

**Бахтина Елена Юрьевна**

канд. физ.-мат. наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный

государственный технический

университет (МАДИ)»

г. Москва

**Смык Александра Федоровна**

д-р физ.-мат. наук,

доцент, заведующая кафедрой

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный

государственный технический

университет (МАДИ)»

г. Москва

**Ильин Вадим Алексеевич**

д-р физ.-мат. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Московский педагогический

государственный университет»

г. Москва

## **СОВРЕМЕННЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ИСТОРИКО-НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Аннотация:* в статье рассмотрено применение редактора хронологической информации «ОСЗ. Хронолайнер» в историко-научных исследованиях на примере становления теории де Бройля. Предложен способ визуализации последовательности событий, предшествующих и сопровождающих рождение идеи корпускулярно-волнового дуализма материи.

*Ключевые слова:* история науки, корпускулярно-волновой дуализм материи, информационные инструменты, редактор хронологической информации.

В современном мире человек обладает доступом к огромному количеству источников информации, в том числе и хронологической. Физика, как и любая наука, включает в себя широкий круг исторических сведений (общую историю

развития, биографии ученых, историю важнейших экспериментов, открытий, изобретений). «Увидеть» их в комплексе, прочувствовать связи между ними очень важно, в первую очередь, для специалистов-историков науки и техники, а также для людей, интересующихся вопросами истории. Однако из-за большого объема информации сделать это не просто. Поэтому на первый план выходит не столько возможность найти нужную информацию, сколько умение ее анализировать, систематизировать, проводить сопоставление фактов. Выполнить это проще, когда информация представлена в наглядном графическом виде. Современные информационные инструменты, отдельную группу которых составляют редакторы линий времени, позволяющие на временной оси наглядно расположить различные исторические события, оценить их взаимосвязь. Одним из таких инструментов является «ОСЗ. Хронолайнер» [1], инструментарий которого позволяет, в частности:

- создавать события, расставляя их на линии времени;
- включать в описание событий различные дополнительные материалы (медиафайлы);
- отображать последовательность событий в различных режимах, включая слайд-шоу;
- выделять на линии времени события, обладающие общими свойствами;
- оперировать датами в масштабах от секунд до тысячелетий;
- сравнивать несколько линий времени.

В данной работе авторы, используя инструмент «ОСЗ. Хронолайнер», в качестве примера представили хронологическую линию истории развития идеи корпускулярно-волнового дуализма. Теоретическое открытие Луи де Бройлем в 1923 г. волновых свойств вещества, которое вместе с утверждением в это же время корпускулярно-волнового дуализма электромагнитного излучения, стало одним из ключевых событий в истории квантовой механики. В современной физике оно носит название принципа корпускулярно-волнового дуализма материи [2]. Временные рамки открытия де Бройля с момента опубликования его тео-

рии в журнале Французской Академии наук до экспериментального подтверждения существования волновых свойств у электронов охватывают очень узкий интервал: 1923–1927 гг. В этом же промежутке времени находится создание Гейзенбергом матричной механики (1925) и открытие (1926) Шредингером нерелятивистского волнового уравнения, описывающего движение электрона в атоме.

При исследовании генезиса идеи де Бройля показано, что существенными являлись определенные события (теоретические и экспериментальные исследования), которые привели де Бройля к обоснованию корпускулярно-волнового дуализма всей материи – фундаментального принципа природы [3]. Эти события можно упорядочить, сгруппировав в некую систему блоков, условно названных: оптико-механическая аналогия, теория относительности, открытие рентгеновских лучей и исследования их природы, гипотеза квантов энергии Планка, гипотеза Эйнштейна о квантах света и исследования фотоэффекта. В этом списке лишь оптико-механическая аналогия, впервые установленная Гамильтоном в период с 1828 по 1837 гг., отделена от событий, оказавших наибольшее влияние на де Бройля. Все остальные, переплетаясь между собой, произошли в период с 1895 по 1923 гг.

В хронологической последовательности событий, предшествующих и сопровождающих становление теории де Бройля, в каждом из указанных выше блоков, можно выделить основополагающие работы следующих физиков.

1. *Оптико-механическая аналогия:* в 1662 г. Ферма сформулировал принцип наименьшего времени в оптике, позже (1744) Мопертюи ввел понятие действия для механического движения, а Лагранж в 1788 г. математически оформил принцип наименьшего действия. Гамильтон (1835) заметил и дал математическое описание аналогии законов движения механической частицы и светового луча.

2. *Теория относительности:*

– Анри Пуанкаре – абсолютное движение принципиально не обнаруживаемо и эфира не существует, четырехмерное пространство-время (1898), предпо-

ложение о предельности скорости света (1900), установление группового характера преобразований Лоренца, общий принцип относительности для всех физических явлений, четырехмерная формулировка принципа наименьшего действия (1905, «О динамике электрона»); доказательство невозможности получить закон излучения Планка без гипотезы квантов (1911, «О теории квантов»);

– Поль Ланжевен (1904) – курс лекций в Коллеж де Франс, принцип эквивалентности массы и энергии;

– А. Эйнштейн (1905) – решающая роль в создании специальной теории относительности, аксиоматический подход, пересмотр физических представлений о пространстве и времени («К электродинамике движущихся тел»); формула кинетической энергии движущегося электрона  $E^2 - p^2 c^2 = m^2 c^4$  («Зависит ли инерция тела от содержащейся в ней энергии?»).

### 3. Рентгеновское излучение:

– В. Рентген (1895) – открытие рентгеновского излучения;

– Дж. Дж. Томсон (1903) – гипотеза о «сгустках энергии» в рентгеновском излучении;

– М. де Бройль (1908–1924) – эксперименты по изучению вторичных электронов при рентгеновском облучении металлов;

– Отец и сын Брэгги (1911–1912) – работы по выяснению природы рентгеновского излучения – волны или корпускулы? «Проблема состоит не в том, чтобы выбрать между двумя теориями рентгеновских лучей, а в том, чтобы найти одну теорию, обладающую возможностями обеих».

### 4. Гипотеза о квантах энергии:

– М. Планк (1900) – при исследовании излучения абсолютно черного тела гипотеза о том, что энергия излучения дискретна  $E = h\nu$ ; ввел понятие кванта действия  $h$ ;

– А. Эйнштейн (1907) – квантовая теория теплоемкости: энергия атомов в кристаллической решетке (осцилляторов) квантована (статьи «К квантовой теории идеального газа», «Квантовая теория одноатомного идеального газа»).



*б. Становление идеи корпускулярно-волнового дуализма:*

– 1922, Л. де Бройль – дано преобразование формулы Эйнштейна средне-квадратичной флуктуации энергии; энергия излучения представлена на основе чисто корпускулярной теории, как совокупность квантов света, движущихся когерентно («Излучение абсолютно черного тела и кванты света», «Об интерференции и теории квантов света»);

– 1921–1923 – экспериментальное подтверждение корпускулярно-волновой природы рентгеновского излучения: А. Комптон (рассеяние рентгеновского излучения на свободных электронах), У. Дуэна (изучению дифракции рентгеновского излучения на кристаллической решетке);

– 1923 – Л. де Бройль – кванты света рассматриваются наравне с другими частицами вещества, в частности, электронами; выдвинута гипотеза о том, что движение любой частицы ассоциировано с распространением фазовой волны; колебания частиц и колебания фазовой волны находятся в одинаковой фазе – как следствие теории относительности (статьи «Волны и кванты», «Кванты света. Дифракция и интерференция», «Кванты, кинетическая теория газов и принцип Ферма»);

– 1924 – Л. де Бройль – обоснована идея корпускулярно-волнового дуализма вещества и света, показаны ее применения для объяснения постулата Бора о стационарных орбитах, объяснены законы излучения черного тела (диссертация «Исследования по теории квантов»);

– 1924 – Н. Бор, Х. Крамерс, Дж. Слэтер – отвергается существование квантов света; утверждается, что законы сохранения энергии и количества движения не выполняются строго при взаимодействии излучения и вещества; выдвигается концепция «виртуальных волн», которые непрерывно излучаются электроном, и имеют смысл волны вероятности поглощения и испускания (статья «Квантовая теория излучения»);

– 1926 – Э. Шредингер – создана волновая механика (серия статей «Квантование как задача о собственных значениях»);

– 1925–1928 – экспериментальное подтверждение существования волн де Бройля: Дэвиссон и Джермер (1925–1926, дифракция электронов на кристаллах), Дж. Р. Томсон и А. Рейд (1927), П. Тартаковский (1928) – опубликованы результаты экспериментов по дифракции быстрых электронов;

– 1927 – В. Гейзенберг, М. Борн – причиной вероятностного характера квантово-механических расчетов является корпускулярно-волновой дуализм, присущий микрообъектам (статья «О наглядном содержании квантово-теоретической кинематики и механики»);

– 1927 – Н. Бор – предложен принцип дополнительности: понятия частицы и волны взаимно исключают друг друга, что не позволяет причинное пространственно-временное описание (статья «Квантовый постулат и новейшее развитие атомной теории»).

В статье рассмотрены только ключевые, основополагающие работы, связанные с открытием корпускулярно-волнового дуализма материи, и показано их наглядное графическое представление с помощью информационного инструмента.

### ***Список литературы***

1. ОСЗ. Хронолайнер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oc3.ru/products/hrono/>

2. Смык А.Ф. От волн де Бройля к квантовой механике: Монография / А.Ф. Смык. – М.: МАДИ, 2013. – 232 с.

3. Смык А.Ф. Генезис идеи корпускулярно-волнового дуализма Луи де Бройля // Вопросы истории естествознания и техники. – 2012. – №2. – С. 22–42.