Концепции микромира

Тема 8.

Микромир – мир непосредственно ненаблюдаемых, предельно малых микрообъектов.

Квантовая механика – физическая теория, устанавливающая способ описания и законы движения на микроуровне.

Гипотеза кванта энергии

От Аристотеля шла идея непрерывности, от Демокрита – идея прерывности.

Считалось, что энергия непрерывна, а вещество дискретно.

Исследование теплового излучения: универсальная функция испускательной и поглощательной способности. Вводится абсолютно черное тело, поглощающее все волны, падающие на него.

М. Планк. Энергия распространяется порциями – **квантами**, т.е. энергия также связана с прерывностью – дискретными порциями. Свет излучается дискретно, но само излучение непрерывно.

ЭНЕРГИЯ, ПЕРЕНОСИМАЯ ОДНИМ КВАНТОМ

E – энергия кванта,
h – постоянная Планка,
ν – частота света

$$E = h\nu$$

ПОСТОЯННАЯ ПЛАНКА

Одна из универсальных числовых констант природы

$$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\ дж \cdot с$$

Фотоэффект

Фотон – квант электромагнитного поля.

Явление фотоэффекта: свет выбивает электроны из металла, у каждого вещества своя частота, ниже которой фотоэффект не наблюдается.

Оказалось, что порционно не только поглощение излучения, но и само излучение как таковое является совокупностью дискретных микрообъектов – **квантов света (фотонов, световых частиц).**

Корпускулярно-волновой дуализм

Оказалось, что свет – это не только волны, но еще и корпускулы (фотоны, световые частицы).

В 1922 г. **Л. де Бройль** решил, что вещество – это не только частицы, но и волны.

ВЫВОД: и свет, и вещество обладают корпускулярно-волновой природой. Материя – это и вещество, и свет. Существует симметрия свойств материи.

Э. Шрёдингер: электронам тоже соответствуют волны. Его волновая механика является одним из 2 видов квантовой механики.

Корпускулярно-волновой дуализм

В итоге было установлено, что вся физическая материя имеет единство прерывных и непрерывных свойств. Произошло объединение вещества и электромагнитного поля:

Вещество – это частицы и волны;

Электромагнитное поле – это фотоны и волны.

Модели атома

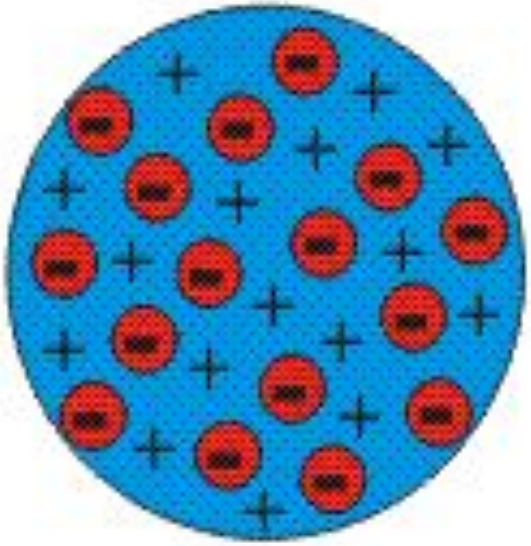
1) 1897 г. – открытие делимости атома. Был обнаружен электрон. Оказалось, что атом может распадаться и излучать энергию;

2) 1904 г. – **модель Дж. Томсона** (булка или кекс с изюмом). Положительный заряд в атоме равномерен, электроны отрицательны («изюм»), они покоятся или движутся вокруг центра;

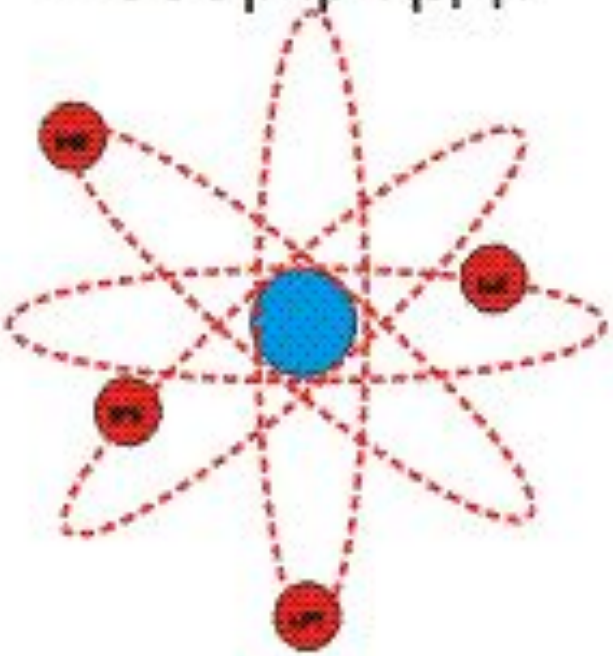
3) **Планетарная модель:** центр атома – положительно заряженное ядро, вокруг ядра вращается кольцо электронов. **Э. Резерфорд** добавил: число электронов таково, что заряд атома равен 0; число электронов равно порядковому номеру элемента в периодической системе Менделеева. Но электроны должны терять энергию, излучая волны, и падать на ядро (неустойчивость).

МОДЕЛИ АТОМА

Модель атома Томсона



Модель атома Резерфорда



Модели атома

Постулаты Н. Бора:

1) Электрон может находиться на орбите в устойчивом состоянии и не испускать/поглощать излучение;

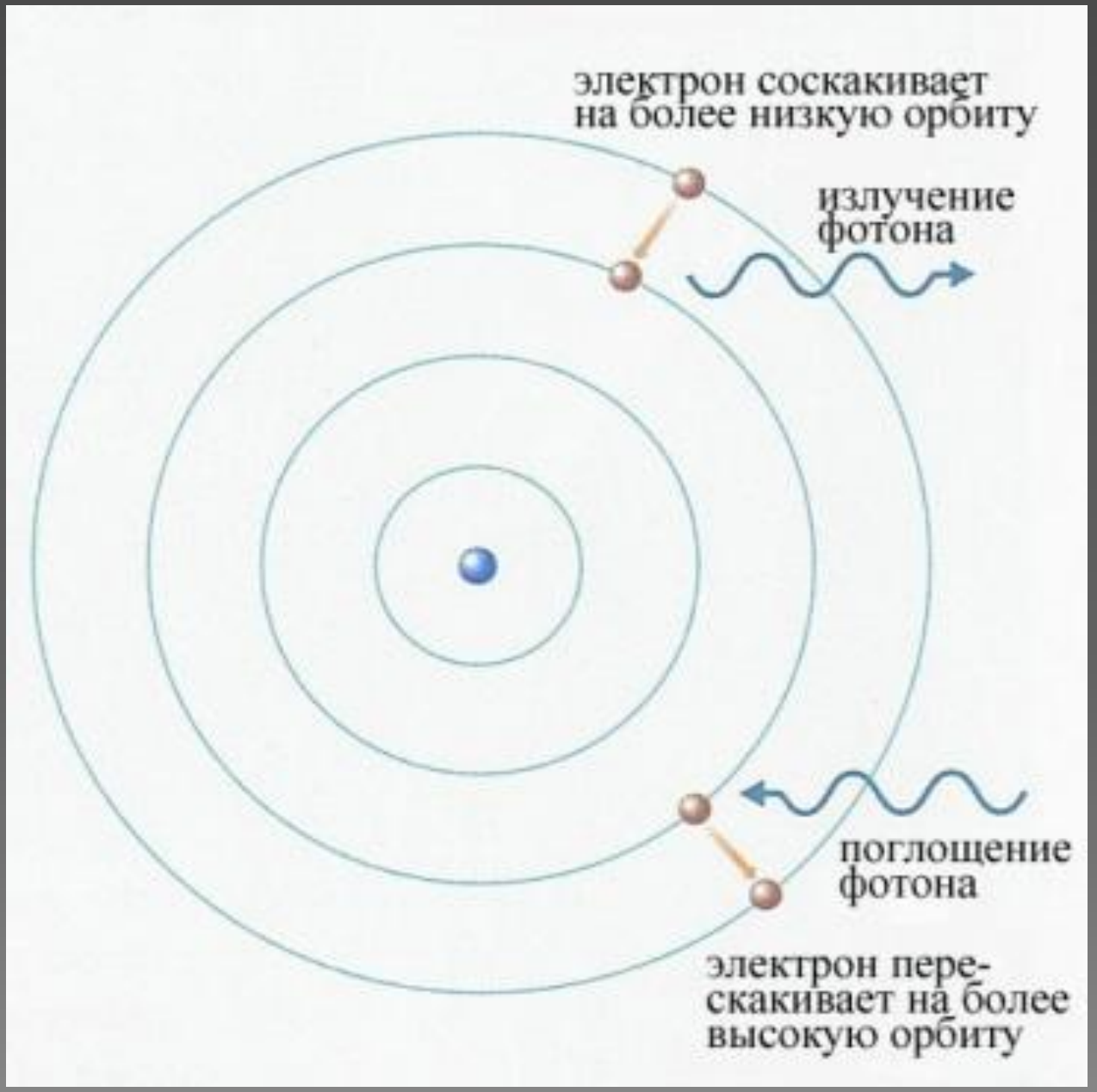
2) Квантовый скачок: электрон переходит с орбиты на другую, испуская или поглощая при этом квант энергии;

3) При поглощении кванта энергии электрон переходит на внешнюю орбиту, при испускании – на внутреннюю.

Атом при этом находится либо в стационарном состоянии, когда электрон устойчив на орбите, либо в нестационарном состоянии, когда электрон испускает или поглощает излучение.

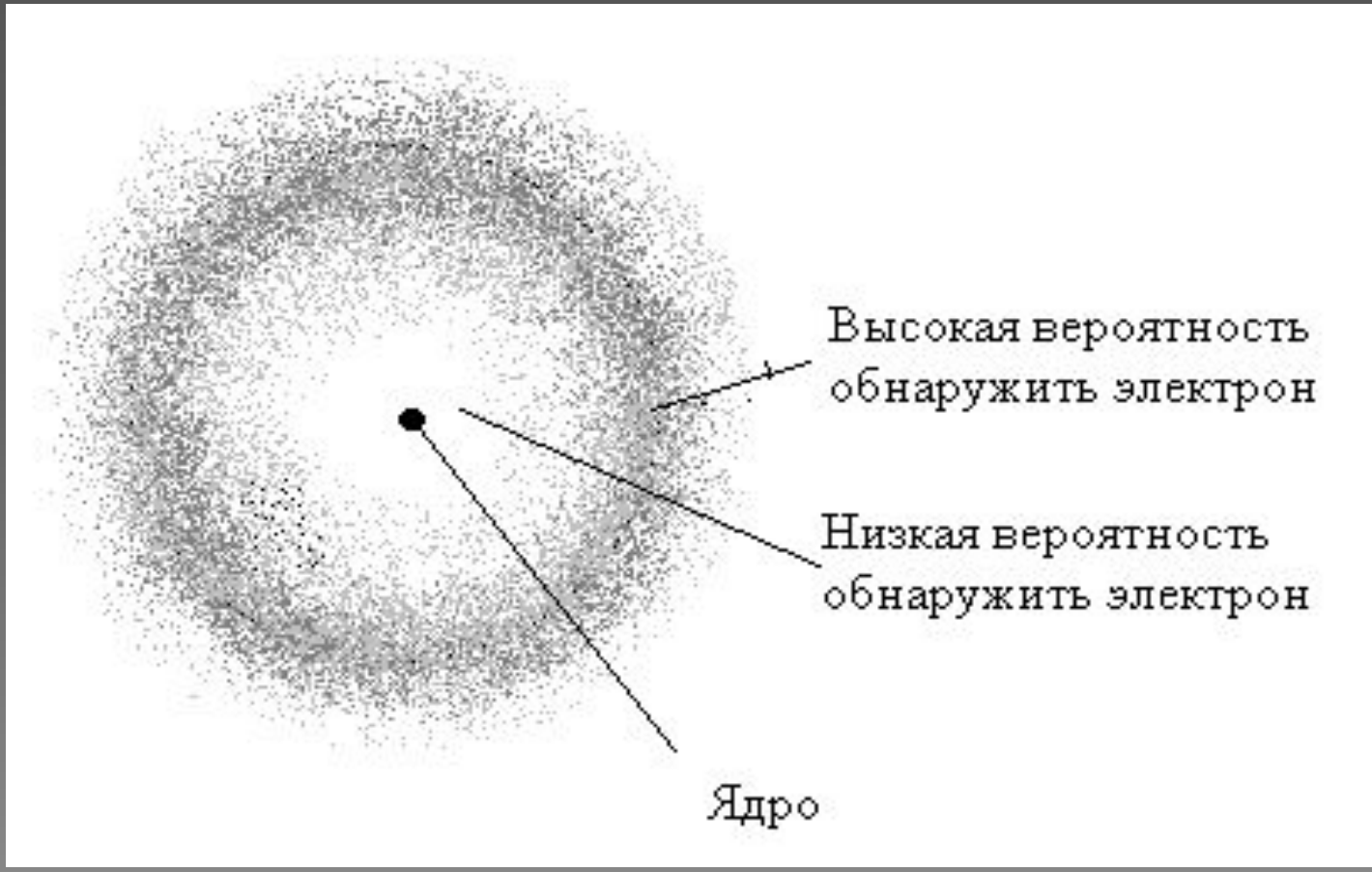
МОДЕЛИ АТОМА

Модель Н. Бора



МОДЕЛИ АТОМА

Квантово-механическая модель атома (облако электронов)



Принципы квантовой механики

1) **В. Гейзенберг:** мы наблюдаем не природу, а ее вид, зависящий от наших вопросов. **Н. Бор:** приборная установка переводит объект из возможного состояния в действительное.

2) **Принцип неопределенности В. Гейзенберга:** нельзя точно установить положение объекта и его импульс в одно и то же время. Это происходит из-за наличия как волновых, так и корпускулярных свойств объекта, а также из-за воздействия на него других микрообъектов.

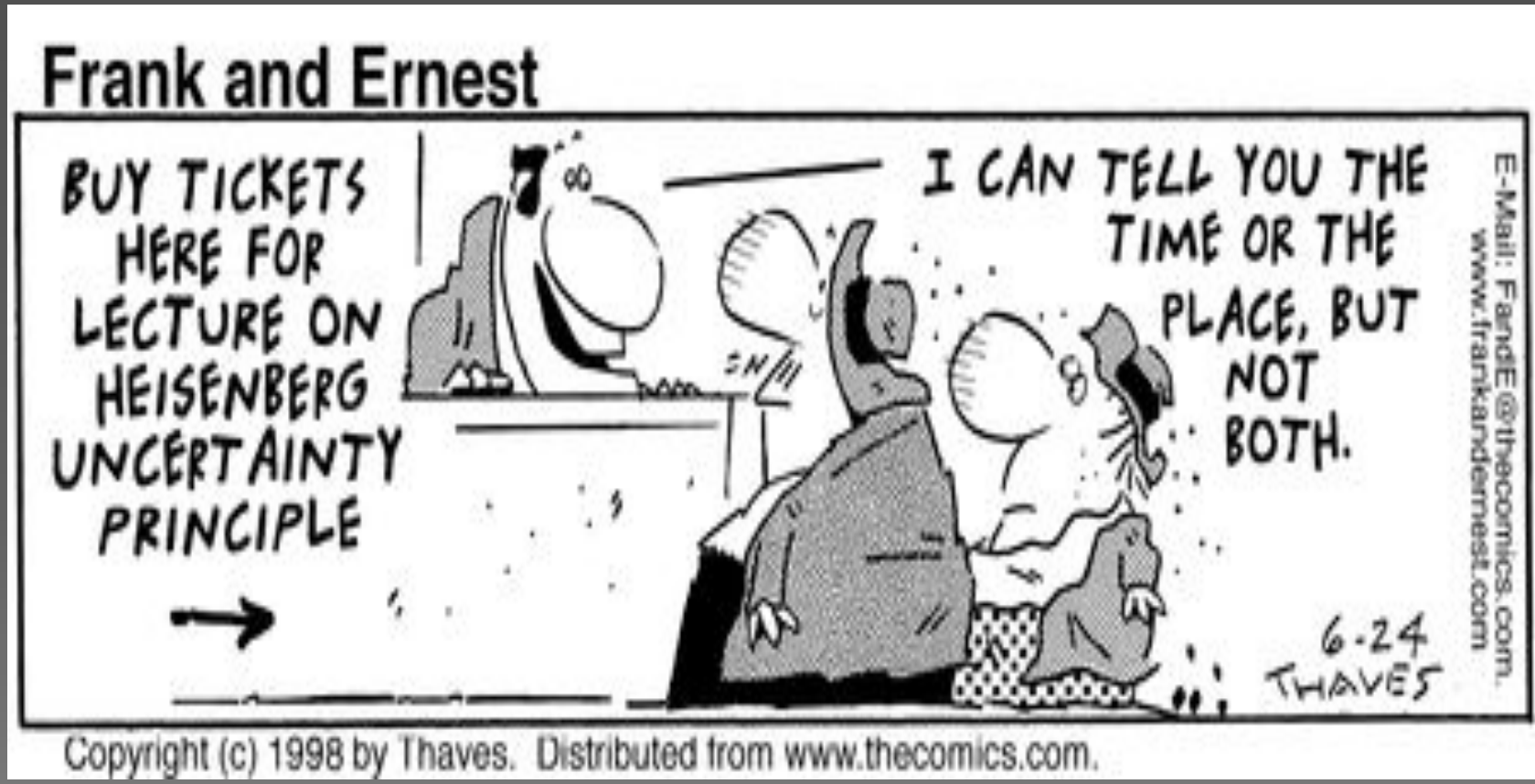
3) **Принцип дополнительности Н. Бора:** микрообъекты – частицы при стационарном состоянии и волны при излучении атома, т.е. корпускулярная и волновая картины должны дополнять друг друга. Нужны 2 экспериментальные установки.

ПРИНЦИП НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В. ГЕЙЗЕНБЕРГА

Соотношение пространственной координаты и импульса микрообъекта

$$\Delta x \Delta \rho \geq \frac{\hbar}{2}$$

ПРИНЦИП НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В. ГЕЙЗЕНБЕРГА



Принципы квантовой механики

4) Принцип соответствия Н. Бора. Объяснение связи квантовой механики и классической физики: квантовая механика является более общей теорией, классическая физика – частный случай, в котором постоянной Планка можно пренебречь.

В квантовой механике пренебречь постоянной Планка невозможно.

Вывод: старая теория – частный случай новой теории.

ПРИНЦИП СООТВЕТСТВИЯ Н. БОРА

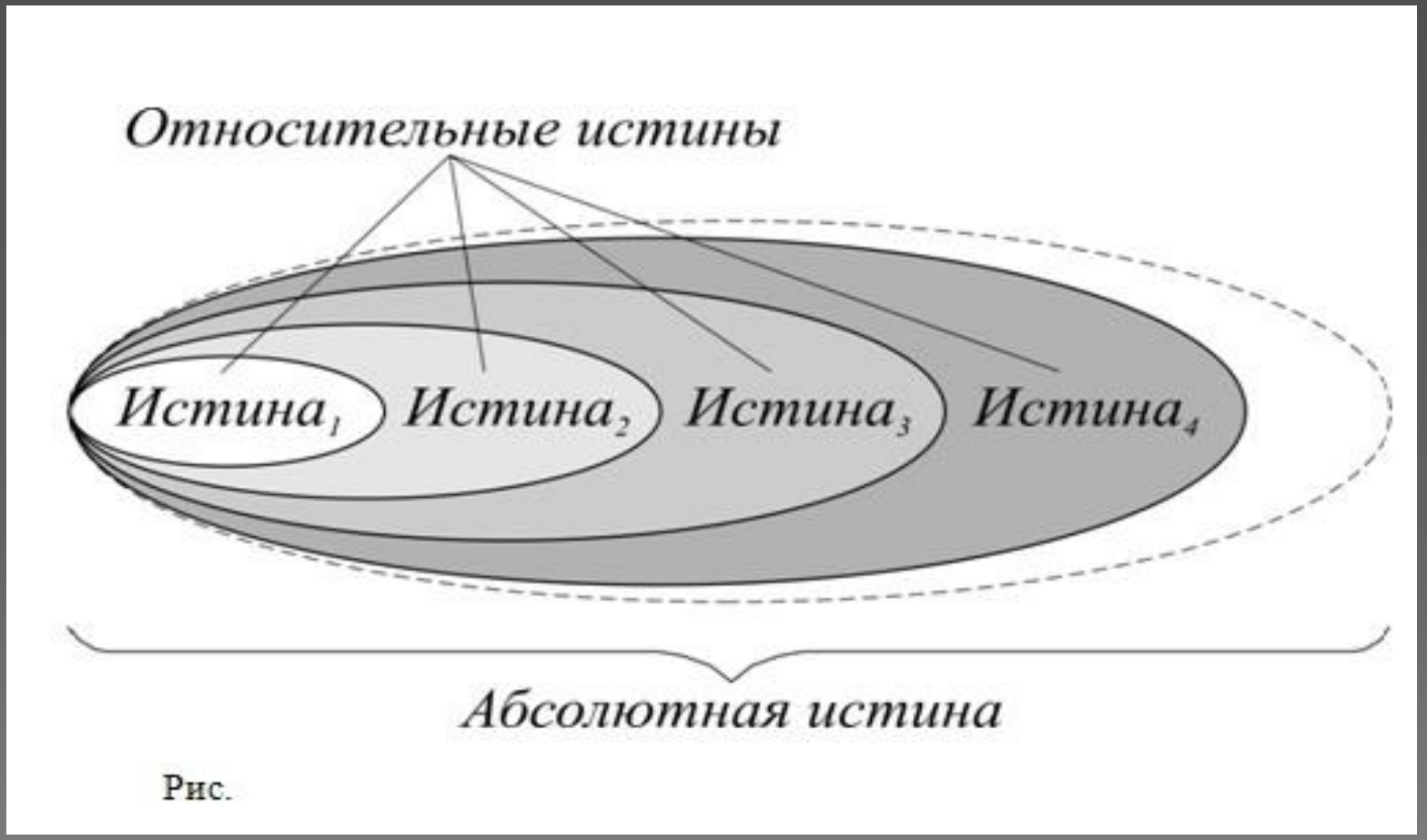


Рис.

Два варианта квантовой механики

1) **Ориентация на классическую физику** (А. Эйнштейн, Э. Шредингер, Л. де Бройль): объект вне ученого, детерминизм, непрерывность траекторий;

2) **Копенгагенская интерпретация** (В. Гейзенберг, Н. Бор): ученый влияет на объект, микромир специфичен, статистичность.

В итоге победила копенгагенская школа, которая ввела новую форму детерминизма – **статистический детерминизм.** Дело не в развитии науки, а в том, что в основе природы лежат именно статистические закономерности, выраженные в копенгагенской интерпретации квантовой механики (и это непреодолимо).

Фундаментальные взаимодействия

1) **Гравитационное:** гипотетическая частица-переносчик – гравитон, связано с ОТО и структурой мегамира, так как отвечает за скрепление тел во Вселенной;

2) **Слабое:** частицы – калибровочные бозоны, распад тяжелых частиц и их превращение в более легкие частицы;

3) **Электромагнитное:** частица – фотон, электродинамика, связь атомов и молекул в макромире;

4) **Сильное (ядерное):** частицы – глюоны (кванты поля, которое образуют кварки), связь атомных ядер и их компонентов.

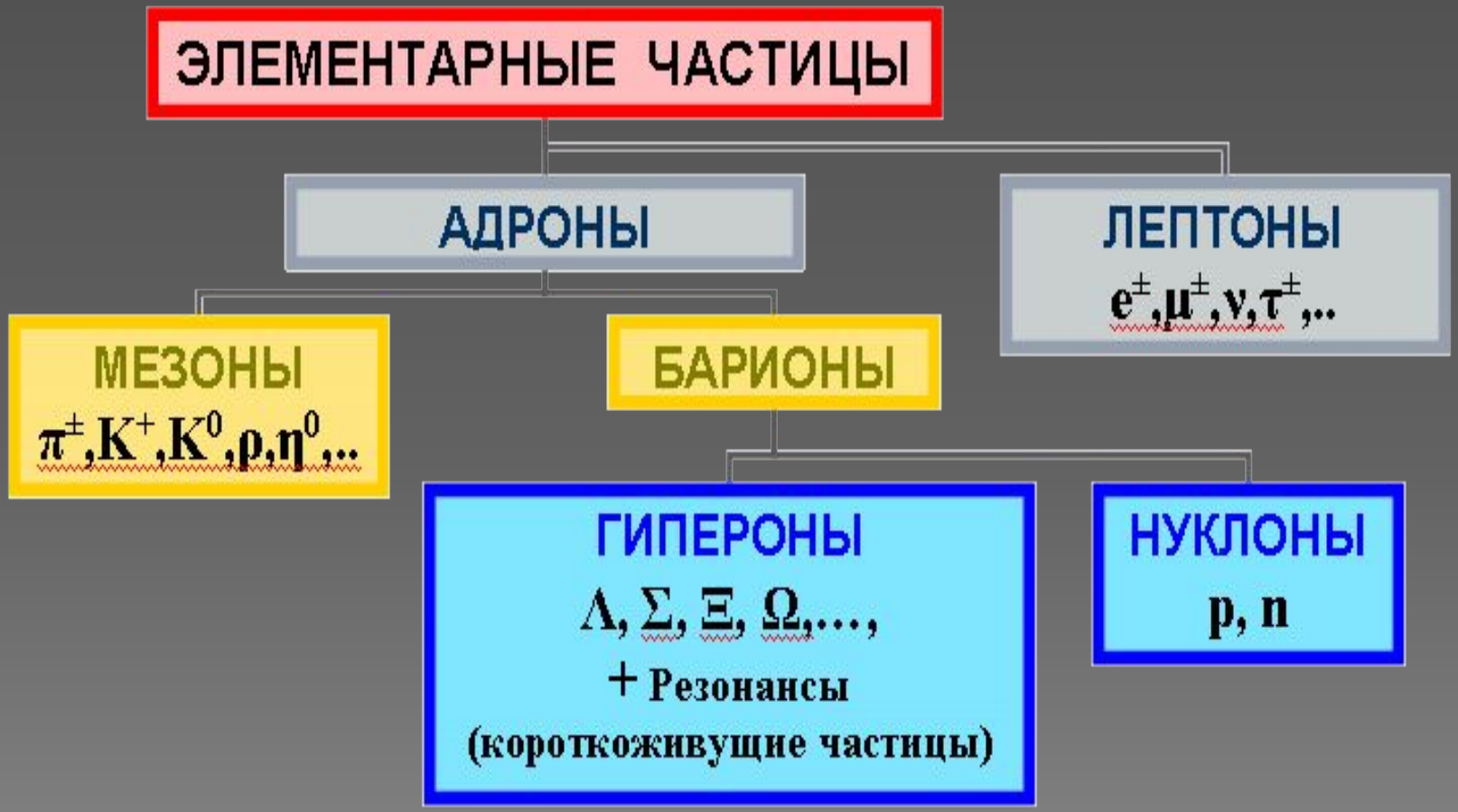
Виды элементарных частиц

1) По массе:

- Электрон (античастица – позитрон) – самая легкая с массой покоя;
- Фотон – нет массы покоя;
- Лептоны – легкие частицы (примерно масса электрона);
- Мезоны – средние частицы (от 1 до 1000 масс электрона);
- Барионы – тяжелые частицы (свыше 1000 масс электрона).

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

По массе



КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Масса некоторых частиц

Масса и атомный вес некоторых частиц

1 а.е.м. = 1,6605 * 10^{-27} кг

Частица	Символ	Масса, кг	Масса в физической шкале а.е.м.
Электрон	${}^{0}_{-1}e$	9,1*10 $^{-31}$	5,486*10 $^{-4}$
Протон	p_1^1	1,6724*10^{-27}	1,00759
Нейтрон	n_0^1	1,675*10^{-27}	1,00897
Альфа-частица	α_2^4	6,643*10^{-27}	4,0028

MyShared

Виды элементарных частиц

2) По заряду:

- Положительный (позитрон, протон),
- Отрицательный (электрон);
- Нулевой (нейтрино);
- Дробный (кварки).

3) По стабильности:

- Стабильные (фотон, нейтрино, протон и электрон);
- Нестабильные (большинство элементарных частиц нестабильно).

При взаимодействии частицы и античастицы происходит **аннигиляция** (взаимоуничтожение), вещество превращается в поле.

Все частицы, реагирующие в сильных взаимодействиях, – **адроны** (пример адронов – **нуклоны, пионы**). Нуклонами являются **протоны и нейтроны**, образующие атомные ядра.

Законы превращения частиц

1) Закон сохранения электрического заряда: при превращении частиц сумма электрических зарядов остается неизменной;

2) Разность между числом барионов и их античастиц не изменяется при любых процессах.

Проблема единства 4 типов взаимодействия

1) Электрическое и магнитное поля = **электромагнитное взаимодействие** (Дж. Максвелл);

2) Электромагнитное и слабое взаимодействие = **электрослабое взаимодействие** (С. Вайнберг, Ш.Л. Глэшоу, А. Салам);

3) Электрослабое и сильное взаимодействие = **«Великое объединение».**

4) Все 4 взаимодействия = **«Супер-объединение».** Здесь заключается противоречие между квантовой теорией и общей теорий относительности. Возможное решение – **теория струн.** Необходимо совместить Стандартную модель и общую теорию относительности.

Проблема единства 4 типов взаимодействия

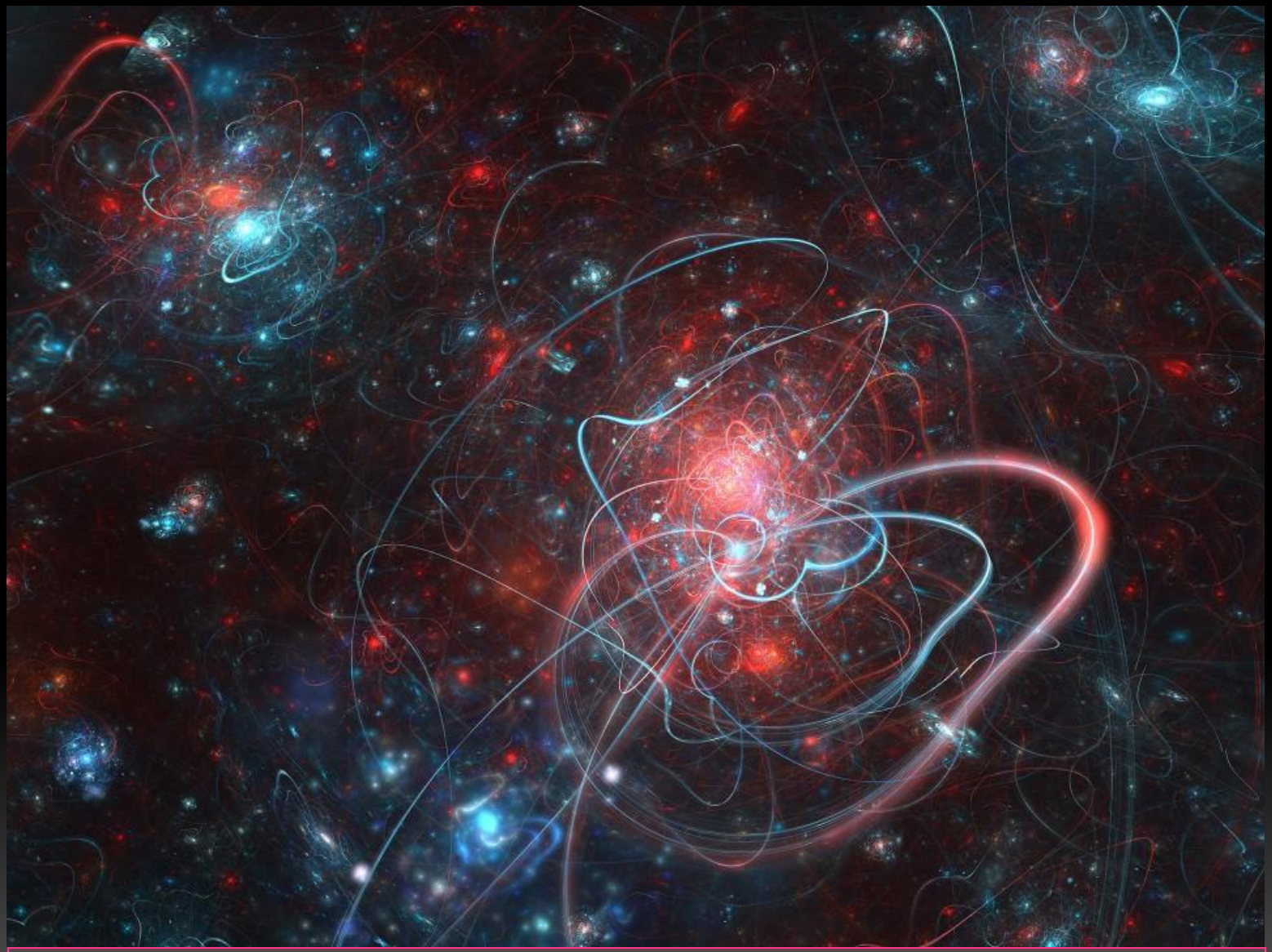
ТЕОРИЯ СТРУН:

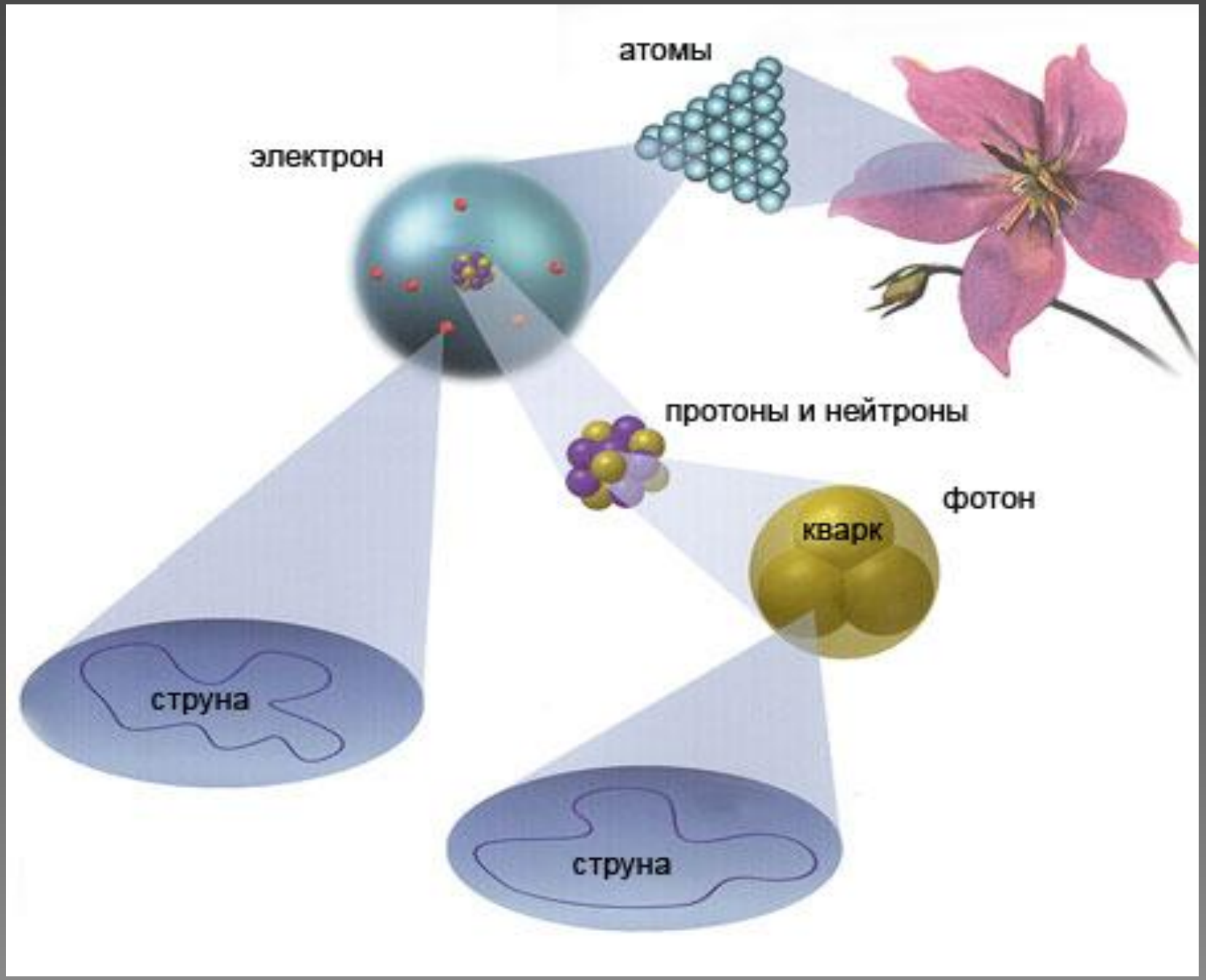
Основатель Теории струн – **Г. Венециано** (квантовая теория струн возникла в 1968 г.).

Самое удобное количество измерений, необходимое для работы теории – десять (девять – пространственные, одно – временное). Следующий этап развития теории суперструн – **М-теория** (одиннадцать размерностей). Еще один ее вариант – **F-теория** (двенадцать размерностей).

Мы сами и все вокруг нас состоит из бесконечного множества загадочных свернутых микрообъектов – **колеблющихся струн.**

ТЕОРИЯ СТРУН



Струны

ТЕОРИЯ СТРУН