,6Å va 2,61Å. Cu₆ klasterida 2,6Å va 2,61Å. Cu₇ klasterida bu masofalar 2,59Å, 2,62Å va 2,64Å. Cu₈ klasterida 2,43Å ÷ 2,96Å. Cu₉ klasterida 2,29Å ÷ 3,04Å. Cu₁₀ klasterida 2,56Å ÷ 2,65Å. Cu₁₁ klasterida bu masofalar 2,53Å ÷ 2,67Å ni tashkil qiladi. Cu₁₂ klasterida 2,5Å ÷ 2,68Å.

1-Jadval. O'n atomgacha bo'lgan neytral kichik mis klasterlarining strukturaviy parametrlarining qiyosiy jadvali (Cu-Cu bog'lanish masofasi) (qiymatlar Å da).

Cluster	Structura parametrlari		Bizning natijalarimiz
	[8]-Adabiyot bo'yicha	[9]-Adabiyot bo'yicha	
Cu ₂	2.21		2.16
Cu ₃	2.30	2.25	2.28
		2.24	2.28
		2.24	2.28
Cu ₄	2.35	2.23	2.35
	2.32	2.22	2.35
		2.24	2.35
Cu ₅	2.30	2.23	2.36
	2.42	2.38	2.42
Cu ₆	2.36	2.4	2.36
	2.47	2.39	2.38
	2.42	2.41	2.41
	2.28		2.57

Cu ₇	2.39	2.41	2.39		
	2.39	2.63	2.42		
		2.45	2.39		
Cu ₈	2.35	2.47	2.41	2.41	2.42
	2.38	3.07	2.61	2.41	3.12
	2.39	2.38	2.59	2.42	2.39
	2.35	2.47	2.39	2.39	2.42
Cu ₉	2.44	2.40	2.44	2.42	2.41
	2.41	2.37	2.59	2.42	2.41
	2.44	2.37	2.41	2.42	2.41
	2.43	2.38		2.42	2.41
Cu ₁₀	2.33			2.39	
	2.42			2.44	
	2.45			2.46	

2-rasmda klasterning kattaligiga (ulardagi atomlar soniga) qarab o'rtacha bog'lanish energiyasining (klasterning atomiga) atomlar soniga bog'liqlik grafigi keltirilgan. Grafik shuni ko'rsatadiki, klaster qancha katta bo'lsa, undagi atomlarning o'rtacha bog'lanish energiyasini qiymati shuncha katta bo'ladi.



2-rasm. Klaster o'rtacha bog'lanish energiyasining klasterdagi atomlar soniga bog'liqligi



Xulosa. Molekulyar dinamika (MD) usulida EAM potensialidan foydalangan holda neytral kichik mis klasterlarining geometrik xususiyatlari o‘rganildi. Kompyuterda modellashtirish orqali kam atomli mis klasterlarning barqaror tuzilmalari va konfiguratsiyalari o‘rnatildi, hamda mis klasterlaridagi bog‘lanish energiyasining atomlar soniga bog‘liqligi aniqlandi. Klasterlar atomlari orasidagi bog‘ uzunliklari aniqlandi. Ba’zi kam atomli mis klasterlarining (Cu_n , $n=2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 52, 54, 55, 60$) vizual tasvirlari olindi. 1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, tarkibi 13 va 55 atomdan tashkil topgan mis klasterlarining (Cu_{13} va Cu_{55}) shakli sharsimon shaklga juda yaqin. Metallar uchun sehrli songa ega bo‘lgan barqaror klasterlar mavjud [10]. Cu_{13} va Cu_{55} klasterlarining sferik shaklga juda yaqinligi ham ana shu “sehrli son” bilan bog‘liq. Juft sondagi atomlarga ega bo‘lgan mis klasterlari toq sondagi atomlarga ega mis klasterlariga qaraganda barqarorligi aniqlandi. Kompyuter eksperimenti orqali olingan natijalar eksperimental va boshqa nazariy tadqiqotchilar tomonidan olingan natijalar bilan taqqoslandi va natijalar bir biriga mos ekanligi aniqlandi.

Ushbu tadqiqot ishi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg‘ona filialining “Murakkab jarayonlarni modellashtirish” ilmiy-tadqiqot laboratoriyasida amalga oshirildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Böyükata M., Belchior J.C. (2008). Structural and energetic analysis of copper clusters: MD study of Cu_n ($n = 2-45$). J. Braz. Chem. Soc., Vol. 19, No. 5, 884-893.
2. Kabir M., Mookerjee A., Bhattacharya A.K. (2004). Copper clusters: electronic effect dominates over geometric effect. Eur. Phys. J. D 31, 477-485.
3. Jug K., Zimmermann B. (2002). Structure and stability of small copper clusters. J. Chem. Phys., Vol 116, No 11.
4. P. Calaminici, A. M. Koester, N. Russo, D. R. Salahub. A density functional study of small copper clusters: Cu_n ($n < 5$).
5. Francisco E. Jorge, Igor B. Ferreira, Danilo D. Soprani and Thieberson Gomes. Estimating the Impact of an All-Electron Basis Set and Scalar Relativistic Effects on the Structure, Stability, and Reactivity of Small Copper Clusters. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20150261>
6. Gong Heng-Feng, Li Gong-Ping and Jia Yan-Hui. Isomers of the Cu_5 cluster: a density function theory study. <https://doi.org/10.1088/1674-1056/20/3/033105>
7. Murray S. Daw., Baskes M.I. (1984). Embedded-atom method: Derivation and application to impurities, surfaces, and other defects in metals. J. Phy. Rev., Vol 29, No 12, 6443-6453.
8. Bogatikov E.V., Bityutskaya L.A., Shebanov A.N. (2013). Modelirovanie nanoklasterov metodom molekulyarnoy dinamiki. Izdatelsko-poligraficheskiy tsentr Voronejskogo gosudarstvennogo universiteta, S.10-24.
9. Michael P. Allen. (2004). Introduction to Molecular Dynamics Simulation. Computational Soft Matter, John von Neumann Institute for Computing, NIC series Vol. 23, pp. 1-28.
10. Kuzmin, V.I., Tytik, D.L., Belashchenko, D.K. et al. Structure of silver clusters with magic numbers of atoms by data of molecular dynamics. Colloid J 70, 284–296 (2008).
11. <https://docs.lammps.org/Manual.html>
12. <https://chemapps.stolaf.edu/jmol/docs/>

