



Solving molecular physics problems with graphical methods using digital technologies

Nuriddin TASHMURODOV¹

Uzbekistan – Finland Pedagogical Institute

ARTICLE INFO

Article history:

Received September 2024

Received in revised form

15 October 2024

Accepted 25 October 2024

Available online

25 December 2024

Keywords:

Molecular physics,
digital technologies,
graphical methods,
Python programming
language,
NumPy library,
Matplotlib library,
density,
temperature,
pressure,
scientific research,
educational process.

ABSTRACT

This article explores the application of digital technologies in solving problems within the molecular physics section of physics through a graphical approach. It demonstrates the use of the Python programming language and its libraries for graphically solving molecular physics problems. Specifically, the relationships between gas density, temperature, and pressure are modeled, allowing for a deeper understanding of these variables' interdependence.

By analyzing variations in gas density, temperature, and pressure, a Python-based model is developed to generate corresponding graphs. The integration of digital technologies in this approach significantly improves the efficiency of studying physical processes in molecular physics. The results obtained through this methodology provide students and researchers with enhanced opportunities to bridge scientific theory with practical applications.

2181-1415/© 2024 in Science LLC.

DOI: <https://doi.org/10.47689/2181-1415-vol5-iss11/S-pp34-43>

This is an open access article under the Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Raqamli texnologiyalar asosida molekulyar fizikadan grafikli usulda masalalar yechish

ANNOTATSIYA

Kalit so'zlar:

molekulyar fizika,
raqamli texnologiyalar,
grafik usul,
Python dasturlash tili,
numpy kutubxonasi,
matplotlib kutubxonasi,
zichlik,
harorat, b

Ushbu maqolada raqamli texnologiyalar yordamida fizikaning molekulyar fizika bo'limiga doir masalalarni grafik usulda yechish jarayoni ko'rsatilgan. Python dasturlash tili va uning kutubxonalaridan foydalanib, molekulyar fizika bo'limining masalalarini yechish uchun grafik usuldan foydalanish ko'rsatilgan. Gazlarning zichligi, harorati va bosimlari o'rtasidagi bog'liq jarayonlar modellashtirildi. Hamda

¹ Assistant, Uzbekistan – Finland Pedagogical Institute. E-mail: nuriddintoshmurodov94@mail.ru

osim,
ilmiy tadqiqotlar,
ta'lim jarayoni.

gazlarning zichligi, harorati va bosimlarining o'zgarish qiymatlaridan foydalanilib, Python dasturida yig'ilgan modelda grafiklar chizildi. Raqamli texnologiyalardan foydalanilib yaratilgan model yordamida molekulyar fizika bo'limidagi fizik jarayonlarni o'rganishda yuqori samaradorlikka erishishga xizmat qiladi. Ushbu metodologiya orqali olingan natijalar talabalar va tadqiqotchilar uchun ilmiy nazariyalarni amaliyotda qo'llash imkoniyatlarini kengaytiradi.

Графическое решение задач молекулярной физики на базе цифровых технологий

АННОТАЦИЯ

Ключевые слова:

Молекулярная физика,
цифровые технологии,
графический метод,
язык программирования
Python,
библиотека NumPy,
библиотека Matplotlib,
плотность,
температура,
давление,
научные исследования,
образовательный процесс

В данной статье показан процесс графического решения задач раздела молекулярной физики с использованием цифровых технологий. Продемонстрировано применение языка программирования Python и его библиотек для графического подхода к решению задач молекулярной физики. Были смоделированы процессы зависимости между плотностью, температурой и давлением газов. Также на основе изменений значений плотности, температуры и давления газов создана модель на языке Python, где построены соответствующие графики. Модель, разработанная с использованием цифровых технологий, способствует достижению высокой эффективности в изучении физических процессов в молекулярной физике. Полученные с помощью данной методологии результаты расширяют возможности студентов и исследователей в применении научных теорий на практике.

KIRISH

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 19.03.2021-yildagi PQ-5032-sonli "Fizika sohasidagi ta'lim sifatini oshirish va ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarorida ta'lim jarayoniga zamonaviy o'qitish uslublarini, shu jumladan axborot kommunikatsiya texnologiyalarini keng joriy qilish ustuvor vazifalardan biri etib belgilandi. Ushbu qarorning ijrosi sifatida fizika fanidan amaliy mashg'ulotlarda raqamli texnologiyalardan foydalanish ustida tadqiqot ishlari olib borildi.

Hozirgi kunda raqamli texnologiyalar insoniyat hayotining har bir jabhasiga chuqur kirib bormoqda. Ularning ta'siri nafaqat kundalik ishlarimizda, balki ilmiy tadqiqotlar va muhandislik sohalarida ham o'z ifodasini topmoqda. Ayniqsa, molekulyar fizika sohasida raqamli texnologiyalar asosida yangi yechimlar va innovatsion yondashuvlar yaratilmoqda. Molekulyar tizimlarning murakkabligini va ulardagi fizik jarayonlarni tushunish uchun grafikli usullar, masalan, kompyuter simulyatsiyalari, ma'lumotlarni tahlil qilish va vizualizatsiya qilishda katta ahamiyatga ega.

Bu maqolada raqamli texnologiyalar asosida molekulyar fizika masalalarini grafikli usulda yechish jarayoni ko'rib chiqiladi. Raqamli simulyatsiyalar yordamida molekulyar tizimlarning dinamikasi va tuzilishi haqida chuqurroq ma'lumot olish mumkin. Grafikli

yondashuvlar esa ushbu murakkab tizimlarning xulq-atvorini tasvirlashda samarali vosita sifatida xizmat qiladi. Molekulyar simulyatsiyalar, dasturlashtirilgan grafikalar va algoritmlar yordamida fizik jarayonlarni ko'rish va tahlil qilish, ilmiy izlanishlarda yangi ufqlarni ochadi.

Ma'lumki, molekulyar fizikada energiya almashinuvi, molekulalararo o'zaro ta'sirlar ideal gaz qonunlari va boshqa jarayonlar haqida to'liq tasavvurga ega bo'lish uchun aniq va samarali grafik ko'rsatkichlar zarur. Ushbu maqola bunday grafikli usullarni molekulyar fizika masalalarini yechishda qo'llash imkoniyatlarini, ularning afzalliklari va natijalari bilan tanishtirishga bag'ishlangan.

ADABIYOTLAR SHARHI VA METODOLOGIYA

Raqamli texnologiyalar asosida molekulyar fizikadan grafikli usulda masalalar yechish zamonaviy ilm-fan va texnologiyalarning rivojlanishi bilan juda muhim ahamiyatga ega. Ushbu sohada raqamli texnologiyalar yordamida molekulyar fizika masalalarini yechish usullari o'zgarib, yanada takomillashmoqda.

Maksvell-Bolsman taqsimoti bo'yicha har xil haroratlarda eng ehtimoliy tezlik, o'rtacha tezlik va o'rtacha kvadrat tezligiga ega interaktiv grafik[1]da ko'rsatilgan. Tezlik taqsimotini ko'rsatadigan interaktiv grafikni yaratish uchun Python kodi taqdim etilgan.

O'rta ta'lim maktablarida fizikani interaktiv o'rganishga yordam berish uchun kompyuter simulyatsiyasidan foydalanish EduPython ilovasi[2]da taqdim etilgan. Maktab sharoitida o'tkazib bo'lmaydigan tajribalardan biri Koriolis kuchini o'rganish, EduPython ilovasi yordamida o'rganilgan.

Python dasturi yordamida yozilgan, tkinter kutubxonasi GUI (grafik foydalanuvchi interfeysi) yaratish uchun[3]da keltirilgan. Dastur bir silindr shaklidagi ikki stakan orasidagi suvning qizitish haroratharoratini hisoblash uchun yaratilgan.

Fizikadan masala yechishning ko'pgina usullari mavjud bo'lib, ulardan biri masala yechishning grafikli usulidir. Raqamli texnologiyalar asosida grafik usulida fizik masalalarni yechish, an'anaviy metodlardan farqli o'laroq, o'quvchilarga mavzuga oid bo'lgan katta hajmli ma'lumotlarni o'zlashtirishga yordam beradi. Bugungi kunga kelib grafikli usulda masala yechish uchun qo'llash mumkin bo'lgan bir qancha kompyuter dasturlari, grafikli kalkulyatorlar mavjud bo'lib, ulardan biri Desmos grafikli kalkulyatoridir. Desmos grafikli kalkulyatori yordamida fizikadan grafikli usulda masala yechish borasidagi tadqiqot natijalari [4]da muhokama etilgan.

Fizik masalalarning yechish usuliga ko'ra sifatiiy, eksperimental, grafik va mantiqiy masalalarning mazmun mohiyati hamda masalalarni yechish ketma-ketliklari molekulyar fizika bo'limi misolida[5]da keltirilgan.

O'rta ta'lim maktablarida fizika faniga oid eksperimental, grafik va ijodiy masalalar yechish usullari Phet interactive simulations dasturi yordamida keltirilgan[6]. Fizika masalalarini yechish texnologiyalari haqida ma'lumot[7]da berilgan. Molekulyar fizikadan masalalarni yechishda Python dasturlash tilini qo'llash metodikasi[8]da keltirilgan. Python dasturlash tili yordamida masalalarni yechish, masalalarning grafigini yaratish va natijalarni vizual tarzda taqdim etish jarayoni[9]da ko'rib chiqilgan.

1. Maqsad va vazifalar

Molekulyar fizika masalalarini grafik usulda yechish uchun raqamli texnologiyalarni qo'llashdan asosiy maqsadlar:

- ❖ Murakkab molekulyar tizimlarni model qilish.
- ❖ [Natijalarni grafik tarzda taqdim etish va analiz qilish.

❖ Python dasturlash tilidan foydalanib simulyatsiyalarni osonlashtirish, masalalarning grafiglarini chizishdan iborat.

2. Dasturiy ta'minot

Python: Raqamli simulyatsiyalarni yaratish va natijalarni analiz qilish uchun keng tarqalgan dasturlash tili. Pythonning ko'plab kutubxonalari, masalan, numPy, Matplotlib, va SciPy, molekulyar fizika masalalarini yechish jarayonini yengillashtiradi

3. Grafik vizualizatsiya

➤ **Matplotlib:** Natijalarni grafik ko'rinishda taqdim etish uchun foydali vosita hisoblanadi. Molekulyar dinamikasi simulyatsiyalari natijalarini grafiklar orqali ko'rsatadi.

➤ **Mayavi:** 3D vizualizatsiya qilish uchun foydali kutubxona. Molekulalar orasidagi o'zaro ta'sirlarni ko'rsatishda foydalaniladi.

4. Amaliyot

Molekulyar dinamikasi simulyatsiyalarini o'tkazish:

✓ Har bir molekulyar tizim uchun dastlabki shartlarni belgilash.

✓ Simulyatsiya jarayonini o'tkazish va natijalarni saqlash.

✓ Natijalarni Python kutubxonalari yordamida tahlil qilish va grafik ko'rinishda taqdim etish.

TAHLIL VA NATIJALAR

Raqamli texnologiyalar, ayniqsa Python kabi dasturlash tillari, molekulyar fizika sohasida simulyatsiya va ma'lumotlarni vizualizatsiya qilish imkoniyatlarini kengaytiradi. Ushbu texnologiyalar yordamida murakkab matematik modellarni ishlab chiqish va ulardan foydalanish mumkin. Molekulyar fizikada raqamli modellashtirish jarayonlarining real ko'rinishini yaratadi va ta'lim jarayonini yanada samarali qiladi.

Python dasturlash tili: Python, o'zining qulay sintaksisi va kuchli kutubxonalari (masalan, NumPy, Matplotlib) bilan, ilmiy hisob-kitoblar va simulyatsiyalarni amalga oshirishda keng qo'llaniladi. Bu dasturiy vositalar yordamida molekulyar dinamikani, gaz qonunlarini va boshqa fizik jarayonlarni o'rganish mumkin.

Grafik ko'rsatish: Python kutubxonalaridan foydalanib, olingan natijalarni grafik ko'rinishda taqdim etish mumkin. Bu esa o'quvchilarga va tadqiqotchilarga ma'lumotlarni yaxshiroq tushunishga yordam beradi.

Grafiklarning ahamiyati: Grafiklar orqali molekulyar fizikadagi jarayonlarni tushunish osonlashadi. Masalan, ideal gaz qonunlari grafiklari o'quvchilarga gazning xatti-harakatlarini intuitiv ravishda tushunishga yordam beradi.

Ma'lumotlar o'rganilishi: Python dasturi orqali olingan grafiklar, natijalarning taqqoslanishi va o'zaro bog'liqliklarni aniqlashda muhim vosita hisoblanadi. Olingan grafiklar, o'quvchilarga fizik qonunlarni o'rganish va tatbiq etishda qo'llaniladi

1-masala. Dastlabki haroratharorati 27 °C bo'lgan ideal gaz izobarik kengayib, uning hajmi 24% ga ortdi. Uning keyingi haroratharorati qanday bo'lgan?

Yechish. Bu masalani yechish uchun ideal gaz qonunidan foydalanamiz. Ideal gaz qonuniga ko'ra, izobarik jarayonda gazning hajmi va haroratharorati o'rtasidagi bog'lanish quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (1)$$

- ✓ V_1 – dastlabki hajm
- ✓ V_2 – keyingi hajm
- ✓ T_1 – dastlabki harorat
- ✓ T_2 – keyingi harorat

Dastlabki harorat $T_1 = 27^\circ C = 27 + 273,15 = 300,15 K$

Hajmning o'zgarishi $V_2 = V_1 + 0,24V_1 = 1,24V_1$

Bu yerda hajm 24% ga ortgani uchun

$$V_2 = 1,24V_1$$

(1) - formuladan T_2 - ni topamiz:

$$T_2 = \frac{V_2 \cdot T_1}{V_1} \tag{2}$$

$$T_2 = 1,24T_1 = 1,24 \cdot 300,15 = 372,186 K$$

Natijani keltirish

$$T_2 = 372,186 - 273,15 = 99,036^\circ C$$

Xulosa

Ideal gazning dastlabki harorati $27^\circ C$ bo'lsa va hajmi 24% ga ortsa, uning keyingi harorati taxminan $99.04^\circ C$ ($372,186 K$)ga teng bo'ladi.

Endi shu masalani Python dasturida grafikli usulda yechishni qarab chiqaylik.

1. Import qilish

Dasturning boshida kerakli kutubxonalarni import qilamiz:

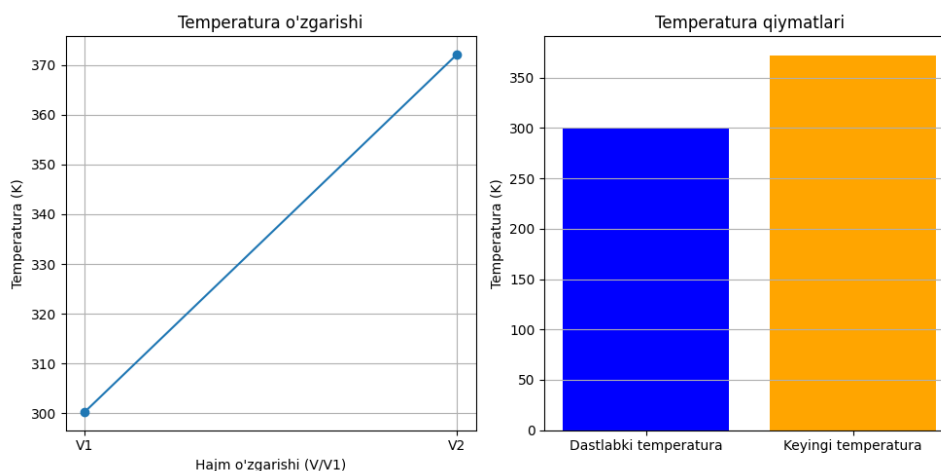
```
import numpy as np
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

numpy – matematik hisob-kitoblar uchun.

matplotlib.pyplot – grafiklarni chizish uchun.

Masalaning yechilish namunasiga qarab berilganlar uchun Python dasturida kerakli kodni kiritamiz va natija quyidagicha bo'ladi.



1-rasm

2-masala. Kislород zichligining 1) $T=\text{const}=390\text{ K}$ haroratda bosimga bog'lanish ($0 \leq p \leq 400\text{ kPa}$ intervalda 50 kPa dan oralatib) va 2) $p=\text{const}=400\text{ kPa}$ bosimda haroratga bog'lanish ($200 \leq T \leq 300\text{ K}$ intervalda 20 K dan oralatib) grafigi chizilsin [10].

Yechish: 1) $T=390\text{ K}$ da kislород zichligining bosimga bog'lanishi.

Birinchi qadam – kislородning bosimga bog'liqlik zichligini hisoblaymiz. Mendeleyev – Klapeyron tenglamasidan

$$PV = \frac{m}{\mu}RT$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \Rightarrow PV = \frac{\rho V}{\mu}RT$$

$$\rho = \frac{P\mu}{RT}, \mu = 0,032\text{ kg/mol}$$

a) Har bir bosim uchun zichlikni hisoblaymiz.

1. $P = 0\text{ Pa}:$

$$\rho = \frac{0}{8,31 \cdot 390} = 0\text{ kg/m}^3$$

2. $P = 5000\text{ Pa}:$

$$\rho = \frac{50000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 390} = 0,5\text{ kg/m}^3$$

3. $P = 100000\text{ Pa}:$

$$\rho = \frac{100000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 390} = 1\text{ kg/m}^3$$

4. $P = 150000\text{ Pa}:$

$$\rho = \frac{150000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 390} = 1,5\text{ kg/m}^3$$

5. $P = 200000\text{ Pa}:$

$$\rho = \frac{200000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 390} = 2\text{ kg/m}^3$$

6. $P = 250000\text{ Pa}:$

$$\rho = \frac{250000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 390} = 2,5\text{ kg/m}^3$$

7. $P = 300000\text{ Pa}:$

$$\rho = \frac{300000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 390} = 3\text{ kg/m}^3$$

8. $P = 350000\text{ Pa}:$

$$\rho = \frac{350000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 390} = 3,5\text{ kg/m}^3$$

9. $P = 400000\text{ Pa}:$

$$\rho = \frac{400000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 390} = 4 \text{ kg/m}^3$$

1-jadval

P, kPa	0	50	100	150	200	250	300	350		400
$\rho, \text{kg/m}^3$	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5		4

2) $P=400 \text{ kPa}$ da kislorod zichligining haroratga bog'lanishi

Bu holatda bosimni 400 kPa ga o'rnatamiz va haroratni 200 K dan 300 K gacha 20 K oralig'ida o'zgatiriramiz.

Hisoblash

1. $T = 200 \text{ K}$:

$$\rho = \frac{400000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 200} = 7,7 \text{ kg/m}^3$$

2. $T = 220 \text{ K}$:

$$\rho = \frac{400000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 220} = 7 \text{ kg/m}^3$$

3. $T = 240 \text{ K}$:

$$\rho = \frac{400000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 240} = 6,5 \text{ kg/m}^3$$

4. $T = 260 \text{ K}$:

$$\rho = \frac{400000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 260} = 6 \text{ kg/m}^3$$

5. $T = 280 \text{ K}$:

$$\rho = \frac{400000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 280} = 5,5 \text{ kg/m}^3$$

6. $T = 300 \text{ K}$:

$$\rho = \frac{400000 \cdot 0,032}{8,31 \cdot 300} = 5,2 \text{ kg/m}^3$$

2-jadval

T, K	200	220	240	260	280	300
$\rho, \text{kg/m}^3$	7,7	7	6,5	6	5,5	5,2

Endi shu masalani Python dasturida grafigini chizaylik.

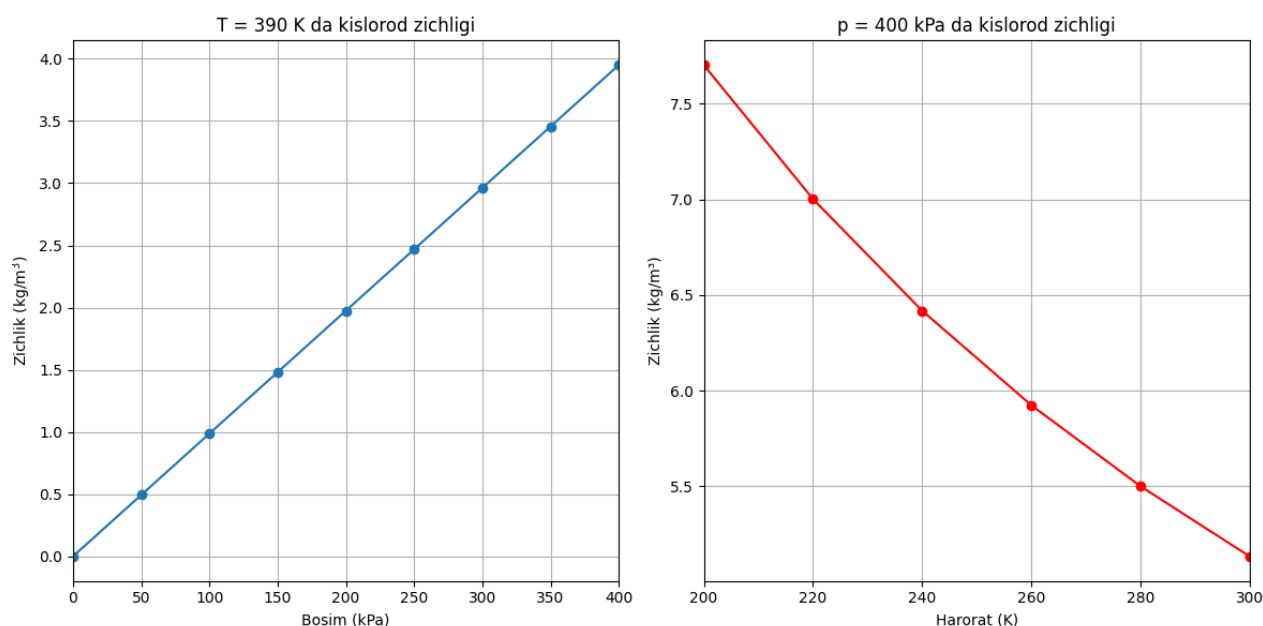
1. Import qilish

Dasturning boshida kerakli kutubxonalarni import qilamiz:

```
import numpy as np
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

- numpy: Matematik va statistik hisob-kitoblar uchun foydalaniladi, ayniqsa massivlar bilan ishlashda.
- matplotlib.pyplot: Grafiklar chizish uchun ishlatiladi



2-rasm

MUHOKAMA

Raqamli texnologiyalar asosida molekulyar fizika masalalarini grafik usulda yechish so'nggi yillarda ilmiy tadqiqotlarda muhim o'rin egallaydi. Ushbu jarayon molekulyar tizimlar va ularning dinamikasini tahlil qilishda ilg'or metodologiyalarni qo'llashga imkon beradi. Python dasturlash tili bu jarayonda eng keng tarqalgan vositalardan biri bo'lib, uning qulayligi va kuchli kutubxonalari simulyatsiya va natijalarni grafik tarzda taqdim etish imkoniyatlarini kengaytirmoqda.

Molekulyar fizika, asosan, atom va molekular tizimlarning harakatlarini hisoblash va tahlil qilishga asoslanadi. Pythonning oddiy sintaksisi va kuchli kutubxonalari, masalan, NumPy, SciPy, va Matplotlib, tadqiqotchilarga murakkab hisob-kitoblarni soddalashtirish imkonini beradi. Molekulyar dinamikasi simulyatsiyalari uchun ishlatiladigan MD (molekulyar dinamika) dasturlari, masalan, LAMMPS yoki GROMACS, Python orqali interfeys yaratish imkoniyatini beradi, bu esa foydalanuvchilarga simulyatsiyalarning har bir bosqichini osonlik bilan boshqarish imkonini beradi.

Natijalarni grafik ko'rinishda taqdim etish, molekulyar tizimlar dinamikasini tushunishga yordam beradi. Pythonning Matplotlib va Mayavi kabi kutubxonalari, natijalarni 2D va 3D formatida ko'rsatishda keng imkoniyatlar yaratadi. Ushbu vizualizatsiya jarayoni, natijalarni tahlil qilishda va muammolarni aniqlashda juda muhimdir. Grafiklar yordamida foydalanuvchilar molekular tizimlarning harakatlarini, energiya o'zgarishlarini va boshqa fizikaviy xossalarni osongina kuzatishlari mumkin.

Amaliy qo'llanilishi

Molekulyar fizika masalalarini yechishda raqamli texnologiyalar va Python dasturlash tilidan foydalanish, masalan, materiallarning xossalarni oldindan bashorat qilishda yoki kimyoviy reaksiyalar dinamikasini o'rganishda keng qo'llaniladi.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, bu metodologiyalar nafaqat nazariy tahlil, balki amaliy dasturlarda ham, masalan, yangi materiallar ishlab chiqish yoki yangi dori vositalarini sinovdan o'tkazishda samarali natijalar beradi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Raqamli texnologiyalar asosida molekulyar fizika masalalarini grafik usulda yechish ilmiy tadqiqotlar va amaliy dasturlarda yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Ushbu metodologiya yordamida murakkab molekulyar tizimlarning dinamikasini tahlil qilish, ularning fizikaviy xossalarini aniqlash va simulyatsiya natijalarini aniq grafiklar orqali taqdim etish imkoniyatlari kengaymoqda. Python dasturlash tili va uning kuchli kutubxonalari, masalan, NumPy, Matplotlib va Mayavi, ushbu jarayonni osonlashtiradi va samaradorligini oshiradi. Bunday yondashuv, nafaqat ilmiy tadqiqotlar, balki yangi materiallar ishlab chiqish va innovatsion texnologiyalarni yaratishda ham muhim ahamiyatga ega.

Biroq raqamli simulyatsiyalar ham ba'zi cheklovlarga ega. Ular, masalan, hisoblash quvvatiga, ma'lumotlarni qayta ishlash va saqlashga bog'liq. Shuningdek, simulyatsiyalar natijalarining aniqligi, ishlatiladigan model va parametrlar sifatiga bog'liq. Kelajakda raqamli texnologiyalarning yanada rivojlanishi, masalan, sun'iy intellekt va texnologiyalarni o'rganish yordamida simulyatsiyalarni optimallashtirish va yaxshilash imkoniyatlari mavjud.

Takliflar

➤ Ta'lim va seminarlar: Talabalar va tadqiqotchilar uchun Python dasturlash tili va raqamli simulyatsiyalar bo'yicha ta'lim va seminarlar tashkil etish. Bu, yangi avlod ilmiy tadqiqotchilarini tayyorlash va ularga zamonaviy usullardan foydalanishni o'rgatish imkonini beradi.

➤ Praktik ilova: Raqamli texnologiyalar va molekulyar fizika bo'yicha amaliy qo'llanmalar va case studylarni ishlab chiqish. Bu tadqiqotlar va simulyatsiyalar natijalarini real hayotga tatbiq etish imkoniyatlarini kengaytiradi.

Ushbu takliflar, raqamli texnologiyalar asosida molekulyar fizika masalalarini yechishda samaradorlikni oshirishga, yangi ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirishga va amaliy natijalarni qo'lga kiritishga yordam beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Bravenec A. D., Ward K. D. Interactive python notebooks for physical chemistry. – 2022.

2. Binek S. et al. Using computer simulation to aid the interactive learning of physics in secondary education //Physics Education. – 2018. – T. 53. – №. 5. – C. 055006.

3. Olimov B. A. FIZIKADAN MASALALAR YECHISHDA PYTHON TILIDAN FOYDALANISH METODIKASI //Science and innovation. – 2024. – T. 3. – №. Special Issue 23. – C. 19-22.

4. Raxmatullayevna G. Z. RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA FIZIKADAN GRAFIKLI USULDA MASALALAR YECHISH //Архив научных исследований. – 2022. – Т. 5. – №. 5.

5. Toshmurodov N. P., Esanboyev D. N. O. G. L. Fizikada masalalarning yechilish usuliga ko'ra tasniflanishi molekulyar fizika bo'limi misolida //Science and Education. – 2024. – T. 5. – №. 3. – C. 225-230.

6. Toshmurodov N. P. et al. O'rta ta'lim maktablarda fizika masalalarning yechilish usullari //Science and Education. – 2024. – T. 5. – №. 4. – С. 283-290.

7. Toshmurodov N. P., Masalalarning yechilish usuliga ko'ra tasniflanishi molekulyar fizika bo'limi misolida //PEDAGOGIK MAHORAT Ilmiy-nazariy va metodik jurnal 10-son (2024-yil, oktabr) ISSN 2181-6883 Buxoro. – 2024. – С. 52-58.

8. Toshmurodov N. P., Molekulyar fizikadan masalalar yechishda Python dasturlash tilidan foydalanish metodikasi //Matematika, fizika va informatika fanlarini o'qitishning dolzarb muammolari Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari to'plami 18-19-oktabr 2024-yil. Samarqand 329-332 b.

9. Toshmurodov Nuriddin Pardaqulovich. (2024). FIZIKA FANIDAN MASALALAR YECHISHDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALARDAN FOYDALANISH. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14169084>

10. V.S.Volkenshteyn. Umumiy fizikadan masalalar to'plami. O'quv qo'llanma. Toshkent: O'qituvchi, 1989.

11. <https://zachnik.ru/blog/zadachi-po-molekuljarnoj-fizike-primery-reshenij/>
https://exir.ru/other/chertov/examples/molekulyarnaya_fizika_termodinamika.htm