

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2021 Issue: 11 Volume: 103

Published: 30.11.2021 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



Jalil Malikevich Abdullayev
Navoiy State Pedagogical Institute
teacher,
Republic of Uzbekistan.

FORMATION OF CLASSICAL AND QUANTUM STATISTICAL REPRESENTATIONS IN TEACHING PHYSICS

Abstract: The article presents a method of in-depth teaching of physics by comparative analysis of classical and quantum statistical representations. From a methodological point of view, common properties and differences between Maxwell statistics and Bose-Einstein, Fermi-Dirac statistics are revealed.

Key words: Classical and quantum statistics, continuity, competence, correspondence principle, Maxwell statistics, fermions, bosons.

Language: Russian

Citation: Abdullayev, J. M. (2021). Formation of classical and quantum statistical representations in teaching physics. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 11 (103), 701-705.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-11-103-70> **Doi:** <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2021.11.103.70>

Scopus ASCC: 3300.

ФОРМИРОВАНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ И КВАНТОВЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

Аннотация: В статье приведена методика углубленного обучения физике сравнительным анализом классических и квантовых статистических представлений. С методической точки зрения выявлены общие свойства и отличия между статистикой Максвелла и статистиками Бозе-Эйнштейна, Ферми-Дирака.

Ключевые слова: Классическая и квантовая статистика, преемственность, компетентность, принцип соответствия, статистика Максвелла, фермионы, бозоны.

Введение

Развитие современной техники и технологий ставит неотложные задачи и к обучению физике при подготовке будущих специалистов различных отраслей производства и других сфер. Одной из этих задач является углубленное обучение физике при подготовке будущих преподавателей физики, что требует детального анализа каждой темы и связанных с ней физических явлений. При осуществлении указанной задачи важное значение имеет применение усовершенствованных методик обучения. Этим методикам можно отнести межпредметную связь, интеграция с производством, научное обоснование изучаемого явления, которые приводят к повышению компетентности будущих специалистов. Одним из способов повышения компетентности будущих специалистов является анализ преемственности

между теорией и экспериментом, между стадиями обучения в системе непрерывного образования, а также между старой и новой теориями [1, с.5; 2, с.160].

В данной работе анализируется преемственность формирования статистических понятий обучаемых в различных стадиях непрерывного образования с методологической точки зрения.

Основная часть.

Статистическая физика в настоящем виде достаточно сложна и поэтому труднодоступно для учащихся и студентов. Поэтому для изучения основ статистической физики необходимо формирование идей статистической физики на ранних этапах обучения [3, с.3]. Первоначальные понятия статистической физики формируются при

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

лабораторных занятиях по механике, где имеем дело с измерениями определенных величин и проводим многочисленные опыты, чтобы оценить погрешностей измерений. При этом учащиеся сталкиваются понятиями абсолютной и относительной погрешности, средняя величина, вероятность. Именно в данном этапе учащиеся осознают, что средняя величина является величиной наибольшей вероятности и что часто за истинное значение принимается среднее значение измеряемой величины, и что с увеличением числа измерений можно уменьшить погрешностей измерения.

Дальнейшее развитие формирования статистических идей связано с изучением молекулярной физики и термодинамики т.к. в этом разделе имеем дело с множеством атомов и молекул, все изучаемые явления подчиняются статистическим законам. Физические параметры, характеризующие данных явлений, зачастую имеют статистический характер и являются интегральной характеристикой. Формирование статистических идей и понятий при изучении различных разделов физики и их отличающиеся черты указаны в таблице 1 [4, с.92; 5, с.378].

Таблица 1. Формирование статистических идей при изучении различных разделов физики.

Курс общей физики				
Механика	Молекулярная физика	Электромагнетизм	Оптика	Атомная и ядерная физика
Оценка результатов физических измерений, введение понятия средней величины	Введение понятия средней скорости. Статистическая интерпретация основных термодинамических параметров	Хаотическое движение заряженных частиц. Принцип суперпозиции электромагнитных полей	Корпускулярно волновой дуализм света. Интерференция и дифракция света	Движение электронов и нуклонов. Радио-активность

Необходимо констатировать роль изучения законов теории вероятностей при формировании статистических идей при изучении физики. Именно теория вероятностей служит как математическая основа изучения закономерностей физических процессов. Основной задачей теории вероятностей являются определение функции распределения изучаемого процесса, которым могут быть распределение по энергиям, по скоростям, и т.д.

При обучении физике на различных стадиях необходимо указать разницу между классической и квантовой статистиками. Отличие представлений и моделей классической и квантовой статистик заключается в следующем:

Во-первых, в классической статистике Максвелла свойства частиц однородного вещества (молекулы, атомы, электроны и др.) отличаются друг от друга, т.е. сохраняется индивидуальность частиц, а в квантовой статистике Бозе-Эйнштейн и Ферми-Дирака имеет место принцип тождественности, т.е. свойства этих частиц не отличаются.

Во-вторых, в классической статистике энергия системы взаимосвязанных частиц принимает непрерывные значения, а в квантовой статистике- дискретные.

В третьих, в классической статистике шестимерного фазового пространства (обобщенные координаты и скорости) можно разделить на элементарные объемы произвольной величины. В квантовой статистике фазовое пространство является объемом, соответствующим объему элементарной частицы. Объем элементарной частицы определяется согласно соотношению неопределенностей Гейзенберга.

В четвертых, согласно классической статистике в определенном состоянии могут находиться любое количество частиц. В квантовой статистике поведение частиц с целыми и полуцелыми спинами отличаются и соответственно подчиняются статистикам Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Для фермионов имеет место принцип Паули, согласно которому в одном энергетическом состоянии не может находиться более двух частиц с противоположными спинами. Для бозонов не имеет место принцип Паули и поэтому на данном энергетическом состоянии могут находиться любое количество бозонов[6, с.101; 7, с.27].

Сходство и общие свойства, а также различия между классической и статистической физики можно указать в диаграмме Венна (рис. 1).

Impact Factor:	ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 1.582	РИИЦ (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

Рис.1. Сравнительная диаграмма Венна классической и квантовой статистик.



Как видно из диаграммы, между классической и квантовой теориями имеет место также принцип соответствия, что означает совпадение результатов, полученных по указанным теориям в граничных состояниях.

Квантовая статистика в свою очередь делится на статистику Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака, которые описывают поведение элементарных частиц с целыми и полуцелыми спинами соответственно. Классическое и квантовое распределения можно выразить в общем виде выражением:

$$n_i = \frac{1}{e^{\frac{W_i - \mu}{kT} + \delta}}$$

где, W_i – энергия системы; μ – химический потенциал; k – постоянная Больцмана; T – температура системы; $\delta = \pm 1$ – в зависимости от рода статистики.

Из этой обобщенной формулы статистического распределения изменением величин μ и δ можно получить функции конкретного распределения, которые указаны в таблице 2.

Таблица 2. Сопоставление выражений классической и квантовой функция распределения.

Функция в общем виде	Статистика Максвелла-Больцмана ($\mu = 0, \delta = 0$)	Статистика Бозе-Эйнштейна ($\mu < 0, \delta = -1$)	Статистика Ферми-Дирака ($\mu > 0, \delta = +1$)
$n_i = \frac{1}{e^{\frac{W_i - \mu}{kT} + \delta}}$	$n_i = \frac{1}{e^{\frac{W_i}{kT}}}$	$n_i = \frac{1}{e^{\frac{W_i - \mu}{kT} - 1}}$	$n_i = \frac{1}{e^{\frac{W_i - \mu}{kT} + 1}}$

Сопоставление поведения вышеуказанных функций распределения по энергиям для

фиксированной температуры приведено на графике рис.2.

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
 ISI (Dubai, UAE) = 1.582
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИИЦ (Russia) = 3.939
 ESJI (KZ) = 9.035
 SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

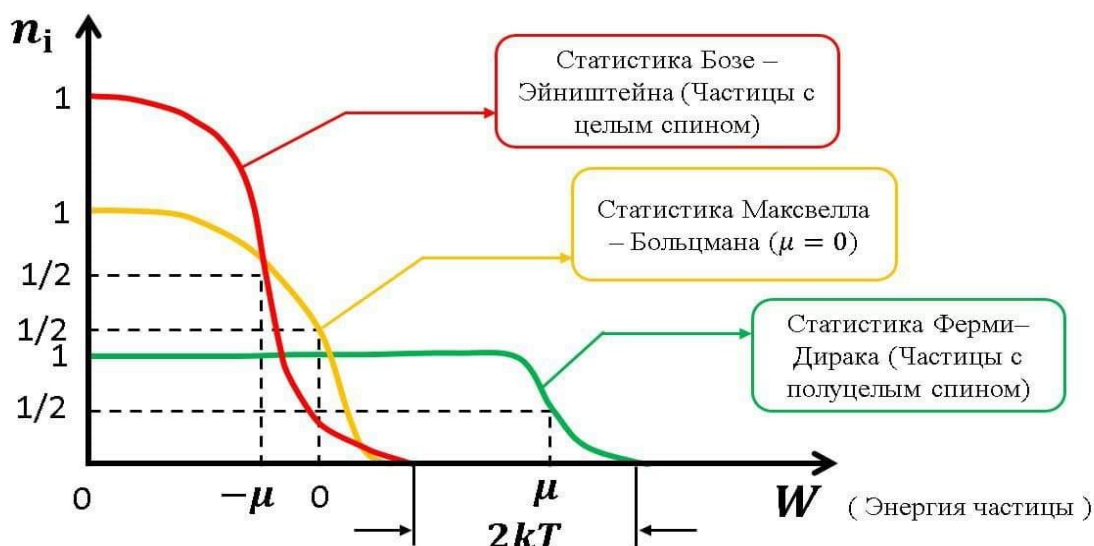


Рис.2.Обобщенный график классической и квантовой распределений.

Из выражения химического потенциала $\mu = \theta \ln \frac{n\hbar}{(2\pi m\theta)^{3/2}}$ видно, что при достаточно высоких температурах $\frac{n\hbar}{(2\pi m\theta)^{3/2}} \ll 1$ и распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака переходят в статистику Максвелла-Больцмана.

Данный переход называется принципом соответствия Бора и является проявлением преемственности, методологического принципа развития научных знаний.

При низких температурах классическое и квантовое распределения резко отличаются. Как видно из рис.2. все кривые распределения экспоненциально сходятся к оси абсциссы. В начале координаты (при низких энергиях) распределение Ферми-Дирака имеет постоянное плато вплоть до энергий химического потенциала, а кривая распределения Бозе-Эйнштейна поднимается выше кривой распределения Максвелла-Больцмана. В статистике Бозе-Эйнштейна функция быстро убывает, и максимальная энергия частиц отличается от статистики Ферми-Дирака на $\Delta W = 2kT$ [8, с.116; 11, с.124]. При абсолютно нулевой температуре кривые распределения сильно деформируются: кривая распределения Бозе-Эйнштейна полностью притягивается к оси ординаты; кривая Ферми-Дирака принимает четырехугольную форму с координатами $(1; \mu)$ что означает нахождение частиц на наинизших состояниях при нулевой температуре с учетом принципа Паули.

Заключение

Таким образом формирование статистических представлений осуществляется на основе принципа преемственности еще в средней школе и академических лицеях при изучении различных разделов курса физики: в механике - при обработке экспериментальных результатов лабораторных занятий, при оценке погрешностей измерений; в молекулярной физике- при изучении распределения молекул по скоростям (опыты Штерна, распределение Максвелла); в курсе электромагнетизма – при изучении процесса протекания тока в металлах, распределения электрических зарядов; в атомной и ядерной физике – при изучении явления радиоактивности, принципе неопределенностей и т.д.

Определение место и преемственности статистических представлений в курсах физики средней школы, академических лицеев и в высшем образовании способствует повышению компетентности будущих специалистов – педагогов [9, с.31; 10, с.68].

Сравнительный анализ закономерностей классической и квантовой статистик служит основой для формирования знаний по фундаментальным законам природы углубленным изучением статистических распределений при подготовке будущих преподавателей физики в педагогических вузах.

Impact Factor:	ISRA (India) = 6.317	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
	ISI (Dubai, UAE) = 1.582	PIHII (Russia) = 3.939	PIF (India) = 1.940
	GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 9.035	IBI (India) = 4.260
	JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 7.184	OAJI (USA) = 0.350

References:

1. Jo'rayev, M. (1996). *Fizika o'qitishda statistik g'oyalari*. (p.102). Toshkent: O'qituvchi.
2. Djoraev, M. (2013). *Fizika o'qitish metodikasi*. (p.255). Toshkent.
3. Djoraev, M. (2003). *Formirovanie veroyatnostno-statisticheskix idey i ponyatiy pri podgotovke uchitelya fiziki*. (p.126). Osh.
4. (2017). *Pedagogika ilmiy –nazariy va metodik jurnal*. (5/2017). (p.130). Toshkent: nizomiy nomidagi TDPI "Tahrir va nashr".
5. Djoraev, M. (1992). *Veroyatnostno-statisticheskije idey v prepodavanii fiziki*. (p.122). Tashkent.; Fan akademii nauk Respubliki Uzbekistan.
6. Vasilev, A.M. (1980). *Vvedenie v statisticheskuyu fiziku*. (p.269). Moskva: Visshaya shkola.
7. Trofimova, T.I. (1990). *Kurs fiziki*. (p.478). Moskva: Visshaya shkola.
8. Bazarov, I.P. (1991). *Tyermodinamika*. (p.376). Moskva: Visshaya shkola.
9. Boydedaev, A., & Habibullayev, P. (2007). *Kvant statistic fizika*. (p.200). Toshkent: Iqtisod-moliya.
10. Musaev, P.X. (2008). *Statistik fizika va termodinamika*. (p.254). Toshkent: Iqtisod-moliya.
11. Bekpulatov, U.R., & Islamova, M.B. (2019). Integratsionniy obuchenie v prepodavanii fiziki (na primere termodinamika slojnix sistem). *Matriksa nauchnogo poznaniya. "Omega sayns"*, №11, 120-126.