Бабочка, электрон и космический ландшафт.

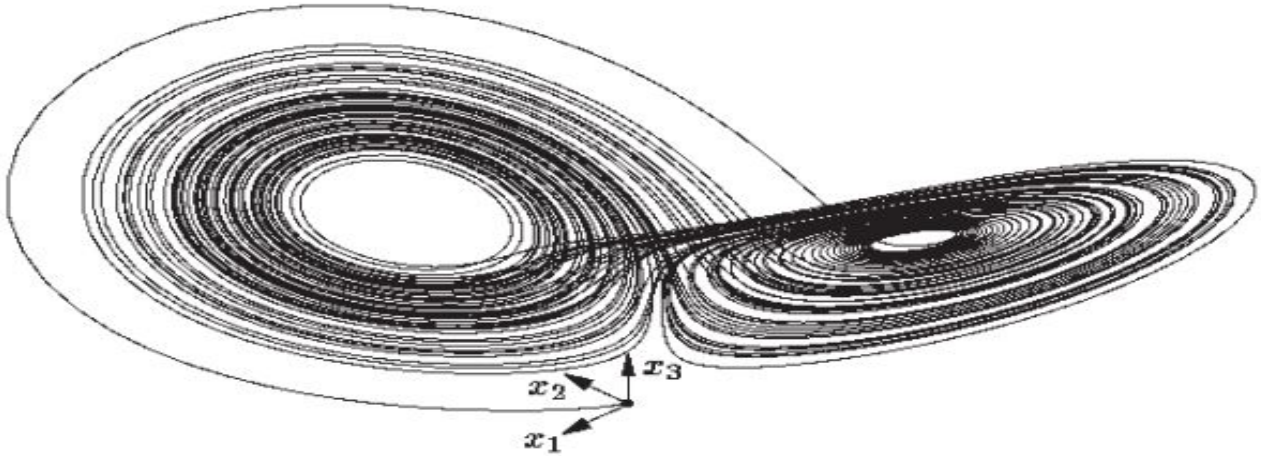
Воронцов Игорь
igor.vorontsov.mipt@gmail.com

Неопределённость в классической физике.

1) Невозможность абсолютно точных измерений;
2) Всё, что мы видим – прошлое;
3) Нельзя точно рассчитать на длительное время;
4) Неопределённость в теории сигналов: частота и интервал дискретизации сигнала не могут быть одновременно сколь угодно малыми;
5) Неточность в законах физики, константах;
6) Детерминизм или иллюзия детерминизма? Частота восприятия реальности определяет

Вероятностная природа классической физики.

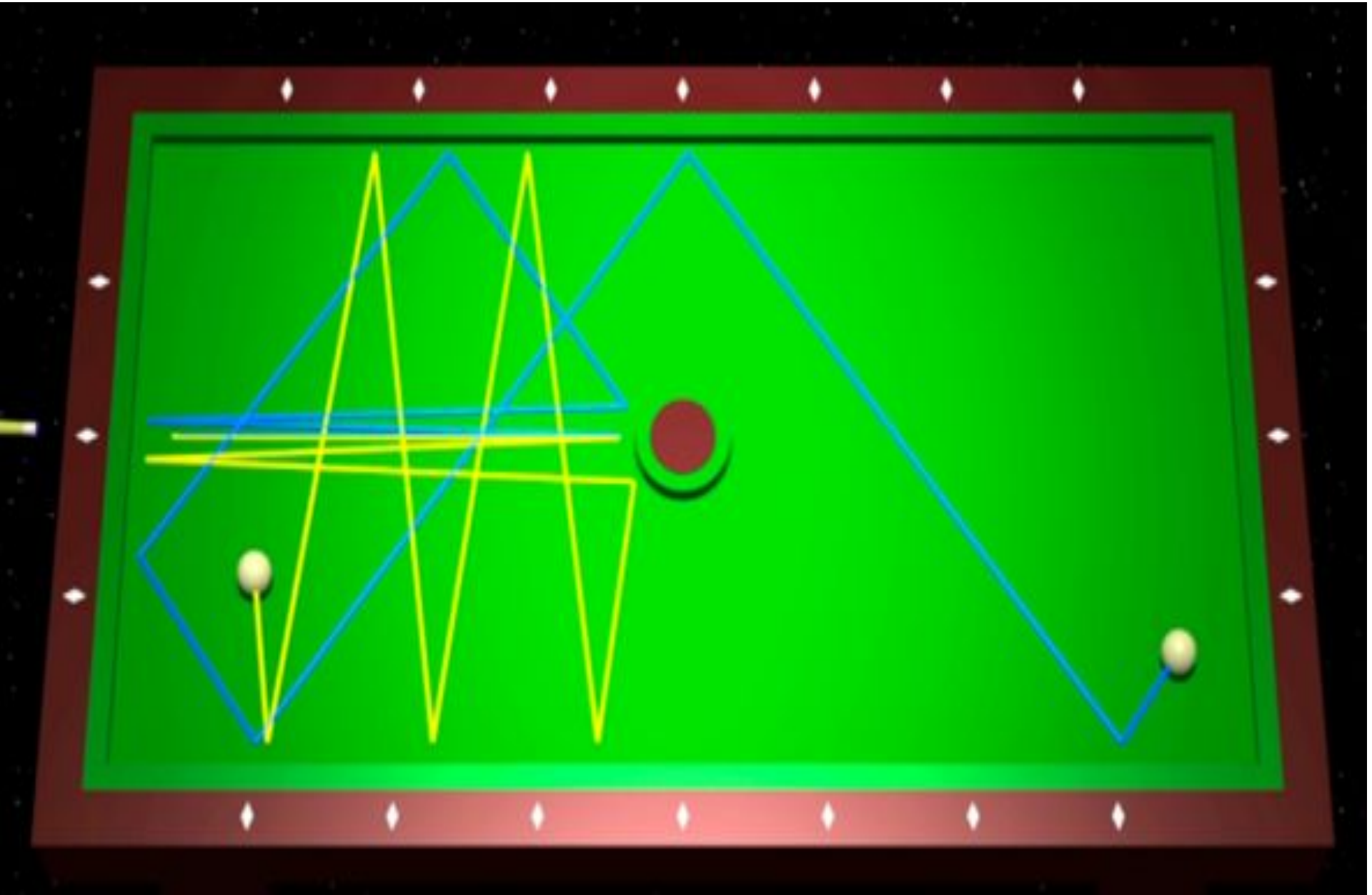
Неустойчивость уравнений классической механики работает как своеобразный микроскоп, который вытягивает на макроуровень все более и более мелкие возмущения первоначальной системы. Это приводит к тому, что классическая механика позволяет делать предсказания на сколь угодно длинные сроки только тому, кто знает начальные данные с бесконечной точностью, т. е. может оперировать с бесконечным объемом информации («Демон Лапласа»). Для вычисления погоды на два месяца вперед нужно иметь в запасе пять знаков точности. Практически это



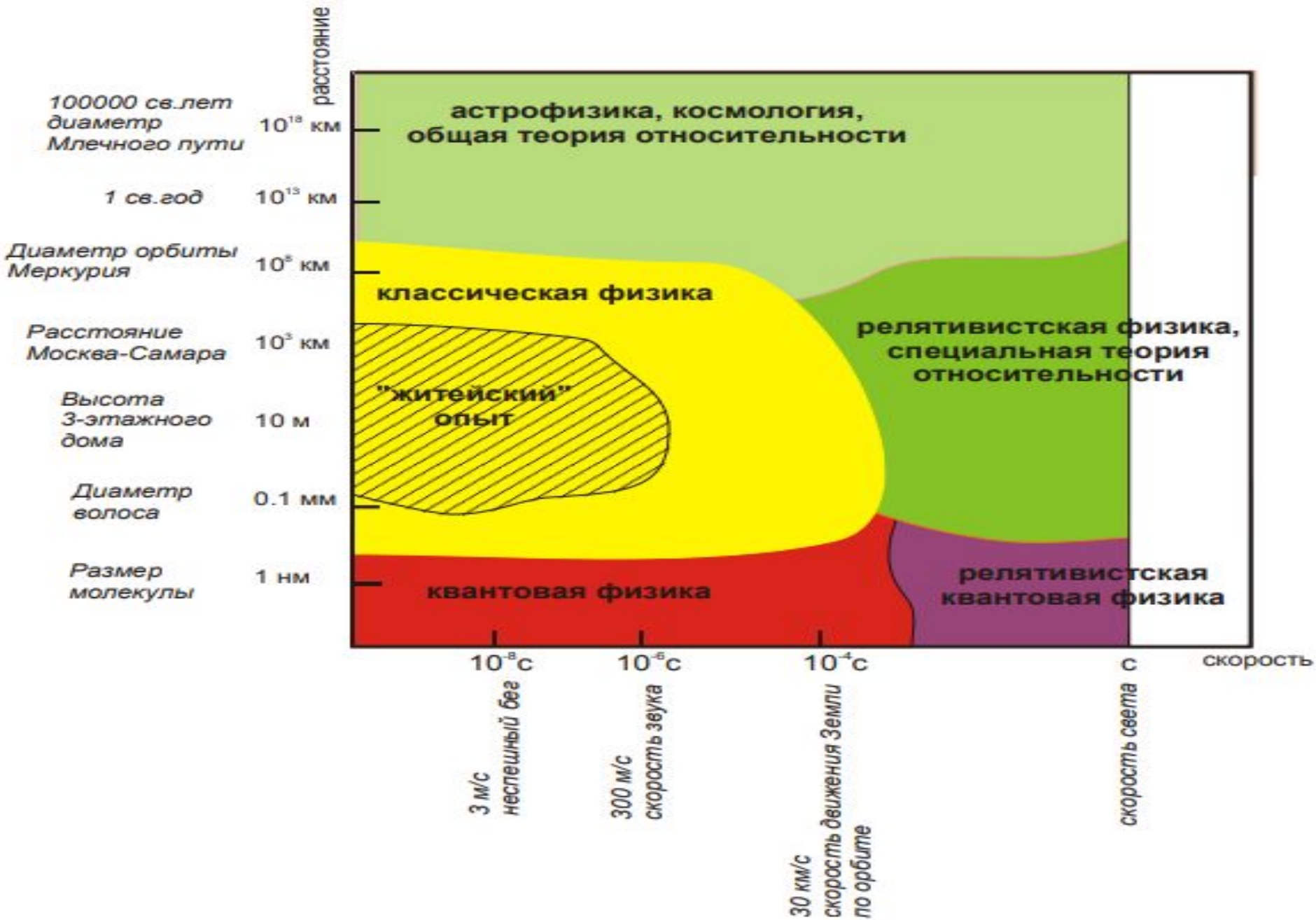
Аттрактор («бабочка») Лоренца — классический пример того, как детерминистическая динамика порождает хаос. Витки кривой проходят сколь угодно близко друг к другу, в результате чего сколь угодно малая ошибка приводит к тому, что со временем мы ошибёмся «лепестком». Первоначально аттрактор Лоренца возник при численном исследовании простейшей модели погоды.

Бильярд Синая.

Через несколько столкновений рассчитать



Физика 19-го века – усовершенствованный «здравый смысл»



Открытие принципа неопределённости

В 1927-м году молодой немецкий физик Гейзенберг (ему было 26 лет на тот момент) открыл известный принцип неопределённости, который с тех пор носит его имя. В то время сложной неразрешимой проблемой, над которой бились лучшие умы того времени, был вывод формул для определения скорости и положения электрона.

В то время, когда классики физики (Бор, Эйнштейн, Планк и другие) не могли решить проблему, 26-летний гений не только смог решить её, но и с помощью открытия этого принципа создал квантовую теорию.

Гейзенберг понял, что неопределённость – это фундаментальное свойство нашего мира, на основе которого вообще существует движение и вещество.

Два синонима – немного разный смысл, но оба есть одновременно.

indeterminacy principle

uncertainty principle

Антонимом к первому – определённость (положения, скорости, времени…).

Антонимом ко второму – получение полной информации.

Гейзенберг – предложил во втором варианте.

Известно сейчас – первый более точный.

Природа света

17 век

Исаак Ньютон

корпускулярная теория

(свет – поток частиц)

Христиан Гюйгенс

волновая теория

(свет – волна)

19 век

Джеймс Кларк Максвелл – электромагнитная природа света

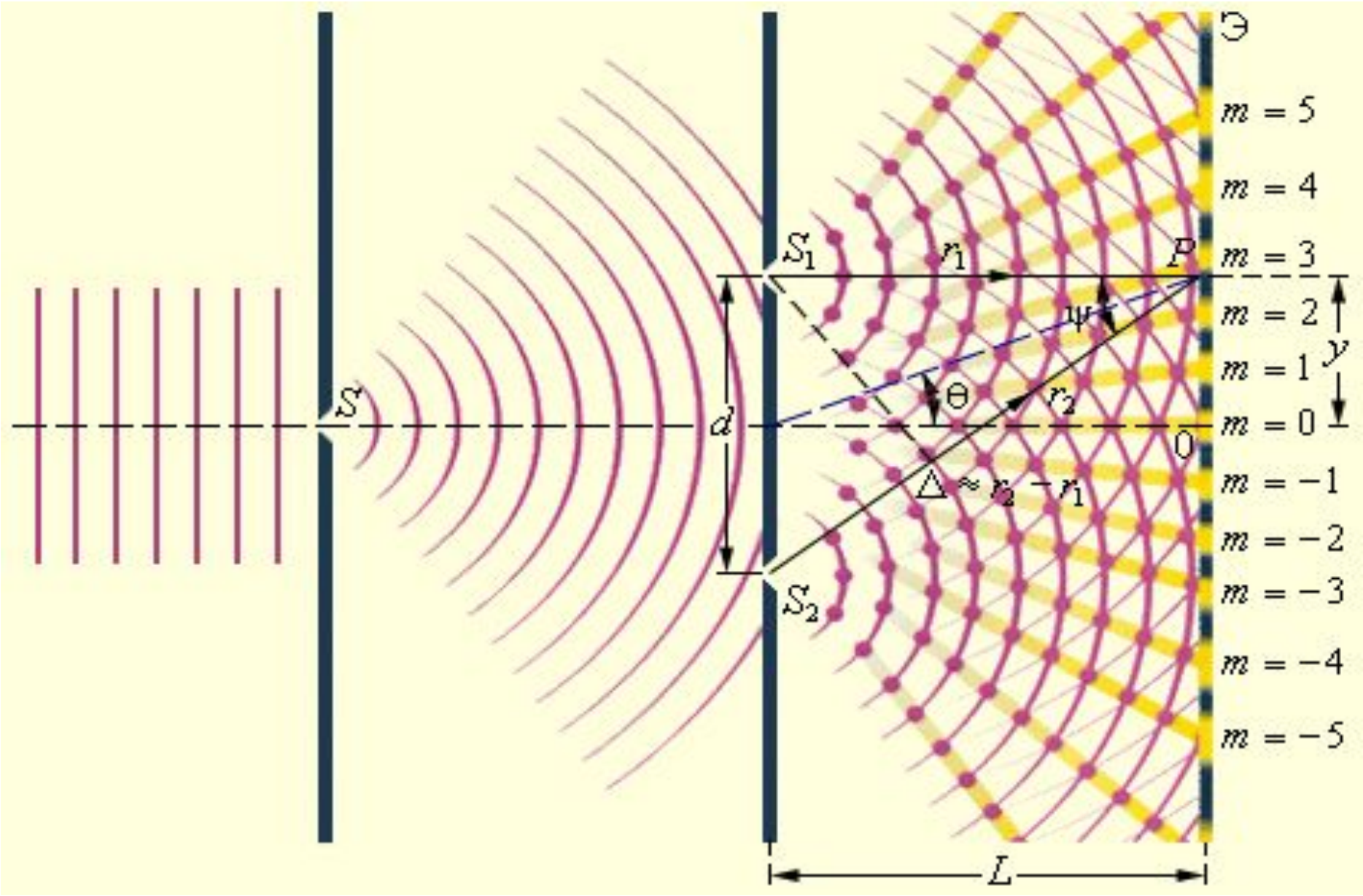
20 век

Макс Планк – квантовая природа света

Корпускулярная теория света (Ньютон) → Свет – поток частиц (перенос вещества) → Квантовые свойства света (при излучении и поглощении)

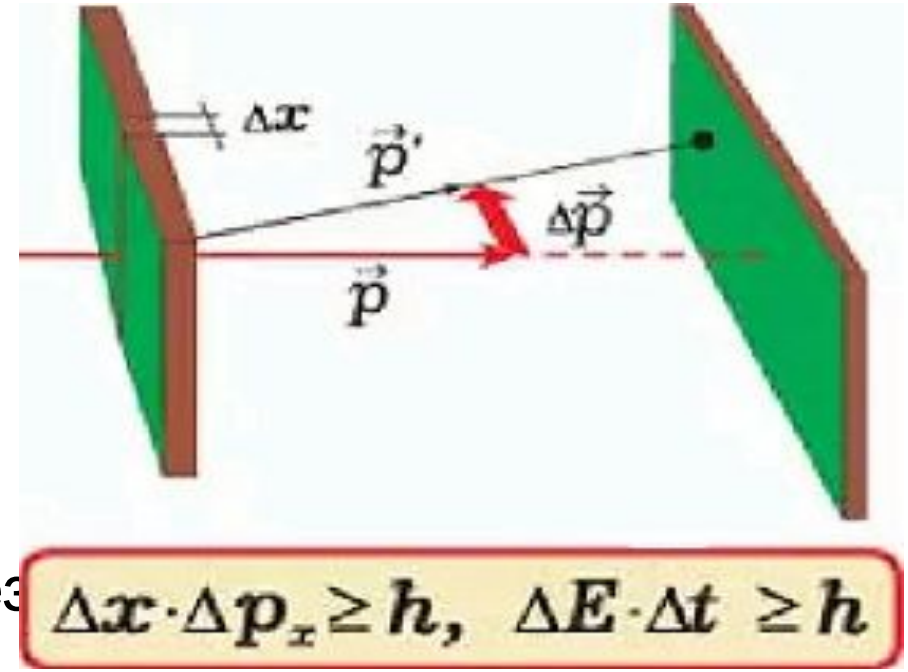
Волновая теория света (Гюйгенс) → Свет – волны → Электромагнитная теория света (Максвелл – XIX в.)

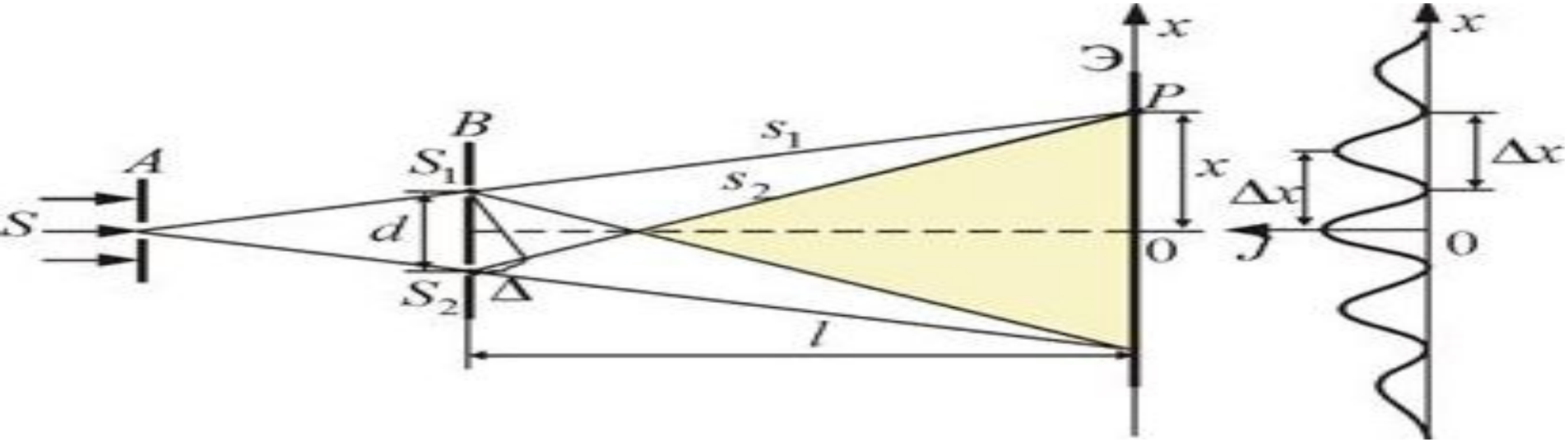
Свет – волна.



Эпикур прав, Демокрит ошибался.

Неопределённость в координате задаёт неопределённость пути. Связь между шириной щели и картиной интерференции – такая же, как у механических волн. Итак, корпускулярно-волновой дуализм – можно объяснить через принцип неопределённости.





Как двигается квантовый кот?

Неопределённость кота в положении будет расти до тех пор, пока он не туннелирует в другую комнату

Подбарьерное туннелирование.

Примеры:

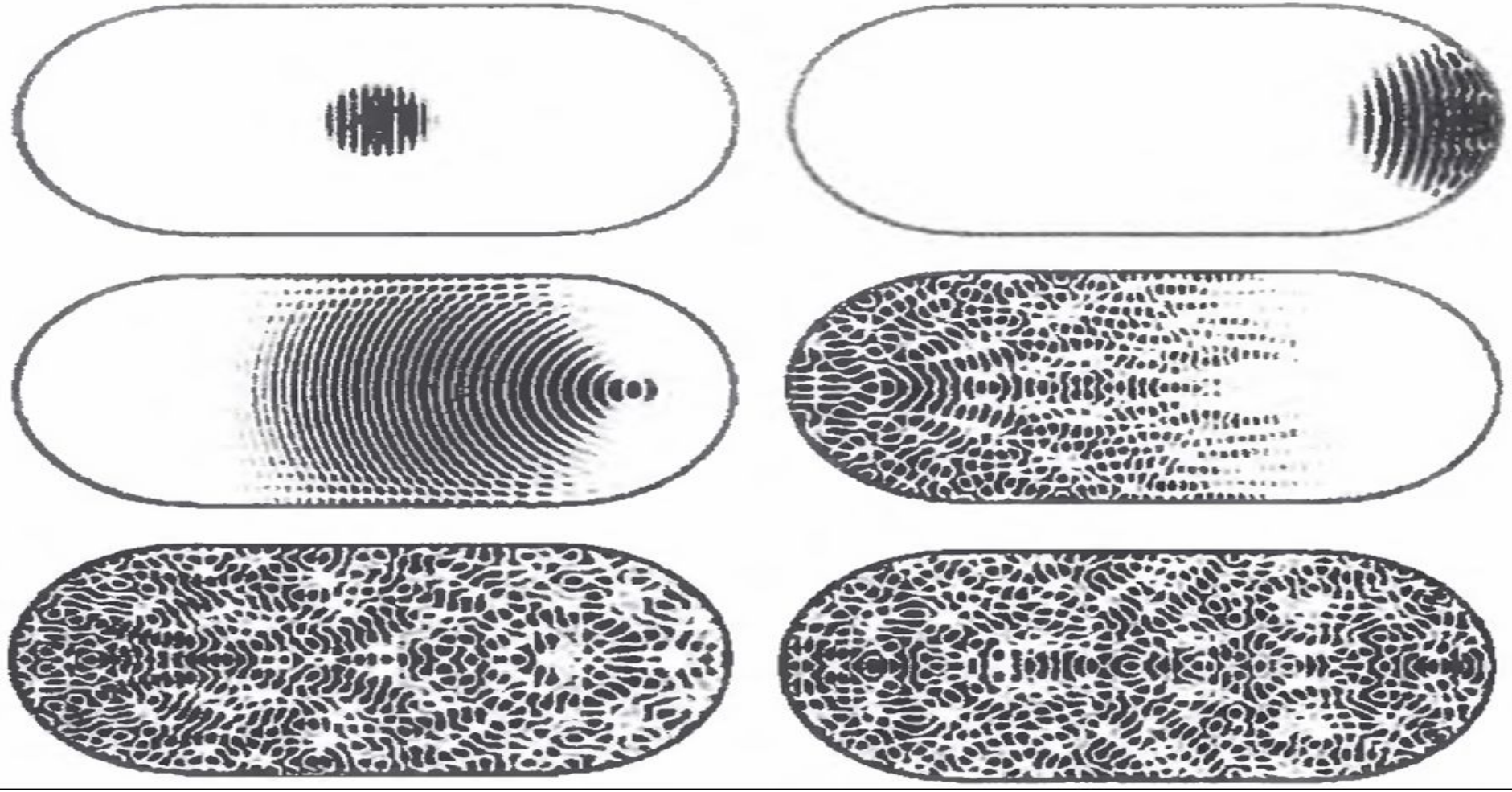
сверхпроводники, туннельные диоды, радиоактивный распад, реакции внутри звёзд

Квантовый бильярд («приключения Мистера Томпкинса»)

Белый шар двигался одновременно по всем направлениям

Квантовый бильярд.

Этапы распространения волны в квантовом бильярде. Изначально волна сконцентрирована в импульсе круглой формы и движется слева направо, затем она расплывается и много раз переотражается от стенок. Легко рассчитать точно.



	Классические измерения	Квантовые изм
Результат опыта.	Объективный факт. Всегда один и тот же.	Зависит от способ измерения, случае
Целое и части.	Любая система разделима на любые части и сводится к ним - редукционизм.	Разделение систе части снижает точ описания. Всё материальное – со единого поля. Даж – одно из состояни
Как оценить качество опыта?	Точность измерений, и точность воспроизведения.	Насколько больша набрана статистик результатов, усредняемость.

Связь между неопределённостями

Принцип неопределённости объясняет твёрдость тел – при сжатии уменьшается неопределённость координаты, а возросшая неопределённость импульса даёт давление. Поэтому он объясняет не только неопределённость, но и определенность.

В чём суть квантовой теории?

1) Неопределённость и законы сохранения.
2) Нелокальность и суперпозиция.
3) Квантовая теория – это теория превращений.
4) Два вида превращений: превращения в себя и в другое.
5) Все превращения есть комбинации рождений и уничтожений частиц (квантовая теория поля).
6) Вероятностная концепция причинности.
7) На события влияет не только действительное, но и возможное.
8) Неустранимость эффекта наблюдателя: *формулировки предполагают разделение мира на наблюдателя и наблюдаемое, и вам не говорят, где проходит это разделение.*

Эйнштейн не принял квантовую теорию:

«с принципиальной точки зрения желание строить теорию только на наблюдаемых величинах совершенно нелепо. Потому что в действительности всё ведь обстоит как раз наоборот. Только теория решает, что именно можно наблюдать. Видите ли, наблюдение, вообще говоря, есть

« В действительности все не так, как на самом деле. » Станислав Ежи Лец, «Непричесанные мысли»

Вот несколько таких общих положений, которые великолепно работали столетиями, казались настолько естественными для любой научной теории, что даже не оговаривались явно, но перестали работать в квантовой физике:

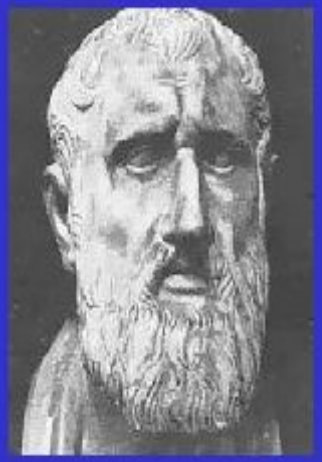
- Точечная частица находится в некоторой единственной точке пространства в любой момент времени, иначе это не точечная частица.
- Если провести над системой измерение, то мы станем лучше знать ее¨ состояние, если мерить достаточно аккуратно.
- Измерение всегда можно провести сколь угодно аккуратно, по крайней мере в принципе можно.
- Наука объективна в том смысле, что при изучении любого объекта мы можем исключить из рассмотрения субъекта, который этот объект изучает и измеряет.
- Если измерение говорит нам «ДА» (система определенно обладает ¨ некоторым свойством), то такое же измерение над другой такой же системой в таком же состоянии тоже обязательно даст «ДА» (детерминизм).
- Для того, чтобы состояние системы изменилось, надо, чтобы что-то провзаимодействовало именно с этой системой.
- Состояния всех подсистем однозначно определяют состояние системы в целом.
- В абсолютно пустом пространстве ничего не происходит – противоречит принципу неопределённости, поэтому вакуум постоянно «кипит».

- **Милетская школа: проблема единого первоначала**
  - Проблема единства сущего
  - Проблема первоначала *(архе)*
    - Фалес: вода как первоначало сущего
    - Анаксимандр: апейрон как первоначало сущего
    - Анаксимен: воздух как первоначало сущего
- **Гераклит: проблема изменчивости**
  - Мир как вечное становление *(генезис)*
- **Элейская школа: иллюзорность изменчивости**
  - Парменид: мир как единое, вечное и неизменное бытие
  - Парадоксы Зенона: обоснование элейской онтологии
    - Апория места (немыслимость пустоты)
    - Апории множества (немыслимость множества)
      - Парадокс делимости
      - Парадокс сложения
      - Парадокс счисления
    - Апории движения (немыслимость движения)
      - «Ахилл и черепаха»
      - «Дихотомия» *(деление на два)*
      - «Стрела»
      - «Стадий»
  - Иллюзии восприятия и мыслимая реальность

Парадоксы Зенона
Обоснование элейской онтологии

- Апория места (немыслимость пустоты)
- Апории множества (немыслимость множества)
  - Парадокс делимости
  - Парадокс сложения
  - Парадокс счисления
- Апории движения (немыслимость движения)
  - «Ахилл и черепаха»
  - «Дихотомия» *(деление на два)*
  - «Стрела»
  - «Стадий»

АПОРИИ ЗЕНОНА ЭЛЕЙСКОГО



- Апории против возможности мыслить **<u>множественность</u>**

БЫТИЕ ЕДИНО

- Апории против возможности мыслить **<u>движение</u>**

БЫТИЕ НЕПОДВИЖНО

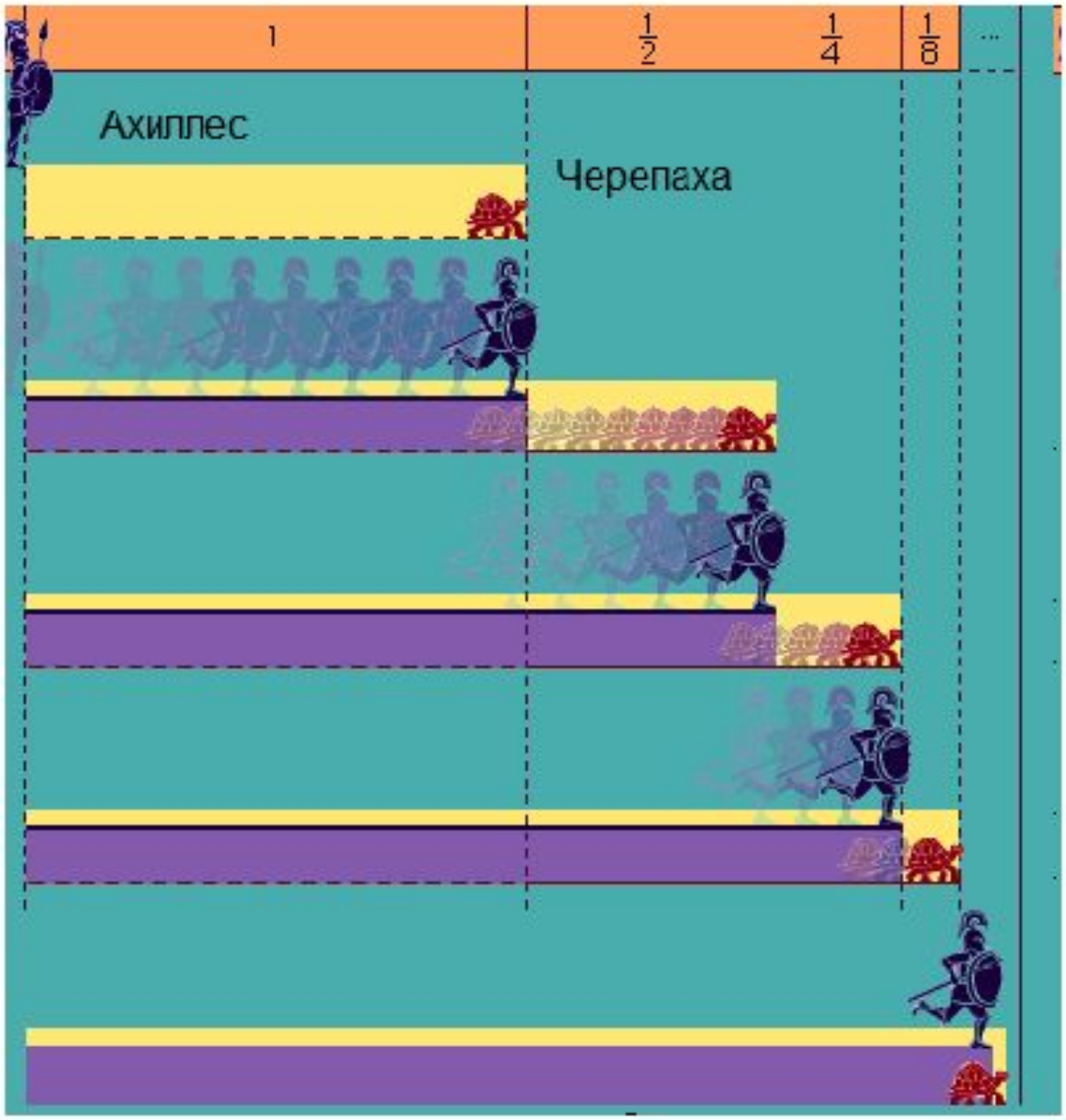
Парадоксы Зенона
Апории движения

Первые
две апории
демонстрируют
немыслимость
движения
при допущении
бесконечной
делимости
времени и
пространства.

Две последние
апории
демонстрируют
немыслимость
движения
при допущении
предела
делимости
времени и
пространства.

Ахиллес и Черепаха.

Допустим, Ахиллес бежит в десять раз быстрее, чем черепаха, и находится позади неё на расстоянии в тысячу шагов. За то время, за которое Ахиллес пробежит это расстояние, черепаха в ту же сторону проползёт сто шагов. Когда Ахиллес пробежит сто шагов, черепаха проползёт ещё десять шагов, и так далее. Процесс будет продолжаться до бесконечности, Ахиллес так никогда и не догонит черепаху.

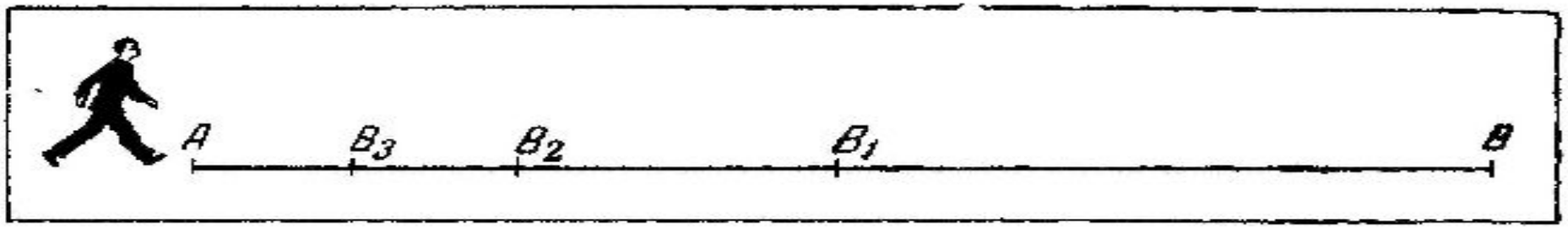


Решение из классической механики.

Решение из **принципа неопределенности** – неопределённость положения Ахиллеса станет больше расстояния до черепахи. Тогда появится большая вероятность схватить её.

«Дихотомия»

«Дихотомия» по-гречески обозначает «деление пополам».
Апория гласит: чтобы преодолеть путь, нужно сначала преодолеть половину пути, а чтобы преодолеть половину пути, нужно сначала преодолеть половину половины, и так до бесконечности. Поэтому движение никогда не начнётся.



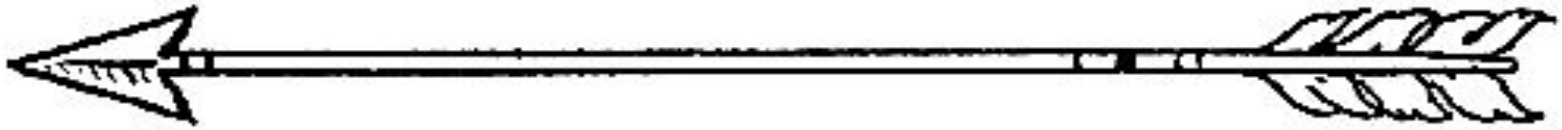
В механике Ньютона – решением является непрерывность. Сумма бесконечно малых величин может быть конечна (эта идея возникла ещё у Кузанского задолго до матанализа).

В квантовой механике:

1) Неопределённость места не даёт возможность /2 всегда.
2) Невозможно определить точное время начала пути.

«Летящая стрела»

Движения не существует.
Летящая стрела неподвижна, так как в каждый момент времени она покоится, а поскольку она покоится в каждый момент времени, то она покоится всегда.



В механике Ньютона – есть понятие мгновенная скорость.

В квантовой механике:

1) Невозможно фиксировать точный момент времени;
2) Если систему измерять очень часто, она останавливается за счёт частых превращений в саму себя (квантовый эффект Зенона).

Апория «Стадий»

Если две колесницы
движутся навстречу друг друга со скоростью,
равной минимальной единице пространства
за минимальную единицу времени,
мимо третьей – неподвижной – колесницы,

то они пройдут расстояние,
равное минимальной единице пространства,
за минимальную единицу времени
относительно неподвижной колесницы и
за половину минимальной единицы времени
относительно друг друга.

Таким образом, получится, что минимальная,
т.е. неделимая, единица времени делима,
что абсурдно. (Равным образом,
делимой окажется и минимальная,
т.е. неделимая, единица пространства).

В классической физике:

апория делимости – не противоречие, а решение!

В квантовой – дискретность

Апория делимости

Каждая частица бытия одновременно

- Делима до бесконечности → Бесконечно большая
- Результат бесконечного деления → Не имеет величины

Парадоксы Зенона
Апория сложения

Если допустить, что бытие делимо, т.е. состоит из частей, то его придётся признать

- или бесконечно большим (если его части имеют какую-то величину), но тогда оно должно быть единственным;
- или вовсе лишённым величины (если его части величины не имеют), и, следовательно, неотличимым от небытия.

Парадоксы Зенона
Апория счисления

Если допустить, что существует многое, то число вещей придётся признать одновременно

- и ограниченным (так как их будет ровно столько, сколько есть: ни больше, ни меньше),
- и бесконечным (так как между любыми из них будут другие),

что, разумеется, невозможно.

«*Если все сделано из элементарных частиц, а элементарные частицы подчиняются законам механики, то почему всё не подчиняется этим законам?*» (с) **Аарон О'Коннелл**

Квантовая машина – машина, основанная на принципах квантовой теории.

Аарон О'Коннелл – первый физик, которому удалось собрать квантовую машину (кубит соединил с макроскопическим резонатором) в 2009-м году. В 2010-м году его изобретение журналом **Science** было названо **прорывом года**, так как впервые было продемонстрировано, что макроскопические тела, видимые невооружённым глазом, могут находиться в состоянии суперпозиции.

«Макрообъект способен находиться в квантовой суперпозиции, но для этого надо ему немного помочь. Приведу аналогию. Неудобно ехать в переполненном лифте. Когда я в лифте один, то могу вытворять что угодно, но когда в нем есть люди, приходиться угомониться, потому что не хочу их беспокоить. Согласно квантовой механике неодушевленные предметы ведут себя подобным образом, а «попутчиками» для них являются свет, ветер, температура среды. Что бы увидеть, как кусочек металла будет подчиняться законам квантовой механики необходимо удалить всех «попутчиков»! Это нам удалось! …. Если кусочек металла может находиться в двух местах одновременно, как и атом, то почему не может человек?... Согласно Квантовой Механики всё взаимосвязано. Всё серьёзнее. Все те связи со всеми объектами, что окружают вас, определяют то, чем вы являетесь».

Квантовая случайность определила начальные условия в большом взрыве ->

1) Законы природы, по которым мы живём, случайны;