

Опыт упаковки знаний на примере квантовой физики

Нечипоренко А. В.

Новосибирск, 29.05.2019

Авторы разработки



П. А. Французов, к. ф-м. н.,
квантовый физик-теоретик,
доцент МГУ (Севастопольский филиал).



А. В. Нечипоренко, к. филос. н.,
Ассистент ИФиП НГУ

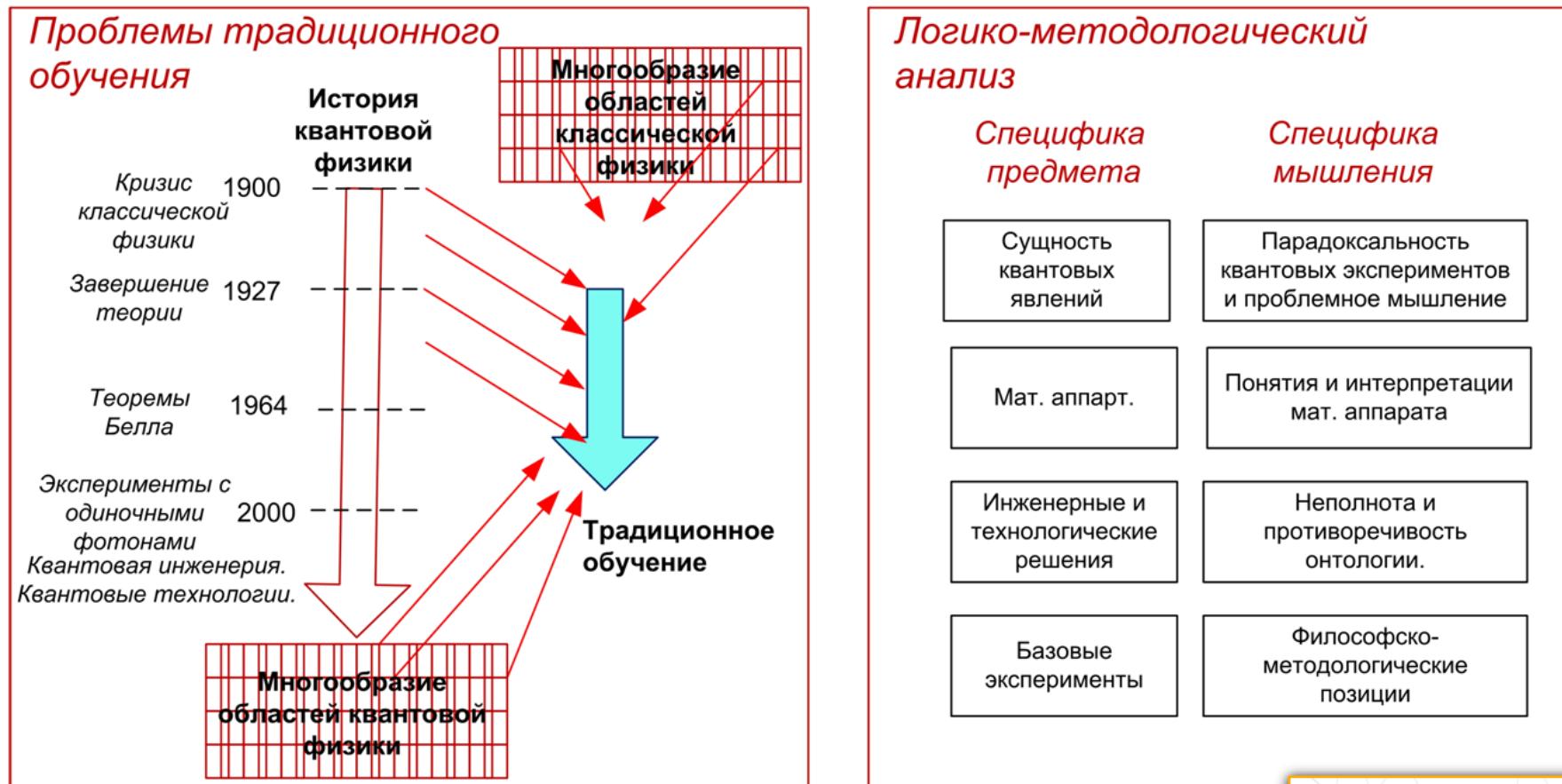
Постановка задачи

Дано:

- сложная, многообразная и разветвленная область знаний;
- богатая история становления области знаний;
- современная актуальность;
- область знания опирается на особые практики мышления, есть носители практики.

Найти: Эффективный способ обучения

Опыт упаковки знаний (на примере квантовой физики)



Модули курса «Квантовая физика и квантовое мышление»

Проблема природы света в истории физики. Как доказать, что фотон неделим?
Поляризация света. Комплексные числа и линейное гильбертово пространство. Эксперимент по прохождению фотона сквозь призму Глана. Методологическая схема структуры знаний в квантовой теории.
Понятие кубита. Определение поляризации фотона (решение задач в форме ролевой игры). Особенности квантового мышления. Копенгагенская интерпретация (Н. Бора.)
Постулаты квантовой механики. Вектор состояния. Измерения. Суперпозиция. Эксперимент с одиночным фотоном в интерферометре Маха-Цандера. Структура парадокса. Четыре интерпретации формализма квантовой теории.
ЭПР – эксперимент. Спутанные состояния. Можно ли описать ЭПР эксперимент с т. з. классической физики ? (работа в группах)
ЭПР – эксперимент. Структура парадокса. . Возможна ли мгновенная связь? Разработка устройств мгновенной связи (работа в группах). Теорема о запрете клонирования квантового состояния фотона.
Гамильтониан. Гамильтонов формализм. Теорема Белла. Эксперименты по проверке неравенств Белла. Структура парадокса. Антиреализм. Нелокальность.
Базовые эксперименты и квантовая инженерия. Придумываем новые эксперименты. Проблема региональной онтологии квантовой физики
Идея квантовой связи. Возможно ли абсолютно защищенная связь? Разработка квантовой криптографии. Квантовая телепортация.
Парадоксы квантовой физики. Мышь Эйнштейна. Кот Шредингера. Друг Вигнера. Мышление классического и квантового физика.

Зайонц

Квантовый
вызов

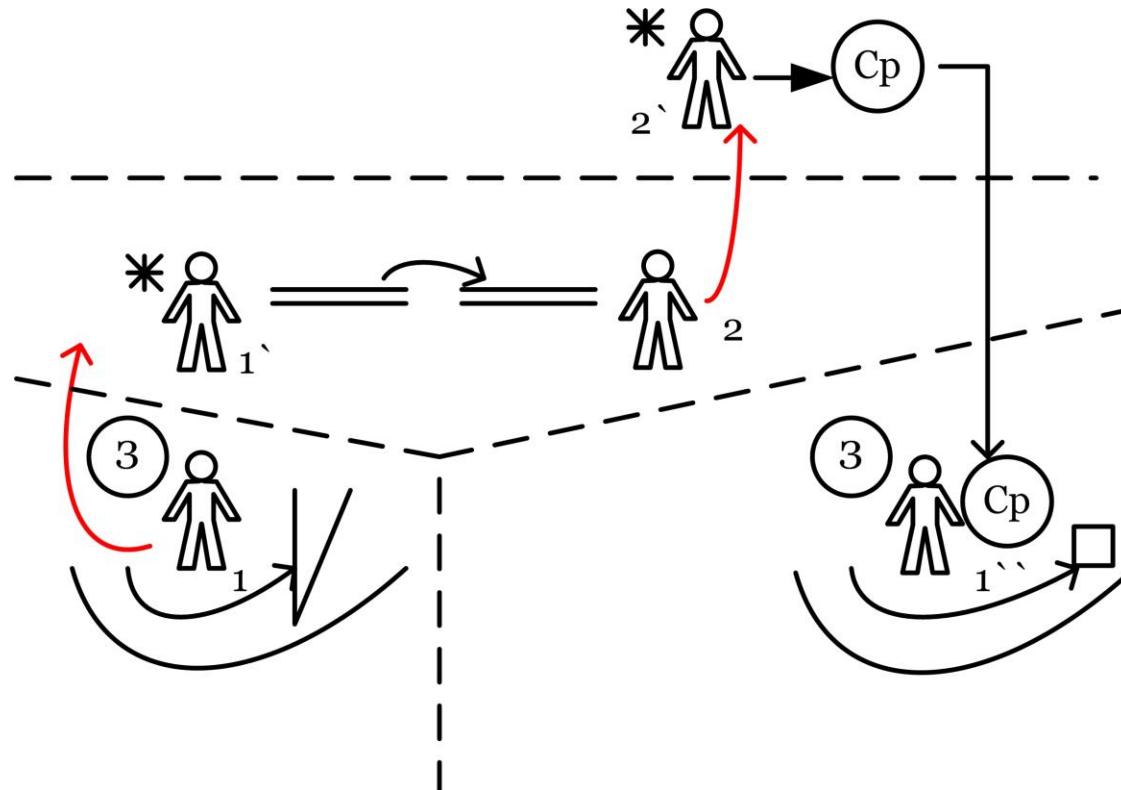
Щедровицкий
Алексеев

Деятель-
ностная
педагогика

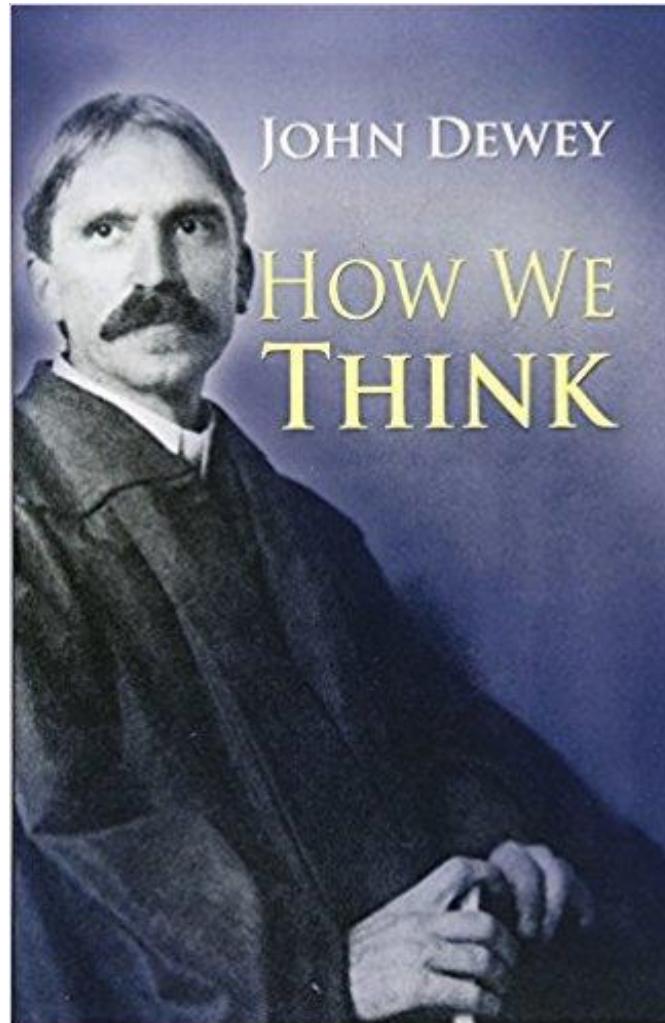
Давыдов
Развивающее
обучение

Д. Дьюи
Как мы
мыслим?

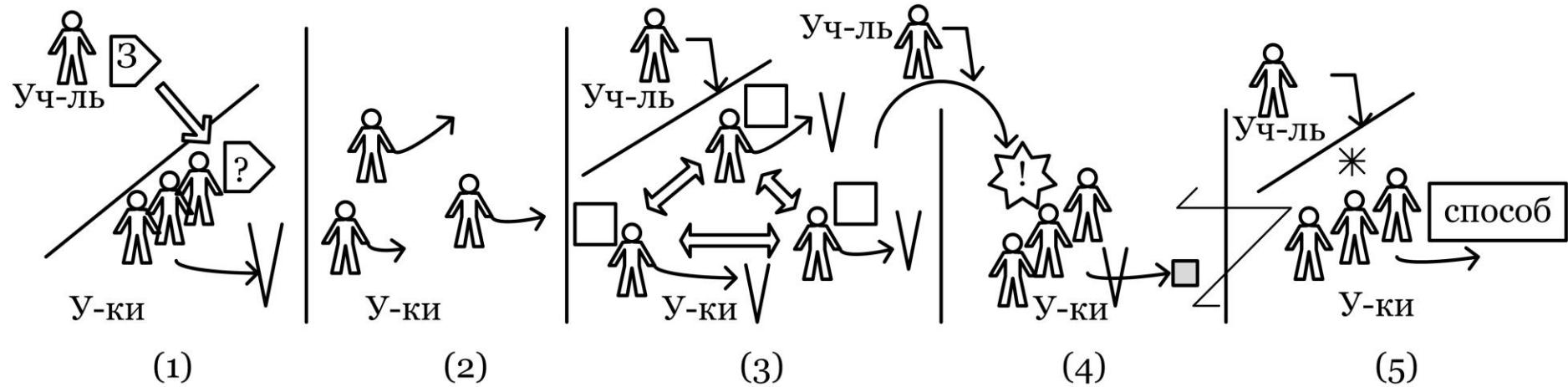
Простейшая учебная ситуация в задачной форме



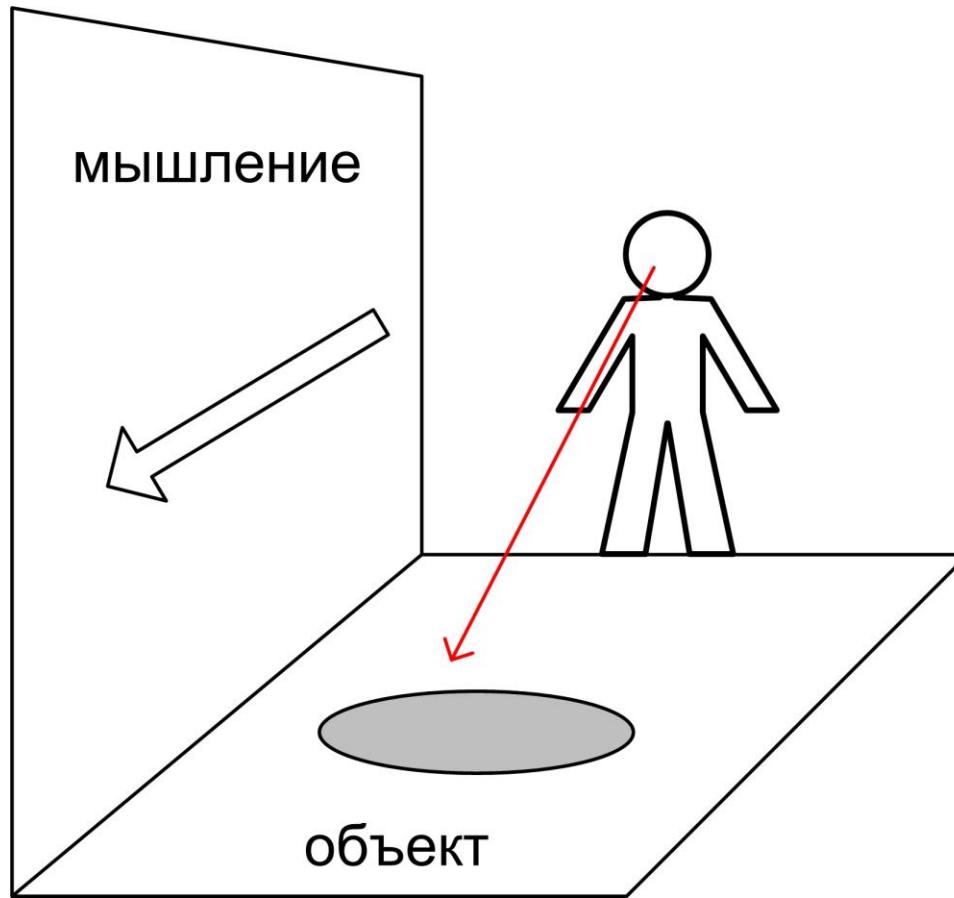
Дж. Дьюи.
Стадии развертывания
исследовательского мышления.



Развернутая учебная ситуация в задачной форме

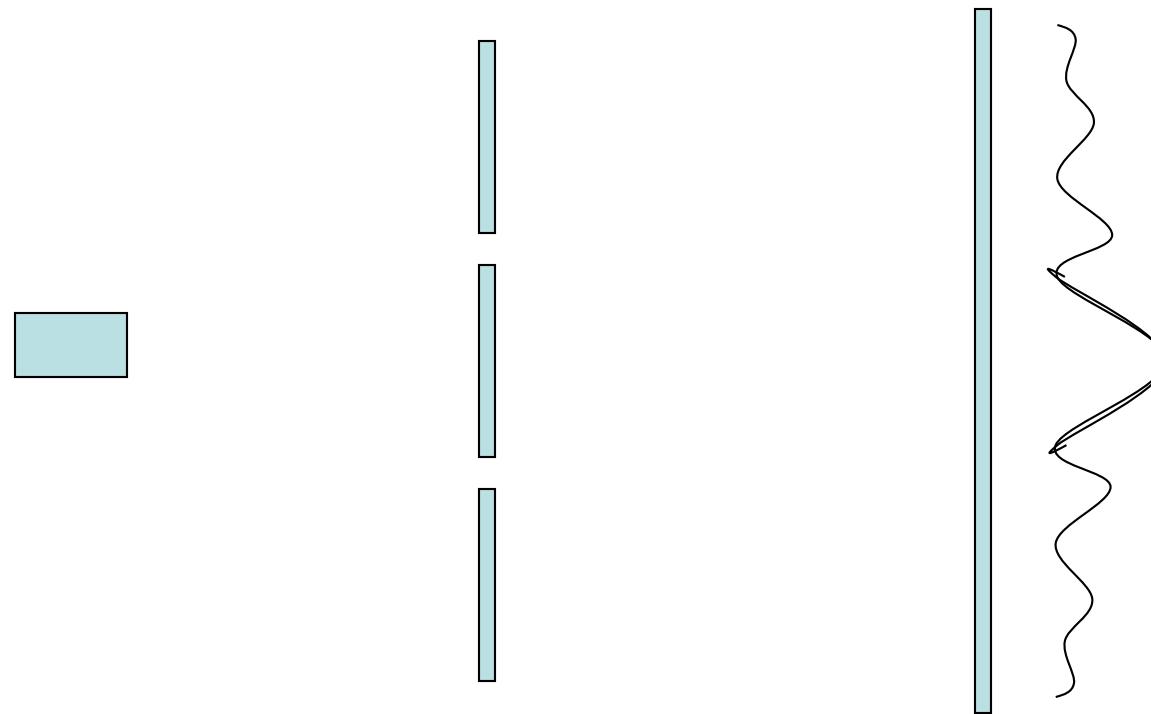


Способ «объемной» организации мышления



Сущность квантовой физики

по Р. Фейнману



Одиночный фотон. Вероятность.

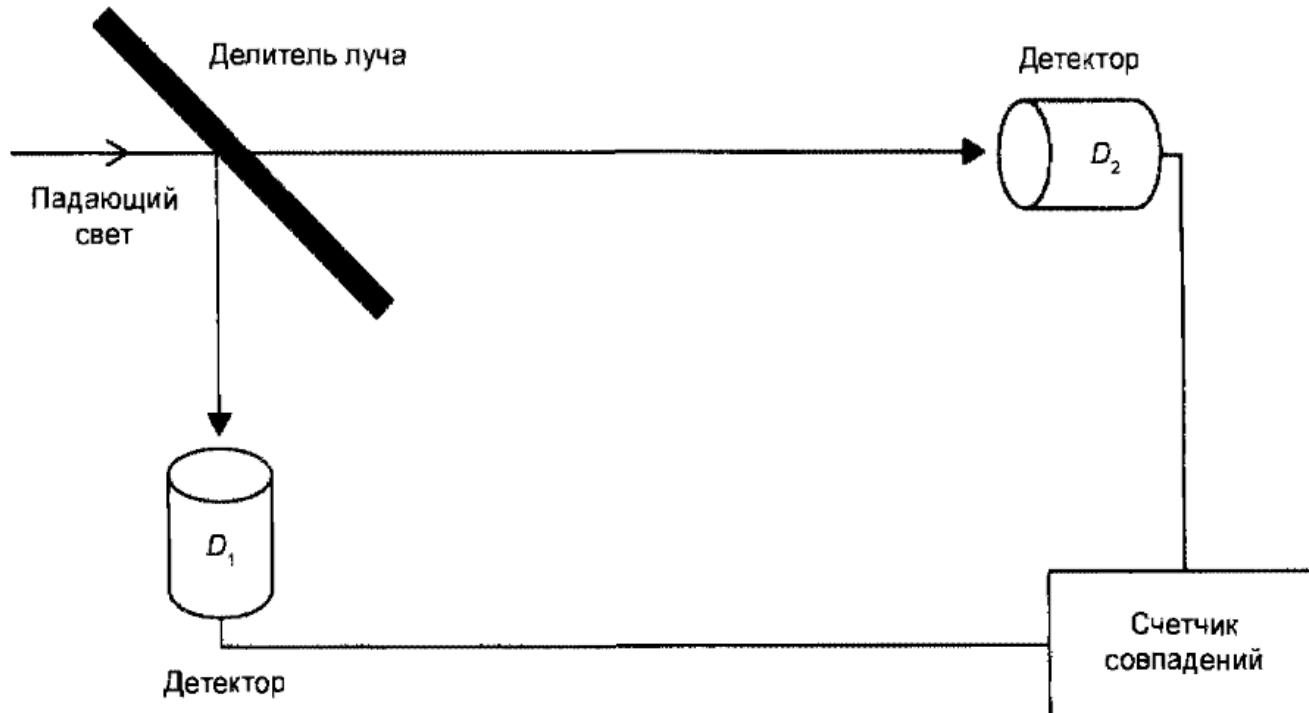


Рис. 2.3. Эксперимент по антисовпадению для демонстрации корпускулярной природы света. Если свет состоит из фотонов, два детектора никогда не должны срабатывать одновременно

Интерференция одиночного фотона

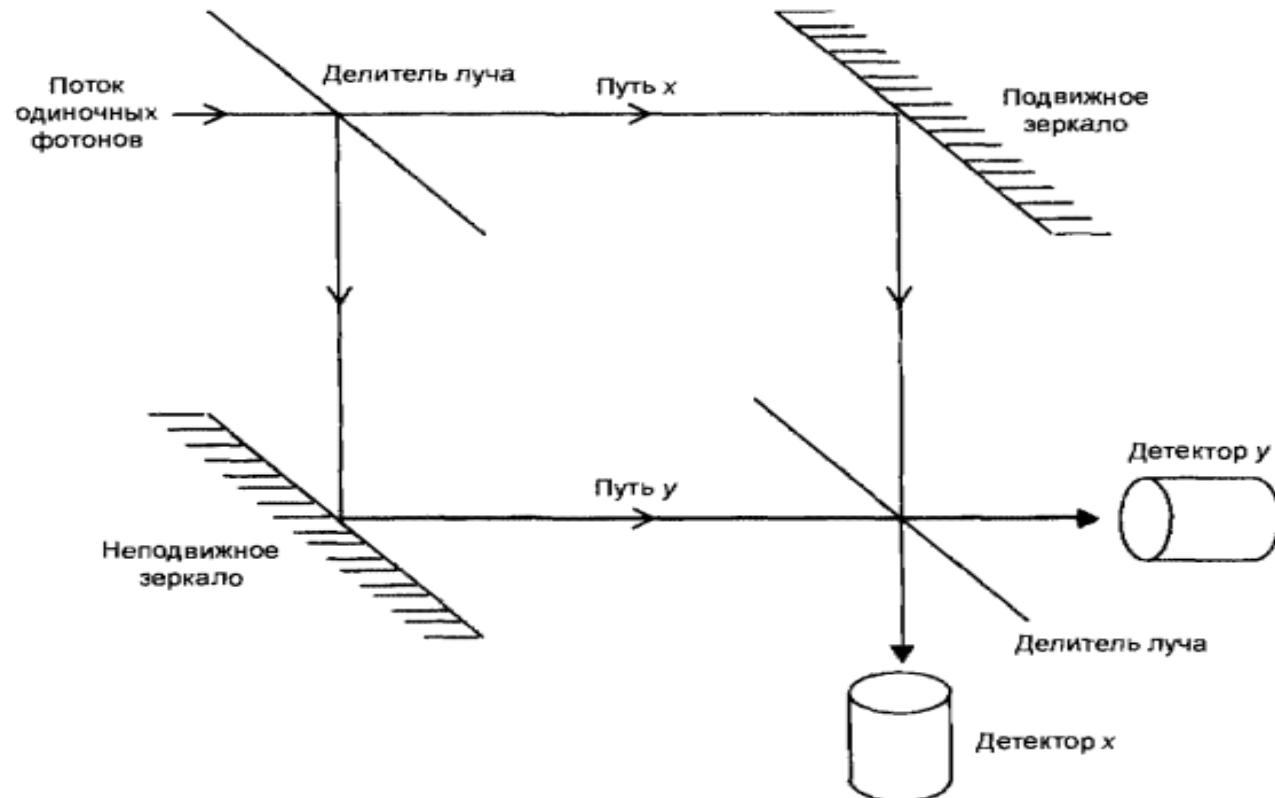


Рис. 2.6. Схема эксперимента по интерференции одиночных фотонов Аспе с коллегами⁵. Свет из источника одиночных фотонов попадает в так называемый интерферометр Маха—Цендера и регистрируется датчиками. При изменении положения подвижного зеркала, разность фаз между двумя плечами интерферометра изменяется, и это дает интерференционную картину

Интерференция одиночного фотона

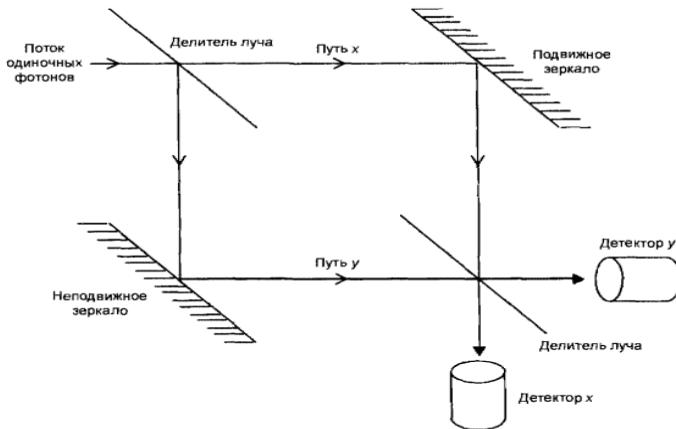


Рис. 2.6. Схема эксперимента по интерференции одиночных фотонов Аспе с коллегами⁵. Свет из источника одиночных фотонов попадает в так называемый интерферометр Маха—Цендера и регистрируется датчиками. При изменении положения подвижного зеркала, разность фаз между двумя плечами интерферометра изменяется, и это дает интерференционную картину

из антикорреляционного эксперимента, описанного выше, мы знаем, что используемый источник излучает фотоны, которые не расщепляются на делителе, а всегда идут по одному из двух направлений. Следовательно, мы не должны ожидать наблюдения интерференции.



Если интерференция действительно будет наблюдаться, то согласно стандартной интерпретации квантовой теории это будет означать, что каждая из частиц делится на первом делителе и движется далее по обоим путям интерферометра одновременно.

Интерференция одиночного фотона

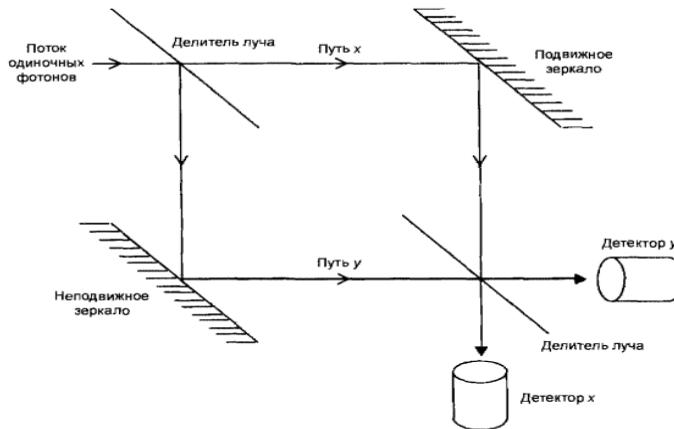


Рис. 2.6. Схема эксперимента по интерференции одиночных фотонов Аспе с коллегами⁵. Свет из источника одиночных фотонов попадает в так называемый интерферометр Маха—Цендера и регистрируется датчиками. При изменении положения подвижного зеркала, разность фаз между двумя плечами интерферометра изменяется, и это дает интерференционную картину

Из антикорреляционного эксперимента, описанного выше, мы знаем, что используемый источник излучает фотоны, которые не расщепляются на делителе, а всегда идут по одному из двух направлений. Следовательно, мы не должны ожидать наблюдения интерференции.



Если интерференция действительно будет наблюдаться, то согласно стандартной интерпретации квантовой теории это будет означать, что каждая из частиц делится на первом делителе и движется далее по обоим путям интерферометра одновременно.

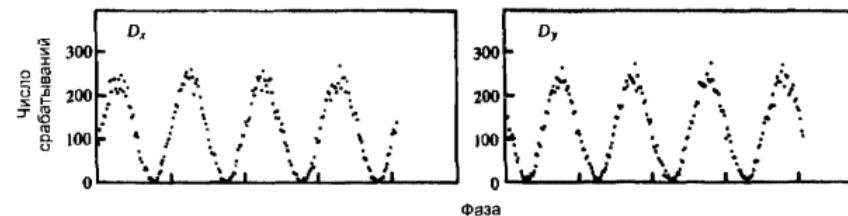


Рис. 2.7. Интерференция одиночных фотонов (экспериментальные результаты Аспе и сотрудников). Число срабатываний двух датчиков, изображенных на рис. 2.6, показано в зависимости от разности фаз в плечах интерферометра. Фотон, который прежде выбирал один из путей, на этот раз выбрал оба

Структура знаний в предмете физики

Математический аппарат

Модели объектов
(онтологические модели)

Эксперименты

Каскад проблем

№	Проблема	Проблематизация категорий и принципов
1.	Дуализм волна/частица	Единое/множественное, часть/целое
2.	Фундаментальность случайности	Достаточное основание. Причинность (детерминизм)
3.	Фундаментальность неопределенности	Причинно-следственная связь
4.	Проблема измерений и «редукции волнового пакета»	Близкодействие (локальность)
5.	Проблема событий	Естественное / искусственное
6.	Проблема равновесности /неравновесности	Процесс // генезис процесса
7.	Проблема нелокальности	Субстанция и атрибуты. Связь.
8.	Проблема активности измерений и антиреализма	Субстанция и атрибут Субъект / объект Знание /объект
9.	Проблема природы математики (неявного определения по Гильберту)	Знак, содержание, смысл.
10.	Проблема противоречивости средств (классических моделей и квантового аппарата) внутри одного мыслительного процесса решения одной задачи	Системность знаний, логический вывод (закон запрещения противоречия).
11.	Отсутствие онтологии квантовой механики // необходимость онтологических моделей для квантовой инженерии	Объект