

# ***ВЕРОЯТНОСТЬ В ФИЗИКЕ: ИСТОКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ***

*П. Н. Николаев*

*МГУ имени М.В. Ломоносова*

*Физический факультет*

*Кафедра квантовой статистики и*

*теории поля*

# Содержание

Введение

1. Статистическая физика.
2. Квантовая механика.
3. Статистика и динамика.

Заключение

# Введение

Натурфилософия:

Эпикур – идея стохастического  
описания.

# Введение

Истоки теории вероятности:  
теория азартных игр.

# Введение

Определение вероятности и его  
проблемы.

К. Поппер: «Нигде субъективистская  
эпистемология не распространяется  
так сильно,  
как в области исчисления  
вероятностей».

# Введение

Аксиоматическое построение.

Колмогоров А.Н.

# Введение

Вопросы:

1. Когда вероятность «вошла» в физику?
2. Почему вероятность стала использоваться в физике?
3. Как соотносятся статистические и динамические закономерности?

# 1. Статистическая физика.

Клаузиус (1857)

«О роде движения, которое мы называем  
теплотой»

$$p = \frac{1}{3} n m \bar{u}^2$$

- основное уравнение элементарной кинетической теории газов.

# 1. Статистическая физика.

Доклад Максвелла на заседании  
Британской ассоциации наук  
21 сентября 1859 года

Распределение Максвелла для молекул газа по  
скоростям —  
статистический закон.

# 1. Статистическая физика.

Максвелл

«Пояснения к динамической теории газов»

(1860):

"скорости распределяются между частицами по тому же закону, по которому распределяются ошибки между наблюдениями в теории "метода наименьших квадратов"", то есть в соответствии со статистикой Гаусса.

# 1. Статистическая физика.

Кинетическое распределение  
Больцмана и H-теорема Больцмана  
(1872, 1875)

# 1. Статистическая физика.

Больцман (1877)

“О связи между вторым законом механической теории теплоты и теорией вероятностей”:

показал для идеального газа пропорциональность  $H$ -функции и энтропии системы.

# 1. Статистическая физика.

Гиббс вводит основное уравнение статистической механики, которое в настоящее время принято называть уравнением Лиувилля.

# 1. Статистическая физика.

Статистическое описание  
появляется на основе введения  
дополнительных допущений  
 (“размытость” начальных  
условий и т.п.).

# 1. Статистическая физика.

Н.Винер:

“..именно Гиббсу, а не Альберту Эйнштейну, Вернеру Гейзенбергу или Макс Планку мы должны приписать первую великую революцию в физике XX века”

# 1. Статистическая физика.

*Penrose O. // Rep. Prog. Phys. 1979.*

**42. N 12. P. 1939. :**

Эргодичность не является универсальным свойством механических систем. Некоторые из простейших наиболее важных систем не эргодичны. К ним относятся, в частности, идеальный газ, система гармонических осцилляторов .

# 1. Статистическая физика.

*Боголюбов Н.Н. (1983):*

Только для макроскопических систем  
нужно устанавливать приближение  
временной средней к пространственно  
средней. Классическая эргодическая  
теория налагает слишком сильные  
ограничения на рассматриваемые  
системы.

## 2. Квантовая механика.

1926

Вероятностное толкование  
волновой функции Макса Борна.

## 2. Квантовая механика.

Отличие от классической  
статистической физики:

статистические закономерности  
характерны уже для отдельной  
частицы.

## 2. Квантовая механика.

Гейзенберг (1932):

"Атом современной физики может быть лишь символически представлен дифференциальными уравнениями в частных производных и в абстрактном многомерном пространстве; только эксперименты наблюдателя вынуждают атом принимать известные положения, цвет и определенное количество теплоты. В современной физике для атома все качества являются производными; непосредственно он не обладает никакими материальными свойствами".

## 2. Квантовая механика.

А.Эйнштейн:

квантовая механика описывает ансамбль систем, но не отдельные системы.

## 2. Квантовая механика.

Бор и Эйнштейн. Парадокс ЭПР.

## 2. Квантовая механика.

А. Эйнштейн: "Квантовая механика описывает ансамбль систем, но не отдельные системы"

## 2. Квантовая механика.

1927

Описание состояний системы с помощью матрицы плотности было введено независимо Ландау и Блохом

## 2. Квантовая механика.

Матрица плотности подчиняется уравнению Неймана, являющемуся квантовым аналогом уравнения Лиувилля. Идеи фон Неймана были восприняты в 30-х годах XX века московской школой физиков-теоретиков, которую в то время возглавлял Л.И. Мандельштам

## 2. Квантовая механика.

Данное направление было в дальнейшем существенно развито К.В. Никольским, который оказал влияние на Д.И. Блохинцева.

Последний развивает интерпретацию квантовой механики как теории квантовых статистических ансамблей и использует прямое обобщение классической статистической механики.

## 2. Квантовая механика.

Следует отметить, что для матрицы плотности можно поставить задачу Коши.

Таким образом, динамические закономерности и в данной области сочетаются со статистическими при описании систем многих частиц.

## 2. Квантовая механика.

М.Б. Менский (2004): «Концептуальные проблемы квантовой механики возникают не из практических надобностей, таких как расчет реальных систем, и не из эксперимента, но из желания сделать теорию более логичной и последовательной».

### 3. Статистика и динамика.

Физика стала формироваться как наука, начиная со второй половины XVII века. В 1687 году выходит основополагающая работа Исаака Ньютона “Математические начала натуральной философии” (Newton, Isaac. *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Londini: Joseph Streater. MDCLXXXVII)

## Динамическая теория.

### 3. Статистика и динамика.

Максвелл (1859): вероятность  
входит в физику.

### 3. Статистика и динамика.

Стохастические (вероятностные)  
процессы:

брауновское движение,  
уравнение Ланжевена.

Обобщение теоремы Лиувилля  
(Чандрасекар, 1943:

Стохастические проблемы в физике  
и астрономии)

### 3. Статистика и динамика.

Кинетические уравнения

(Боголюбов, 1946:

Проблемы динамической теории  
в статистической физике )

### 3. Статистика и динамика.

Методы ММД и ММК.  
Машинный эксперимент.

# Заключение

Статистические и динамические способы описания не исключают друг друга, а взаимно дополняют. Только используя их совместно можно исследовать проблемы, стоящие перед современной физикой.

## Заключение

В 1989 году Х. Демельт и В. Пауль были удостоены Нобелевской премии по физике "за разработку метода удержания одиночных ионов".

## Заключение

Х. Демельт: "В заключение я бы хотел процитировать строку из Уильяма Блейка "Увидеть мир в песчинке" и намекнуть на возможную параллель - увидеть мир в электро́не".