DOI: 10.55090/19964552_2024_6_82_97

# МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ

**Хужанов Эркин Бердиевич,**
*доктор философии (PhD) по педагогическим наукам, доцент, Заведующий кафедрой физики и методики ее преподавания*
Ташкентский государственный педагогический университет имени Низами, Республика Узбекистан
Arktur2012@mail.ru

**АННОТАЦИЯ**
В данной статье освещено значение статистических закономерностей, применяемых в методике преподавания молекулярной физики в педагогическом вузе. Предложено современное определение некоторых статистических понятий в молекулярной физике. Представлены тематические case-задания и рекомендации по их выполнению.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *непрерывное образование, методика преподавания физики, статистический метод, статистическая система, молекулярно-кинетическая теория, анализ, синтез, вывод, кейс-задание, распределение Максвелла, вероятность, учебный процесс, флуктуация, микро- и макросостояние, термодинамическая система, атом, молекула, случайное событие.*

# METHODOLOGY FOR TEACHING PHYSICS IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS BASED ON STATISTICAL LAWS

**Khujanov Ekin,**
*Doctor of Philosophy (PhD) in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physics and Methods of its Teaching at*
Tashkent State Pedagogical University named after Nizami, Republic of Uzbekistan.

**ABSTRACT**
This article describes the significance of statistical patterns used in physics teaching methodology. The modern definition of some statistical concepts in molecular physics, a thematic case problem, and suggestions and recommendations for its implementation have been developed.

KEYWORDS: *Continuing education, physics teaching methodology, statistical method, statistical system, molecular-kinetic theory, analysis, synthesis, conclusion, case study, Maxwell distribution, probability, learning process, fluctuations, micro- and macro-state, thermodynamic system, atom, molecule, random phenomena.*

В мировом образовании всё большее значение приобретает обогащение педагогических возможностей, в частности физического образования, практическим и прикладным содержанием для повышения качества преподавания точных и естественных наук, а также совершенствование методических основ в соответствии с современными тенденциями развития физики. В XXI веке образование мирового уровня было признано ключевым фактором для обеспечения устойчивого развития, а в концепции международного образования до 2030 года, «предоставление возможностей для получения качественного образования на протяжении всей жизни» было определено как неотложная задача[1]. Это требует повышения уровня профессионально-методической подготовки педагогов, в том числе, учителей физики, в системе непрерывного образования, повышения эффективности использования статистического метода в процессе обучения.

[1] Incheon declaration: Education 2030 - towards inclusive and equitable quality education and lifelong learning for all (Word Education Forum, 19-22 may 2015, Incheon, Republic of Korea).

Во всем мире качество, связанное с логическим, вероятностно-статистическим, креативным образом мышления, как важный критерий, определяющий знания, приобретенные учащимися по физике, имеет большое значение и требует проведения исследовательской работы, основанной на инновационном подходе в этой области. Данное исследование важно тем, что направлено на педагогическое и психологическое решение таких задач, как повышение активности учащихся, развитие естественнонаучного мировоззрения, статистического стиля мышления, формирование компетенции по предмету на основе статистического метода, активного применения полученных знаний и навыков в решении задач и выполнении лабораторных работ.

Преподавание курса молекулярной физики включает в себя трудности на всех этапах системы физического образования, в том числе:

В молекулярной физике принципиально невозможно прямое визуальное наблюдение изучаемых физических объектов человеческим глазом;

- из-за огромного числа атомов и молекул может потребоваться большой объём вычислений;
- принципиально невозможно реализовать вычисления, основанные на законах Ньютона применительно к каждой, отдельно взятой частице;
- требует от студентов склонности к творческому воображению и абстрактному мышлению;
- учащиеся и студенты должны знать статистические закономерности и уметь их применять на практике.

При изучении курса молекулярной физики используются термодинамические и статистические методы. Термодинамические методы не могут объяснить закономерности движения молекул. Если мы посмотрим на последовательность изложения тем в курсе молекулярной физики, то после вводной части обычно переходят к изучению свойств идеального газа, и на основе этой модели рассматривают молекулярно-кинетическую теорию газов. **Сначала понятие температуры вводится как мера средней кинетической энергии хаотически движущихся молекул.** Затем на основе молекулярно-кинетической теории выводится основное уравнение состояния идеального газа, из которого в частных случаях находят законы газа. Следовательно, при изучении молекулярной физики в средней и высшей школе строго соблюдается последовательность. В научной литерату-

ре по физике физический смысл вводимых новых понятий раскрывается лишь с использованием статистических методов при условии соблюдения упомянутой выше последовательности [1, 2, 3, 4].

Идея использования вероятностно-статистических идей в молекулярно-кинетической теории газов была впервые высказана немецким физиком Крионигом. Подчеркивая хаотичность движения отдельно рассматриваемой молекулы, он высказал мысль о том, что «порядок можно упорядочить» на основе закономерностей теории вероятностей, но эта мысль в то время оставалась без внимания.

**Клаузиус подробно изложил кинетическую теорию газов, ввел в физику понятие «идеальный газ» и использовал идею молекулярного хаоса. Он также ввел такие понятия, как средняя скорость, средний свободный пробег, среднее число столкновений и другие. Однако в своих работах он рассматривал статистические методы не как новую физическую концепцию, а лишь как математический инструмент.**

**Одновременное возникновение молекулярно-кинетической теории газов и термодинамики не является случайным. По мнению Клаузиуса, в основе его работ по термодинамике лежат гипотезы о природе «теплоты». В своем труде «О движущих силах теплоты и вытекающих из них законах теории теплоты» он использовал представление о том, что теплота связана с движением мельчайших частиц, составляющих вещество.**

Такие представления развивали Дж.Джоуль и В.Томсон. В.Томсон рассматривал теплоту как «динамическую форму механического эффекта» и выдвинул идею о том, что «эквивалентность, существующая между причиной и следствием, должна существовать и между механической работой и теплотой».

**Таким образом, основоположники термодинамики в своих первых работах также опирались на представление о дискретной структуре вещества.**

**Дальнейшее развитие статистических представлений связано с Максвеллом и Больцманом, причем Максвелл внес статистические закономерности в физику в качестве новых фундаментальных законов.** По его мнению, статистический метод является «единственным эффективным методом изучения свойств реальных тел, на уровне наших современных знаний» [5].

Дж.К.Максвелл, рассматривая статистические закономерности как фундаментальные законы природы, в 1859 г. впервые открыл закон распределения молекул газа по скоростям, и ввел понятие наивероятной скорости. Согласно основной гипотезе Максвелла, многочисленные столкновения между молекулами газа приводят не к уравниванию скоростей молекул, как полагают некоторые ученые, а к статистическому распределению скоростей, которое встречается с определенной вероятностью [5].

Любое другое распределение основано на единственном равновесном распределении, к которому стремится с течением времени, т. е. на распределении Максвелла. Методы статистической физики и результаты проведенных экспериментов подтвердили правильность вышеуказанной гипотезы. **В 1920 г. О.Штерн разработал метод атомных (молекулярных) пучков и с его помощью экспериментально измерил скорость теплового движения молекул газа, а также проверил распределение Максвелла.**

Поскольку возникновение молекулярно-кинетической теории основывалась на идее атомизма, она несомненно получила признание благодаря теоретическому и практическому исследованию флуктуационных явлений. Эти явления можно объяснить только на основе статистической теории. Такие исследования берут своё начало с работ Эйнштейна, касающихся броуновского движения.

В то время существовали различные мнения о природе этого явления; теоретически исследуя взвешенные частицы в неподвижной жидкости, Эйнштейн не был полностью уверен, что речь идёт о броуновском движении, поскольку у него не было достаточных экспериментальных данных. Но благодаря своей особой чуткости и сильной интуиции, он хорошо понимал важность исследований по данному направлению. Он писал: **«Если движение, которое здесь обсуждается, действительно можно наблюдать, — писал он — тогда классическую термодинамику уже нельзя считать в строгом смысле справедливой» [6].** Позже физик-теоретик Макс Борн вспоминал: **“В то время атомы и молекулы еще отнюдь не рассматривались в качестве реальных объектов. Я думаю, что эти работы Эйнштейна больше, чем любые другие работы, убедили физиков в реальности атомов и молекул” [7].**

**Научные исследования М.Смолуховского не только расширили понимание броуновского движения, но и заложили основу для более**

**глубокого анализа флуктуаций в физике.** Его подход к изучению этих явлений стал значимым вкладом в развитие статистической механики. Он подметил, что в микроскопическом масштабе, где действуют хаотичные движения частиц, термодинамические законы начинают проявлять свою непредсказуемость. Это открытие поставило под сомнение ранее устоявшиеся догмы, уверяющие в незыблемости термодинамических принципов.

**М.Смолуховский утверждал, что флуктуации способны кардинально изменять поведение систем, и только экспериментальная проверка может подтвердить или опровергнуть существующие теории.** Его тезис о том, что лишь на практике можно утверждать о истинной основе термодинамических законов, стал важным шагом в эволюции физического мышления. Это привело к новому осмыслению пространства исследований в области термодинамики, предоставив ученым возможность искать необъяснимые ранее аномалии и флуктуации, влияющие на макроскопические свойства материи.

Теоретическое изучение броуновского движения послужило толчком для проверки статистических законов непосредственно в экспериментах. Такие опыты проводили Перрен, Шведберг и другие. Применяя формулы кинетической теории газов к броуновским частицам, Перрен пришел к выводу, что их вертикальное распределение в эмульсии подобно распределению молекул в атмосфере по высоте. Многочисленные опыты, проведенные им, подтвердили правильность этой мысли. Опыты Шведберга по подсчету количества частиц в эмульсии также весьма убедительны и интересны. Полученные результаты очень хорошо согласуются с флуктуационной теорией плотности, созданной Смолуховским.

При преподавании молекулярной физики в высших учебных заведениях на основе статистического метода целесообразно опираться на модельные эксперименты (**Доска Гальтона, Модель статистической системы в форме куба**), которые можно реализовать следующим образом:

1. Ознакомление студентов с результатами экспериментов, касающихся общих свойств и закономерностей тепловых явлений.
2. Интерпретация данных с молекулярно-кинетической точки зрения.
3. Создание статистической модели изучаемого явления.
4. Раскрытие статистической классификации физических величин, связанных с тепловыми явлениями.

5. Введение и использование модели статистической системы, состоящей из N беспорядочно движущихся частиц, расположенных в кубе и находящихся в состоянии равновесия.

**С целью показания скорости молекул целесообразно привести распределение Максвелла по скоростям и привести соответствующие графики и их объяснения, а также опыты на доске Гальтона и их результаты, где конкретно проявляется статистическая закономерность.**

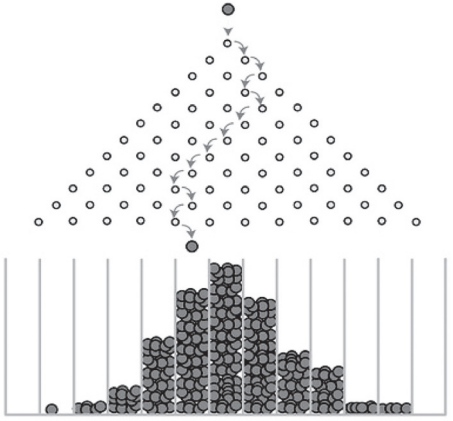

***Рис. 1.*** *Строение доска Гальтона и прояление статистическая закономерности*

**Этот опыт конкретно доказывает правильность распределения Максвелла по скоростям.**

Понятия, изучаемые на основе статистических методов и закономерностей в молекулярной физике, отражены в приведенной выше литературе. Однако, на фоне развития современных информационных и педагогических технологий требуется новый подход к изучению этих понятий [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24].

**В существующей литературе недостаточно внимания уделяется изучению некоторых физических понятий с использованием статистических закономерностей. В рамках проведенного исследования, опираясь на статистические закономерности, вероятностно-статистические идеи и понятия, приведем несколько определений этих понятий.**

*Таблица 1.*

**Определения некоторых статистических понятий**

| № | Вероятностно-статистическое понятие | Определение |
|---|---|---|
| 1. | Случайное событие | Возможное или невозможное событие или явление |
| 2. | Вероятность события | Величина, показывающая сколькими способами происходит определенное физическое явление или процесс |
| 3. | Среднее значение величин | Величина, рассчитываемая из различных значений величин и среднего распределения вероятностей их возникновения |
| 4. | Флуктуация | Случайное отклонение параметра (физической величины), характеризующего систему, от среднего во времени или пространстве |
| 5. | Функция распределения | Функция, выражающая вероятность того, что случайная величина будет меньше или равна данному значению. Она полностью описывает распределение случайной величины |
| 6. | Статистическая система | Под статистической системой понимается система, состоящая из беспорядочно движущихся частиц и находящихся в состоянии равновесия (принимаются постоянными давление, температура, объем) |
| 7. | Макросостояние | Состояние системы, определяемое макроскопическими параметрами ($p$, $V$, $T$) |
| 8. | Микросостояние | Положение частиц (атомов, молекул, ионов и др.), составляющих систему, в любой момент времени |
| 9. | Статистическое равновесие | Это состояние, при котором макроскопические параметры системы сохраняются постоянными во времени, даже если частицы в физической системе протекают беспорядочно и непрерывно |
| 10. | Гипотеза молекулярного хаоса | При молекулярном беспорядке предполагается, что скорости отдельных молекул не связаны между собой, то есть между ними нет никакой связи или закономерности |

## Кейс-задание по применению статистических понятий и методов в курсе молекулярной физики

**Тема кейсного задания.** Кинетическая энергия молекул газа, функции распределения и применение статистических методов в молекулярной физике.

Педагогическая цель. Формирование у студентов понятий, изучаемых на основе основного статистического метода в молекулярной физике.

1. Обучение практическому применению молекулярно-кинетической теории, функции распределения, распределения Больцмана, распределения Максвелла-Больцмана молекул по скоростям.
2. Формирование навыков применения статистических методов к физическим процессам и явлениям.

Кейс-задание. Проведите исследование свойств идеального газа с применением аналитических и статистических методов. Определите кинетическую энергию, скорость и вероятности молекул газа на основе параметров, характеризующих систему, а также проанализируйте статистическое распределение и сделайте вывод.

**ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КЕЙСА**

**Этап 1.** Анализ микросостояний и макросостояний

**Задание:** Вычислите количество микросостояний для термодинамической системы (малого объема пробы газа).

Данные:

1. Введение и использование модели статистической системы, состоящей из беспорядочно движущихся частиц, расположенных внутри куба и находящихся в равновесии (*рис. 2*).

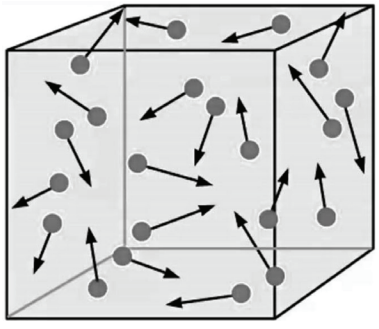

***Рис. 2.*** *Модель статистической системы в форме куба*

2. Термодинамическими параметрами системы считать объем $V = 1\ м^3$, давление p = 1 *атм* = 101325 *Па*, температуру $T = 300\ K$, число молекул $N = 10^{23}$.

**Вопрос:** Объясните разницу между микро- и макросостоянием.

**Этап 2.** Применение распределения Больцмана.

**Задание:** Вычислите вероятность иметь определенную энергию по различным значениям энергии для молекул газа.

Формула: $P(E) = \dfrac{e^{-\frac{E}{k_B T}}}{Z}$ где $Z = \sum e^{-\frac{E}{k_B T}}$ функция распределения.

**Вопрос:** Вычислите вероятность для значения энергии $E = 2 \cdot 10^{-21}\ ДЖ$.

**Этап 3.** Анализ распределения Максвелла-Больцмана.

**Задание:** Определите плотность вероятностей для скоростей молекул.

Формула: $f(\vartheta) = 4\pi \left( \dfrac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} \vartheta^2 e^{-\frac{m\vartheta^2}{2kT}}$, $m = 4{,}65 \cdot 10^{-26}\ кг$

где (масса молекулы водорода).

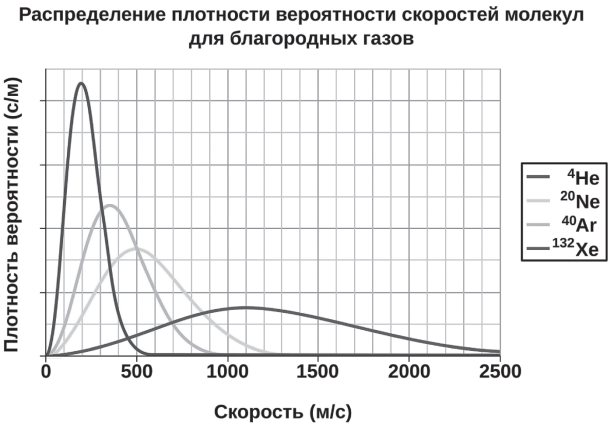


***Рис. 3.*** *График распределения Максвелла молекул по скоростям*

**Вопрос:** Вычислите плотность вероятностей для случая, когда скорость молекул равна $\vartheta = 500 \dfrac{м}{с}$.

**Этап 4.** Построение графика функции распределения

**Задание:** Нарисуйте график функции распределения $f(\vartheta)$ для различных скоростей.

**Рекомендация:** Нарисуйте график, используя программу Excel или Python.

**Вопрос:** Найдите наиболее вероятные и средние квадратичные скорости по графику.

**Этап 5.** Расчет энтропии системы

**Задание:** Вычислите энтропию системы по формуле Больцмана.

**Формула:** Формула Больцмана для энтропии $S = k \ln\Omega$, термодинамическая вероятность (число микросостояний) $\Omega = 10^{10}$.

**Вопрос:** На основании графических данных вычислите энтропию и объясните ее физический смысл.

Критерий оценки кейса

| Критерий оценки | Максимальный балл |
|---|---|
| Определение микросостояний | 15 |
| Применение распределения Больцмана | 25 |
| Анализ распределения Максвелла-Больцмана | 30 |
| Начертить график распределения | 15 |
| Расчет энтропии и объяснение | 15 |
| Всего | 100 |

**В конце урока можно выполнить следующие действия:**

1. Напомните студентам значения постоянной Больцмана ($k = 1{,}38\ 10^{-23}$ *Дж*/*К*) и универсальной газовой постоянной ($R$).
2. Мотивируйте тех, кто рисует графики с помощью программ Python или MATLAB.
3. Организуйте коллективное обсуждение результатов в конце кейса.

Изучение молекулярной физики играет ключевую роль в понимании многих явлений природы. На основе молекулярных представлений изучаются различные физические и химические свойства газа, жидкости, твёрдого тела и вещества в плазменном состоянии. Основные идеи, принципы, методы и результаты молекулярной физики имеют не только фундаментальное значение в физической науке, но и очень важное общена-

учное, методологическое значение. Потому что их источником являются реальное существование молекул, их движение и взаимодействие, объективность статистических закономерностей, относящихся к тепловому движению, различие между тепловыми и механическими проявлениями движения материи и другие представления.

Подготовка высококвалифицированных учителей физики требует от них, будучи студентами, глубокого знания и понимания научной основы школьного курса физики, последовательности между предметом «физика» и его преподаванием на разных этапах. Однако нельзя сказать, что этот вопрос решается на высоком уровне в процессе обучения в вузах. Многие студенты затрудняются применять знания, полученные на курсе физики, в высших учебных заведениях, в общеобразовательных школах. В их физическом мировоззрении основное место занимают динамические закономерности, а статистические — почти не занимают места.

Причиной возникновения таких недостатков является игнорирование одного из важных принципов дидактики — принципа последовательности при преподавании курсов общей и теоретической физики, методики преподавания физики в педагогических вузах. Современная теория и практика обучения требуют подхода к дидактическим принципам, в том числе принципу последовательности, в повышении интереса студентов к обучению. Его реализация в педагогических вузах является одной из основных задач преподавания физики. Обучение в педагогических вузах требует от студентов не только глубоких знаний современных знаний, но и твердого усвоения основных физических понятий и закономерностей, а также четкого представления о последовательности между ними на разных этапах обучения.

Таким образом, вышеуказанные рекомендации по использованию статистического метода и кейс-задания служат важным учебным средством для студентов в практическом закреплении теоретических знаний по статистической механике и молекулярной физике, развитии аналитического мышления, коллективной работы и междисциплинарной интеграции. С педагогической точки зрения данное задание показывает, что современный образовательный процесс имеет интерактивное и инновационное значение ■

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Алешкевич В. А.* Курс общей физики. Молекулярная физика / В. А. Алешкевич. — М.: Физматлит, 2016. — 312 с.
2. *Туганбаев А. А.* Курс физики. Том 1, Механика. Молекулярная физика: Учебник / А. А. Туганбаев, В. Г. Крупин. — СПб.: Лань, 2016. — 352 с.
3. *Karabayeva M. A.* Molekulyar fizika. Toshkent: –"Universitet" nashriyoti. 2014. — 240 bet.,
4. *Xayriddinov B., Jo'rayev Sh., Xolmirzayev N., Turumov E.* Molekulyar fizika: o'quv qo'llanma // O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. — Toshkent: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2013. — 264 b.
5. *Максвелл Дж.К.* Статьи и речи. — М.: Наука, 1968. — 423 с.
6. *Эйнштейн А.* О движении взвешенных в покоящейся жидкости частиц, требуемом молекулярно-кинетической теорией теплоты // Собр. науч. трудов: в 4 т. Т. 3.
7. *A. Einstein*, On the Theory of Brownian Motion, 1906, CPAE 2: 32 (в этой работе он цитирует результаты Зидентопфа); Gribbin and Gribbin, 63; Clark, 89; Max Born, Einstein's Statistical Theories, в Schilpp, 166.
8. *Юсупов Д. А.* Совершенствование методики преподавания разделов ядерной физики в вузах на основе инновационных технологий // Проблемы современного образования. 2023. № 4. С. 235–244. DOI: 10.31862/2218-8711-2023- 4-235-244.
9. *Inagamova S. Y., Asrorov U. A. and Xujanov E. B.* «Structure and physico-mechanical properties of polyelectrolyte complexes based on sodium carboxymethylcellulose polysaccharide and polyacrylamide,» East European Journal of Physics, vol. 4, pp. 258-266, 2023, https://doi.org/10.26565/2312-4334-2023-4-32.
10. *Хужанов Э. Б.* Преподавание физики в общеобразовательных школах на основе статистического метода // Проблемы современного образования. — 2019. — № 1. — С. 175-182.
11. *Джораев М., Саматов Г. Б., Хужанов Э. Б.* Совершенствование обучения физике на основе статистических методов в системе непрерывного образования: учеб. пособие. — Ташкент: ABU MATBUOT-KONSALT, 2017. — 288 с.
12. *Xujanov E. B., Baratov J.* Molekulyar fizika va termodinamika asoslaridan nostandart darslarni musobaqa shaklida tashkillashtirish metodikasi // Fan va jamiyat — Nukus, 2021 — № 1 (2-seriya).
13. *Хужанов Э. Б.* Умумий ўрта таълим мактаб ўкувчиларида физик тушунчаларни статистик метод асосида шакллантириш. Педагогика фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати, Тошкент, 2020. — 11 б.
14. *Хужанов Э. Б.* Методика изучения квантовой физики в общеобразовательной средней школе // Сборник материалов Международной научно-практической

конференции «Депонирование научных достижений и передача их поколениям». www.maxbook.su. — Москва, 2019. — С. 51–54.
15. *Khujanov Erkin*. Teaching Quantum Physics Elements in Secondary Schools Based on Statistical Method // Eastern European Scientific Journal. — Germany, 2018. — № 6. — pp. 147– 150.
16. *Хужанов Э. Б.* Формирование статистических понятий при изучении основ молекулярной физики и термодинамики в общеобразовательных школах. — «Психология и педагогика в системе современного гуманитарного знания XXI века» (ПП-57). КАЗАНЬ — 2018, — p. 299-301.
17. *Джораев М., Хужанов Э. Б.* Совершенствование формата изучения курса молекулярной физики в общеобразовательных школах на основе статистического метода // LVII Международная (заочная) научно-практическая конференция «Психология и педагогика в системе современного гуманитарного знания XXI века» (ПП-57). — Казань, 2018. — С. 239–242.
18. *Khujanov Erkin*. Formation of Probability Physical Notions by Pupils on the Statistical Approach, Revista Geintec-gestao Inovacao e Tecnologias — Brazil, — Vol. 11. No. 3 (2021). — P. 1681–1688.
19. *Xujanov E. B.* Fizikadan masalalar yechish asosida fanga oid kompetensiyalarni shakllantirish. International scientific journal science and innovation special issue «Modern tendencies of teaching physics in the environment of information and innovative technologies: Problems and solutions» April, 2024 | ISSN: 2181-3337 | scientists.uz. — B. 14-18.
20. *Xujanov E. B*. “Ideal gaz va uning xossalari” mavzusini pedagogika oliy ta’lim muassasalarida izchillik tamoyili asosida o‘qitish metodikasi. Uzluksiz ta’lim. — Toshkent, 2024 — № 1. — B. 11-16.
21. *Xujanov E. B*. Molekulyar fizikadan “Gazlarda ko‘chish hodisalari” bo‘limini o‘rganishning ilmiy-metodik asoslari. Fizika, matematika va informatika — Toshkent, 2024 — № 3. — B. 3-11.
22. *Qayumova K. A., Xujanov E. B*. Integratsiyalashgan darslar va informatsion texnologiyalar. “Science and innovation” international scientific journal — Toshkent, 2022 — № 2. — B. 155-157.
23. *Xujanov E. B.* Fizika o‘qitishda qo‘llaniladigan statistik metodning metodologik va didaktik asoslari. Fizika, matematika va informatika — Toshkent, 2023 — № 3/1. — B. 3–10.
24. *Maxmudova D., Shernazarov I., Qoraxonova L., Xujanov E. B., Avci D. E., Eshmamatov I.* Xalqaro baholash asoslari. Darslik. — T.: Olmaliq kitob business, 2023. — 350 b.

## LIST OF SOURCES AND REFERENCES


1. *Aleshkevich V. A.* Kurs obshey fiziki. Molekulyarnaya fizika / V. A. Aleshkevich. — M.: Fizmatlit, 2016. — 312 c.
2. *Tuganbaev A. A.* Kurs fiziki. Tom 1, Mexanika. Molekulyarnaya fizika: Uchebnik / A. A. Tuganbaev, V. G. Krupin. — SPb.: Lan, 2016. — 352 c.
3. *Karabayeva M. A.* Molekulyar fizika. Toshkent: –"Universitet" nashriyoti. 2014. — 240 bet.,
4. *Xayriddinov B., Jo'rayev Sh., Xolmirzayev N., Turumov E.* Molekulyar fizika: o'quv qo'llanma // O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. — Toshkent: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2013. — 264 b.
5. *Maksvell Dj.K.* Stati i rechi. — M.: Nauka, 1968. — 423 s.
6. *Eynshteyn A.* O dvijenii vzveshennыx v pokoyasheysya jidkosti chastis, trebuemom molekulyarno-kineticheskoy teoriey teplotiy // Sobr. nauch. trudov: v 4 t. T. 3.
7. *A. Einstein*. On the Theory of Brownian Motion, 1906, CPAE 2: 32 (v etoy rabote on sitiruet rezultatы Zidentopfa); Gribbin and Gribbin, 63; Clark, 89; Max Born, Einstein's Statistical Theories, v Schilpp, 166.
8. *Yusupov D. A.* Sovershenstvovanie metodiki prepodavaniya razdelov yadernoy fiziki v vuzax na osnove innovatsionnыx texnologiy // Problemы sovremennogo obrazovaniya. 2023. № 4. S. 235–244. DOI: 10.31862/2218-8711-2023- 4-235-244.
9. *Inagamova S. Y., Asrorov U. A. and Xujanov E. B.* «Structure and physico-mechanical properties of polyelectrolyte complexes based on sodium carboxymethylcellulose polysaccharide and polyacrylamide,» East European Journal of Physics, vol. 4, pp. 258-266, 2023, https://doi.org/10.26565/2312-4334-2023-4-32.
10. *Xujanov E. B.* Prepodavanie fiziki v obщeobrazovatelniyx shkolax na osnove statisticheskogo metoda // Problemiy sovremennogo obrazovaniya. — 2019. — № 1. — S. 175-182.
11. *Djoraev M., Samatov G. B., Xujanov E. B.* Sovershenstvovanie obucheniya fizike na osnove statisticheskix metodov v sisteme nepreriyvnogo obrazovaniya: ucheb. posobie. — Tashkent: ABU MATBUOT-KONSALT, 2017. — 288 s.
12. *Xujanov E. B., Baratov J.* Molekulyar fizika va termodinamika asoslaridan nostandart darslarni musobaqa shaklida tashkillashtirish metodikasi // Fan va jamiyat — Nukus, 2021 — № 1 (2-seriya).
13. *Xujanov E. B.* Umumiy o'rta ta'lim maktab o'quvchilarida fizik tushunchalarni statistik metod asosida shakllantirish. Pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati, Toshkent, 2020. — 11 b.
14. *Xujanov E. B.* Metodika izucheniya kvantovoy fiziki v obsheobrazovatelnoy sredney shkole // Sbornik materialov Mejdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferensii «Deponirovanie nauchnыx dostijeniy i peredacha ix pokoleniyam». www.maxbook.su. — Moskva, 2019. — S. 51–54.

15. *Khujanov Erkin*. Teaching Quantum Physics Elements in Secondary Schools Based on Statistical Method // Eastern European Scientific Journal. — Germany, 2018. — № 6. — pp. 147– 150.
16. *Xujanov E. B*. Formirovanie statisticheskix ponyatiy pri izuchenii osnov molekulyarnoy fiziki i termodinamiki v obsheobrazovatelniyx shkolax. — "Psixologiya i pedagogika v sisteme sovremennogo gumanitarnogo znaniya XXI veka" (PP-57). KAZAN — 2018., — p. 299-301.
17. *Djoraev M., Xujanov E. B*. Sovershenstvovanie formata izucheniya kursa molekulyarnoy fiziki v общеобразovatelniyx shkolax na osnove statisticheskogo metoda // LVII Mejdunarodnaya (zaochnaya) nauchno-prakticheskaya konferensiya «Psixologiya i pedagogika v sisteme sovremennogo gumanitarnogo znaniya XXI veka» (PP-57). — Kazan, 2018. — S. 239–242.
18. *Khujanov Erkin*. Formation of Probability Physical Notions by Pupils on the Statistical Approach, Revista Geintec-gestao Inovacao e Tecnologias — Brazil, — Vol. 11 No. 3 (2021). — P. 1681- 1688.
19. *Xujanov E. B*. Fizikadan masalalar yechish asosida fanga oid kompetensiyalarni shakllantirish. International scientific journal science and innovation special issue «Modern tendencies of teaching physics in the environment of information and innovative technologies: Problems and solutions» April, 2024 | ISSN: 2181-3337 | scientists.uz. — B. 14-18.
20. *Xujanov E. B*. "Ideal gaz va uning xossalari" mavzusini pedagogika oliy ta'lim muassasalarida izchillik tamoyili asosida o'qitish metodikasi. Uzluksiz ta'lim. — Toshkent, 2024 — № 1. — B. 11-16.
21. *Xujanov E. B.* Molekulyar fizikadan "Gazlarda ko'chish hodisalari" bo'limini o'rganishning ilmiy-metodik asoslari. Fizika, matematika va informatika — Toshkent, 2024 — № 3. — B. 3-11.
22. *Qayumova K. A., Xujanov E. B.* Integratsiyalashgan darslar va informatsion texnologiyalar. "Science and innovation" international scientific journal — Toshkent, 2022 — № 2. — B. 155-157.
23. *Xujanov E. B*. Fizika o'qitishda qo'llaniladigan statistik metodning metodologik va didaktik asoslari. Fizika, matematika va informatika — Toshkent, 2023 — № 3/1. — B. 3–10.
24. *Maxmudova D., Shernazarov I., Qoraxonova L., Xujanov E. B. , Avci D. E., Eshmamatov I.* Xalqaro baholash asoslari. Darslik. – T.: Olmaliq kitob business, 2023. — 350 b.