**Название курса лекций**: Квантовая революция.

**Лектор:** Евгений Михайлович Беркович

Профессор Свободного университета, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, доктор естествознания (Германия), главный редактор журнала «Семь искусств», дважды лауреат Беляевской премии за научно-просветительскую деятельность. Автор нескольких монографий об Эйнштейне и революциях в физике и множества статей по истории науки и литературы. Окончил физический факультет МГУ, кафедру математики. Защитил диссертацию на звание кандидат физико-математических наук на факультете Вычислительной математики и кибернетики МГУ, старший научный сотрудник ВАК.

**Аннотация:** В курсе лекций рассматривается одна из решающих научных революций ХХ века – создание квантовой механики. Обсуждается кризис классической физики XIX века, открытия в физике микромира, потребовавшие создание новой теории, революционные идеи Планка, Эйнштейна, Резерфорда, Бора, создание матричной и волновой механики, роль при этом таких ученых как Борн, Гейзенберг, Йордан, Дирак, Паули, Эренфест, Джеймс Франк, Уленбек, Гаудсмит и других. Рассматривается исторический спор Эйнштейна и Бора об основаниях квантовой механики и о существовании объективной реальности. Эксперимент Эйнштейна, Подольского, Розена и ответ на него представителей копенгагенской школы. Запутанные частицы, скрытые параметры, теорема Белла и окончательное определение победителя в споре Эйнштейна и Бора.

**Длительность курса:** Курс состоит из 12 лекций по два академических часа. После каждой лекции предполагается обсуждение и ответы на возникшие вопросы. Лекции читаются еженедельно, по субботам, начало в 19:00 по московскому времени.

**Уровень курса:** Курс доступен всем желающим, не предполагает никаких продвинутых знаний и навыков. Достаточно представление о физических законах в рамках средней школы. Несмотря на то, что современная физика немыслима без математики, мы постараемся обойтись без сложных математических моделей, а те, которые необходимы для понимания, мы будем вводить и объяснять так, чтобы они были понятны неспециалисту.

**Формат занятий:** Занятия проводятся в форме лекций с последующим обсуждением возникших вопросов.

**На кого ориентирован курс:** Курс будет полезен изучающим физику в институтах и университетах как дополнение к лекциям по общей и теоретической физике. Также он может заинтересовать изучающих историю и социологию как иллюстрация общих теоретических положений на конкретных примерах из истории физики. Наконец, курс будет интересен всем любителям истории науки независимо от уровня образования и знаний предметной области.

**Пререквизиты: что требуется от студента:** От слушателя курсов требуются любознательность, желание узнать что-то новое в истории науки, знание основных физических законов в объеме школьной программы. Никаких специальных знаний по физике или математике не требуется. Желательно (но не обязательно) знание английского или/и немецкого языков для чтения дополнительной литературы.

Примерная тематика лекций.

**Лекция 1.** Физика XIX века: достижения и проблемы. Доклад Анри Пуанкаре на Всемирном физическом конгрессе в Сент-Луисе в 1903 году. Экспериментальные основы квантовой физики. Изучение спектров – окно в микромир. Спектры атома водорода. Формулы Бальмера. Трудности теоретического объяснения.

**Лекция 2.** Проблема излучения нагретого тела: история и результаты. Законы излучения Вина. Опыты Люммера–Прингсхайма и Рубенса. Макс Планк – становление ученого. Основы статистической физики Больцмана и Максвелла. Закон Планка.

**Лекция 3.** Альберт Эйнштейн – становление ученого. Учеба в Цюрихском политехническом институте. Неудачи с поиском работы. Попытки защитить докторскую диссертацию и стать приват-доцентом. Работа в Патентном ведомстве. Успешные защита докторской диссертации и хабилитация. Первые лекции.

**Лекция 4.** Альберт Эйнштейн и год чудес – 1905-й. Открытие теории относительности, законов броуновского движения и гипотеза квантов света. Отношение коллег-физиков к гипотезе Эйнштейна. Вклад Эйнштейна в квантовую физику. **Факультативно:** общая теория относительности и поиски единой теории поля. Связь с квантовой механикой.

**Лекция 5.** Нильс Бор – становление ученого. Открытия Дж. Дж. Томсона и Эрнста Резерфорда. Рентгеновские лучи и радиоактивность. Периодическая система элементов. Модель атома Бора. Стационарные орбиты электронов. Уточнения Зоммерфельда в модели Бора. Квантование орбит.

**Лекция 6.** Макс Борн – становление ученого. Учеба в Гёттингене. Конфликт с Феликсом Клейном. Берлин и дружба с Эйнштейном. Создание в Гёттингене мирового центра физики и математики. Макс Борн и Джеймс Франк. Боровские чтения 1922 года. **Факультативно:** Нобелевская премия Макса Борна и его судьба во время и после Второй мировой войны.

**Лекция 7.** Вольфганг Паули - становление ученого. Роль Паули в научном мире первой половины ХХ века. Принцип запрета. Отношения Паули с Бором и Эйнштейном. История открытия спина электрона. Ральф Крониг, Гаудсмит и Уленбек – гипотеза спина. Пауль Эренфест - становление ученого. Ошибка Паули и неудача Кронига. Проблема «двойки» и ее решение Томасом. **Факультативно:** судьба Паули во время и после Второй мировой войны.

**Лекция 8.** Вернер Гейзенберг – становление ученого. Ученик Зоммерфельда, ассистент Борна. Провал при защите докторской диссертации. Несостоявшаяся встреча с Эйнштейном в 1922 году. Ошибка воспоминаний. Озарение на Гельголанде. Матричная механика. Вклад Макса Борна и Паскуаля Йордана. Поль Дирак вступает в игру. Расчет спектра атома водорода. Доклад в Берлине и беседа с Эйнштейном. **Факультативно:** роль Гейзенберга в немецком Урановом проекте в годы Второй мировой войны.

**Лекция 9.** Эрвин Шрёдингер – становление ученого. Венские годы, Первая мировая. Цюрихский университет. Гипотеза Луи де Бройля и ее оценка Эйнштейном. Озарение на швейцарском курорте. Волновое уравнение. Эквивалентность волновой и матричной механик. Отношение Эйнштейна к Шрёдингеру и Гейзенбергу. Дебаты Шредингера и Гейзенберга, Шредингера и Бора. **Факультативно:** участие российских ученых в создании квантовой механики. Встреча Ландау и Эйнштейна.

**Лекция 10.** Интерпретация квантовой механики. Споры Гейзенберги и Бора. Почему расплакался Гейзенберг? Принцип неопределенности Гейзенберга. Принцип дополнительности Бора. Загадка статьи Гейзенберга о соотношении неопределенностей. Конференция в Комо и пятый Сольвеевский конгресс. Окончательное оформление квантовой механики с копенгагенской интерпретацией. **Факультативно:** участие Нильса Бора в Манхэттенском проекте в годы Второй мировой войны.

**Лекция 11.** Дебаты Бора и Эйнштейна на пятом и шестом Сольвеевских конгрессах. Мысленные эксперименты Эйнштейна и их опровержение Бором. Парадокс ЭПР – Эйнштейна, Подольского, Розена. Связанные частицы. Скрытые параметры. Теорема фон Неймана и ее опровержение.

**Лекция 12.** Другие интерпретации квантовой механики. Проблема точности и полноты теории. Работы Дэвида Бома. Теорема Белла. Понятие локальной реальности. Суть экспериментов по проверке неравенства Белла. Работы Джона Клаузера, Алена Аспе, Антона Цайлингера по устранению «лазеек». Нобелевская премия по физике 2022 года. **Факультативно:** теория множественности миров Хью Эверетта.

**Литература:**

1) Эйнштейн Альберт. Собрание научных трудов в четырех томах. М.: Наука, 1966–67 (есть и в сети).

2) Джеммер М. Эволюция понятий квантовой механики. М.: Наука, 1985.

3) Кумар Манжит. Квант. Эйнштейн, Бор и великий спор о природе реальности. М.: АСТ: CORPUS, 2013.

4) Беккер Адам. Квантовая революция. Как самая совершенная теория управляет нашей жизнью. М.: Бомбора, 2023

5) Беркович Евгений. Альберт Эйнштейн и революция вундеркиндов. Очерки становления квантовой механики и единой теории поля. М.: УРСС, 2021.