

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".