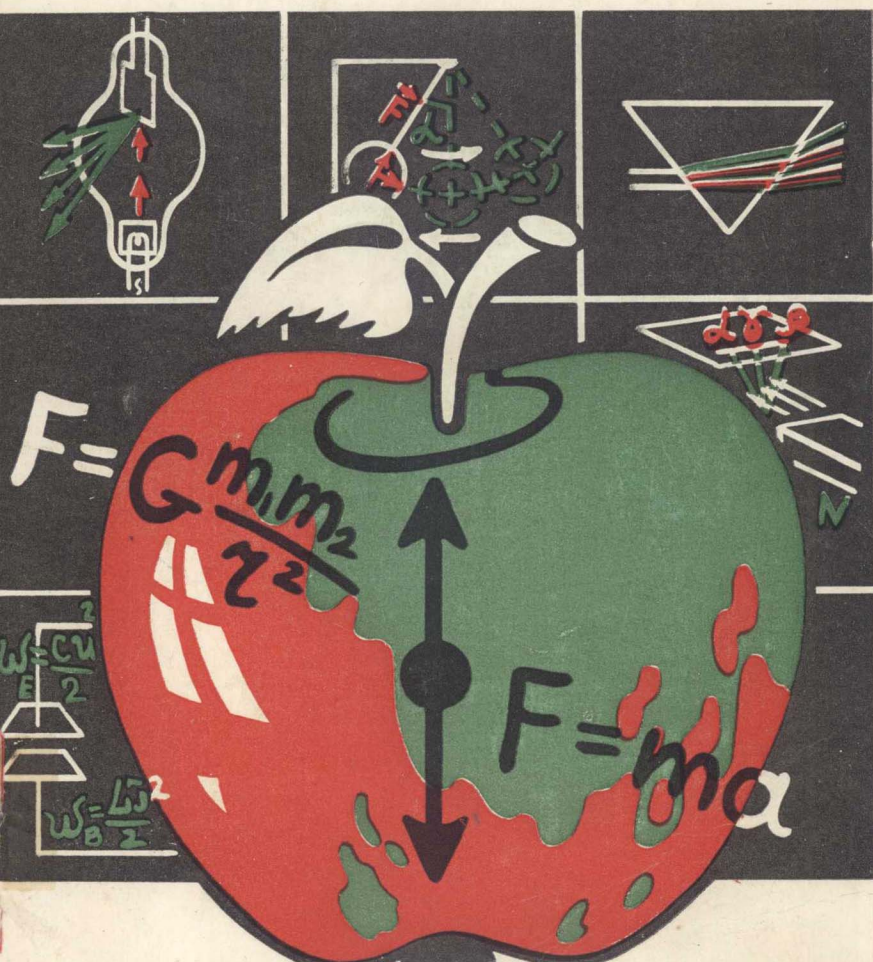


ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОПЫТЫ ПО ФИЗИКЕ В СРЕДНИХ ПТУ



ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОПЫТЫ ПО ФИЗИКЕ В СРЕДНИХ ПТУ

Одобрено Ученым советом Государ-
ственного комитета СССР по про-
фессионально-техническому образо-
ванию в качестве методического
пособия для средних профессиональ-
но-технических училищ

МИНСК
«ВЫШЭЙШАЯ ШКОЛА»
1982

ББК 74.265.1
Ф 94
УДК 53(07.07)

Авторы: *С. Л. Вольштейн, Н. Н. Иванова, С. В. Позойский, В. В. Усанов*

Рецензенты: *В. А. Буров*, кандидат педагогических наук;
В. М. Ворочаев, кандидат педагогических наук, доцент.

Фундаментальные опыты по физике в средних
Ф 94 ПТУ: [Метод. пособие для сред. ПТУ /С. Л. Вольштейн, Н. Н. Иванова, С. В. Позойский, В. В. Усанов].— Мн.: Выш. школа, 1982.— 176 с., ил.
30 к.

Излагается содержание и методика использования фундаментальных опытов по всем основным разделам курса физики в среднем профессионально-техническом училище

Рассматриваются средства и методы изучения фундаментальных опытов на уроках физики и во внеклассной работе

Адресовано преподавателям средних профессионально-технических училищ, а также учителям средних школ

Ф $\frac{1704010000-091}{М 304(05)-82}$ 122—82

ББК 74.265.1
53(07)

© Издательство «Вышэйшая школа», 1982.

Глава 1. ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ

И ВОЗМОЖНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

ПО ФИЗИКЕ

XXVI съезд КПСС выдвинул ряд социально важных задач по обучению и воспитанию подрастающего поколения. Среди них — повышение качества обучения основам наук. В связи с этим большое внимание должно быть уделено совершенствованию методики преподавания, изживанию формализма в оценке знаний учащихся, укреплению связи обучения с жизнью. В решении этих важных вопросов особая роль принадлежит курсу физики — учебному предмету, обладающему значительными дидактическими и методическими возможностями.

Опыт работы преподавателей средних ПТУ и школ, специально проведенные педагогические исследования позволили установить, что одно из эффективных направлений совершенствования обучения физике — ознакомление учащихся с теоретическими и экспериментальными методами, специфичными для физической науки.

Как известно¹, одним из принципов построения курса физики является генерализация учебного материала, при которой главное внимание уделяется изучению основных принципов, теорий и методов физической науки, обобщению физических объектов и явлений на базе исходных положений и законов. Это предъявляет повышенные требования к умениям учащихся применять основные научные положения для самостоятельного объяснения физических явлений, частных фактов, результатов эксперимента, работы приборов и технических установок.

В связи с этим важное дидактическое и методическое значение имеют те физические методы исследования, раз-

¹ Программы восьмилетней и средней школы. Физика. Астрономия — Минск, 1981.

витие которых привело к величайшим открытиям, имевшим революционизирующее значение для человечества. Педагогический эффект использования сведений об этих методах значительно возрастает, когда они становятся не столько объектом, сколько средством изучения учебного материала. В этом случае методы физической науки выполняют в учебно-воспитательном процессе познавательные, воспитывающие, развивающие, образовательные, политехнические и другие функции обучения.

Учебная работа учащихся должна быть эффективной, а значит, интересной. Поэтому на каждом уроке учителю следует избегать однообразия. Очень важно вызывать у учащихся ощущение новизны познаваемого. «В преподавании всех предметов надо при удобном случае проводить сравнение научных знаний и методов познания с житейскими, показывая на конкретных примерах преимущества методов научного познания»¹ (разр. наша.—*Авт.*).

Ознакомление учащихся с методами научного познания— это один из эффективных способов повышения интереса к учению. Знакомя их с наукой, нужно, как говорил А. М. Горький, показывать ее не как склад готовых открытий и изобретений, а как арену борьбы, где конкретный, живой человек преодолевает сопротивление материала и традиций, освещать не только конечные результаты человеческой мысли и опыта, но и вводить в самый процесс исследовательской работы, показывая постепенное преодоление трудностей и поиски верного метода.

Включение методов научного познания в учебный процесс позволяет активизировать деятельность учащихся, создавать на уроках ситуации научного поиска, проблемного характера. Овладение методами научного познания и данными, полученными с помощью этих методов, способствует развитию мышления.

Методы физической науки подразделяются на теоретические и экспериментальные. Особый интерес среди последних представляют фундаментальные опыты, которые возникли именно в физике.

Какие эксперименты являются фундаментальными?

¹ Скаткин М. Н. Проблемы современной дидактики — М., 1980, с. 80—81.

Слово «эксперимент» произошло от латинского «*experimentum*», что означает «проба», «опыт». При помощи эксперимента как научного метода исследуются явления природы в контролируемых и управляемых условиях. Экспериментальный метод исследования возник в естествознании нового времени (Г. Галилей, У. Гильберт), а философское осмысление его началось с трудов Ф. Бэкона.

В истории физической науки экспериментальные методы исследования выполняли различные гносеологические и эвристические функции:

эксперимент осуществлялся на основе известной теории, определяющей постановку задач, и давал возможность объяснять результаты и следствия;

фундаментальные опыты позволяли проверить теоретические гипотезы, имеющие принципиальное значение для науки;

эксперименты и получаемые с их помощью данные служили основой для формирования (становления) научных теорий, для возникновения новых отраслей науки и техники.

В истории науки последние два вида экспериментов получили название фундаментальных, или решающих.

Фундаментальные эксперименты, которые определили становление и развитие физической науки и являлись ее экспериментальной основой, можно разделить на четыре группы.

1. Эксперименты, приведшие к открытию наиболее важных физических законов — колебания математического маятника (Г. Галилей); электродинамики (Ш. Кулон, Г. Ом, Э. Ленц, Дж. Джоуль, А. Ампер); фотоэффекта (А. Г. Столетов); основных газовых законов (Р. Бойль, Э. Мариотт, Ж. Шарль).

2. Эксперименты, в результате которых были открыты новые физические явления, не предсказанные существовавшими в то время теориями: электрический ток (Л. Гальвани), магнитные свойства тока (Г. Эрстед), внешний фотоэффект (Г. Герц), рентгеновское излучение (В. Рентген), естественная радиоактивность (А. Беккерель), деление ядер урана под действием нейтронов (О. Ган и Ф. Штрассман).

3. Эксперименты, положенные в основу физической теории или подтверждающие ее следствия: электронная

теория строения вещества (Дж. Томсон); электронная проводимость металлов (Э. Рикке, Л. И. Мандельштам, Н. Д. Папалекси, Р. Толмен, Ч. Стюарт); молекулярно-кинетическая теория строения вещества (Р. Броун, Ж. Перрен), измерение скоростей газовых молекул и проверка распределения молекул по скоростям (О. Штерн); квантовая теория света (А. Г. Столетов, А. Ф. Иоффе, Н. И. Добронравов, Р. Милликен, П. И. Лукирский и С. С. Прилежаев); рассеивание рентгеновского излучения атомами легких элементов (А. Комптон); дискретность энергетических атомных уравнений (Д. Франк и Г. Герц); исследование флуктуаций света (В. Боте и С. И. Вавилов).

4. Эксперименты, с помощью которых были впервые определены физические константы — гравитационная постоянная (Г. Кавендиш), скорость света в воздухе и воде (О. Рёмер, А. Физо, Л. Фуко, А. Майкельсон), элементарный электрический заряд (Р. Милликен, А. Ф. Иоффе).

Именно этим экспериментам отводится важнейшая роль при обучении физике в среднем ПТУ.

Молекулярная физика. При изучении молекулярной физики учащиеся знакомятся с тепловой формой движения материи, отличной от механической и других форм. Сущность каждой формы движения материи раскрывается тогда, когда исследована структура и особенности материального носителя этой формы. В связи с этим при изучении молекулярной физики важно ознакомить учащихся с методами исследования тепловых явлений и результатами, полученными с помощью применения этих методов. Выполнение данной задачи тесно связано с раскрытием основных функций теории и фундаментального эксперимента, взаимосвязи их в процессе научного познания природы материального мира.

Современная молекулярная физика широко использует универсальные методы научного познания — молекулярно-кинетический и термодинамический, а также опирается на фундаментальные опыты, помогающие раскрыть природу тепловых явлений и установить в этих явлениях определенные закономерности.

Программа по физике предусматривает ознакомление учащихся с молекулярно-кинетическим и термодинамическим методами исследования, с рядом фундаментальных экспериментов молекулярной физики: опытами Пер-

рена по исследованию броуновского движения; опытами Штерна по определению скоростей движения молекул в газе; опытами Бойля, Мариотта, Гей-Люссака и Шарля по исследованию тепловых свойств газа. В связи с этим следует раскрыть содержание указанных опытов и их значение в развитии молекулярной физики, проиллюстрировать на этих примерах связь теории и фундаментального эксперимента в физике. Решить эту задачу важно потому, что опыты, законы и принципы молекулярной физики в системе знаний о природе занимают особое место, изучение их способствует формированию научного мировоззрения и политехническому образованию учащихся.

Электродинамика. В этом разделе физики рассматриваются свойства и закономерности процессов, связанных с особым видом материи — электромагнитным полем.

В основе данного раздела физики — теория электромагнитного поля Максвелла и электронная теория Лоренца. Известны опыты, которые позволили сформулировать основные положения этих теорий или экспериментально подтвердить следствия, полученные либо предсказанные ими.

Экспериментальную основу электродинамики составляют основополагающие, фундаментальные опыты. Это опыты Кулона, установившего закон взаимодействия точечных электрических зарядов; опыты Вольты, создавшего первый источник постоянного тока — «вольтов столб»; опыты Ома, сформулировавшего основные законы постоянного тока; опыты Эрстеда, доказавшего связь электрических и магнитных явлений; опыты Ампера по исследованию взаимодействия параллельных токов; опыты Фарадея по электролизу и электромагнитной индукции; опыты Джоуля и Ленца, открывших независимо друг от друга закон, определяющий тепловое действие электрического тока; опыты Герца по обнаружению и исследованию свойств электромагнитных волн; опыты Попова, приведшие к изобретению радио; опыты Милликена и Иоффе, измеривших заряд электрона и доказавших атомистическую структуру электрического заряда и др.

Фундаментальные эксперименты по электродинамике сыграли значительную роль в развитии физической кар-

тины мира, в создании новых отраслей науки и техники. В этом их мировоззренческое и политехническое значение.

О п т и к а. Логически и педагогически оправдано изучение фундаментальных экспериментов по исследованию природы света, так как именно эти эксперименты сыграли решающую роль в уяснении многих методологических положений физической науки.

Среди них особое место занимают опыты по измерению и доказательству конечности скорости распространения света (Рёмер, Физо, Фуко, Майкельсон, Морли). Скорость света входит в основные соотношения атомной физики, квантовой теории поля, а также в уравнения, характеризующие и описывающие процессы, происходящие во Вселенной.

Опыты по измерению скорости света способствовали разрешению спора между сторонниками волновой и корпускулярной теорий. В частности, одним из предметов спора был вопрос о скорости света в среде с показателями преломления $n > 1$. Сторонники волновой теории считали, что $v = \frac{c}{n}$, а корпускулярной — $v = cn$ (v — скорость света в среде; c — скорость света в вакууме; n — абсолютный показатель преломления среды). Эксперименты Фуко по измерению скорости света в воде показали несостоятельность корпускулярных представлений.

Эксперименты Майкельсона и Морли явились убедительным доказательством постулатов теории относительности

Существенную роль в осмыслении волновой природы света играют фундаментальные эксперименты Юнга по дифракции света от двух щелей, Френеля по интерференции света с бипризмой и с зеркалами, Араго и Френеля по дифракции на круглом диске. Весомый вклад в доказательство волновой теории света внесли опыты по дисперсии.

Электромагнитная природа света, гипотетически высказанная Максвеллом, может быть объяснена при рассмотрении опытов по обнаружению линий поглощения (линии Фраунгофера), инфракрасного, ультрафиолетового и рентгеновского излучений.

К в а н т о в а я ф и з и к а. Рассматривая корпускулярно-волновой дуализм света — взаимодействие света

и вещества,— необходимо опираться на корпускулярные представления.

Данные фундаментальных экспериментов по фотоэффекту (А. Г. Столетов), по флуктуации рентгеновского излучения (В. Боте) и видимого света (С. И. Вавилов), а также опыты А. Комптона убедительно показывают, что свет проявляет корпускулярные свойства не только при взаимодействии с веществом, но и при распространении. Анализ опытов по фотоэффекту и световому давлению (П. Н. Лебедев) с точки зрения электромагнитной и корпускулярной теорий помогает сформировать у учащихся правильные представления о корпускулярно-волновом дуализме света.

В формировании современных представлений о строении атома значительную роль играют опыты Э. Резерфорда по рассеянию α -частиц, а для обоснования постулатов Бора — опыт Франка — Герца.

Строение атомного ядра можно рассматривать, оперируя данными опытов по естественной и искусственной радиоактивности.

Выше уже отмечалось, что изучение фундаментальных научных экспериментов оказывает значительное влияние на качество учебно-воспитательного процесса. Наиболее существенно это проявляется в обосновании основных теоретических положений, в формировании научной картины мира, в развитии познавательного интереса к физике, в создании благоприятного эмоционального фона на уроке и т. д.

Преподавателям в своей практической деятельности следует:

отмечать фундаментальный характер экспериментов, их место и роль в построении изучаемых физических теорий;

при описании хода эксперимента, процедурных аспектов указывать связи опыта и теории, делать обобщенные выводы о результатах эксперимента;

придерживаться концепции цикличности преподавания физики (от фактов к теории и от нее к практике), согласно которой содержание фундаментальных опытов может в зависимости от целей обучения выполнять роль исходных фактов теории, быть наглядным воплощением модельных гипотез, служить проверкой теоретических

выводов, демонстрировать практическое применение науки в промышленности и сельском хозяйстве;

прослеживать в системе знаний связь экспериментального факта с общей теоретической идеей. При обобщениях установление формально-логических связей между понятиями, законами должно опираться на фундаментальные экспериментальные факты;

вскрывать политехническое значение фундаментальных научных опытов;

усилить воспитывающий характер обучения при изучении фундаментальных экспериментов. Результаты опытов довести до уровня мировоззренческих выводов и обобщений;

отразить деятельность ученого, проводившего фундаментальный эксперимент, в тесной связи с уровнем развития науки в данную историческую эпоху.

Определенное значение имеет выбор методов и средств изучения фундаментальных научных опытов. При этом нужно исходить из степени методической разработанности этих экспериментов. Одна группа экспериментов может быть непосредственно продемонстрирована (опыты Эрстеда по обнаружению магнитного поля вокруг тока, опыты Фарадея по электромагнитной индукции). Другая группа изучается с помощью соответствующих моделей (опыты Штерна по определению скорости движения молекул, опыты Иоффе и Милликена по измерению заряда электрона). Третья группа рассматривается по описаниям и на основе известных экспериментальных данных.

В таблице 1 указаны средства обучения, с помощью которых фундаментальные эксперименты могут быть изучены учащимися.

При изучении фундаментальных физических опытов могут быть использованы различные формы учебных занятий. При выборе их преподаватель должен учитывать программные требования, подготовку и состав групп, профиль специальности, которую учащиеся приобретают, место и время проведения занятий. В средних ПТУ, а также в старших классах средних школ наряду с классно-урочными применяются лекционно-семинарские формы занятий. Термин «лекционно-семинарская форма занятий» указывает, что основными формами организации учебной работы являются лекции и семинары. В послед-

Таблица 1

№ п.п.	Название фундаментального эксперимента	Средства обучения				
		Оборудование	Учебные таблицы		Аудиовизуальные средства	
1	2	3	4	5		
1.	Опыты Перрена по наблюдению броуновского движения	Прибор для демонстрации модели броуновского движения	Фундаментальные опыты по физике. лектулы и молеку- IX класс: Комп- лярное движение» лект таблиц. — (фрагмент «Броу- новское движение») Мн., 1980	»	» (фрагмент «Опыт Штерна») —	
2.	Опыт Штерна по измерению скорости молекул	Вращающийся диск с принадлеж- ностями	»	»		
3.	Опыт Бойля и Мариотта, Гей-Люссака	Цилиндр переменного объема, де- монстрационный манометр	»	»		
4.	Опыты по открытию перво- го закона термодинамики	Прибор для определения удельной теплосмкости (прибор Гиндаля), нако- вальная, молоток, свинцовая пластин- ка (гальванометр демонстрационный М 1032 с термопарой)	»	»		
5.	Опыт Кулона	Чувствительные весы на штативе, полые шарики, эбонитовая или стек- лянная палочка	»	»		
6.	Опыты Ома для участка и полной электрической цепи	Демонстрационный амперметр, вольт- метр, магазин сопротивлений, источ- ник тока (гальванический элемент де- монстрационный)	»	»		

1	2	3	4	5
7.	Опыты Иоффе и Милликена по определению величины заряда электрона	Теннисный шарик (покрытый сажей), разборный конденсатор, электрофорная машина	Фундаментальные опыты по физике. IX класс: Комплект таблиц	—
8.	Опыты по доказательству электронной проводимости металлов (Рикке, Манделштам и Папалекси, Толмен и Стюарт)	Центробежная машина, электропроводная трубка, чайная заварка	»	Кинокольцовка «Опыт Толмена и Стюарта»
9.	Опыт Эрстеда по обнаружению магнитного поля	Магнитная стрелка, прямолинейный проводник, источник тока	»	—
10.	Опыт Ампера по магнитному взаимодействию параллельных токов	Ленты из фольги, штатив, источник тока, двухполосный переключатель	»	—
11.	Опыты Фарадея по электромагнитной индукции	Полосовой магнит, катушка, демонстрационный гальванометр	»	Кинофильм «Генератор постоянного тока»
12.	Опыты Герца и Попова	Генератор УВЧ, универсальный выпрямитель, приемный диполь, когерер	Фундаментальные опыты по физике. X класс: Комплект романтических волн» таблиц. — Мн., 1978	Кинокольцовка «Излучение электромагнитных волн»

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
13.	Опыты по измерению скорости света (Галлей, Ремер, Физо)	—	Фундаментальные опыты по физике. рость света» X класс: Комплект таблиц	Диафильм «Скорость света»
14.	Опыты по волновой оптике (Френель, Юнг, Френель и Араго)	Бипризма Френеля на диске-ширме, проекционный аппарат, щель раздвоеная	»	Кинофильм «Волновые свойства света»
15.	Опыты по дисперсии света	Дисперсионные призмы, проекционный аппарат	»	Диафильм «Волновые свойства света. Спектры»
16.	Опыт Майкельсона—Морли	—	»	Диапозитив «Основы теории относительности»
17.	Опыты по изучению свойств рентгеновских лучей (Рентген и Лауэ)	—	»	Кинокопировки «Получение рентгеновских лучей», «Применение рентгеновских лучей», «Получение лауэграммы», кинофильм «Рентгеновые лучи»

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
18.	Опыты по доказательству квантовых свойств света (Столетов, Лебедев, Боте, вортель Вавилов)	Индикатор фотонов, усилитель низкой частоты, выпрямитель, громкоговоритель	Фундаментальные опыты по физике. «Давление света», X класс. Комплект «Фотоэффект» таблиц	Кинофильмы
19.	Опыт Франка — Герца		»	Кинофрагмент «Опыт Франка — Герца» Кинофильм
20.	Опыты Резерфорда по рассеянию α -частиц	Модель опыта Резерфорда	»	«Атом и атомное ядро» (фрагмент «Опыт Резерфорда»)
21.	Опыты по естественной радиоактивности	Источник радиоактивных излучений, электрометры с двумя дисками, эбонитовая палочка с мехом	»	Кинофильм «Атом и атомное ядро» (фрагменты «Радиоактивное излучение», «Обнаружение радиоактивного излучения»)

ние годы многие преподаватели проводят и учебные конференции.

При организации учебно-познавательной деятельности учащихся, а также при контроле знаний преподаватель может использовать различные задания к фундаментальным опытам (вопросы, упражнения и задачи). Причем, педагогически оправдано будет, если в этих заданиях заложен алгоритм последовательности выполнения эксперимента. Тем самым преподаватель сумеет направить поисковую работу учащихся так, чтобы она помогала им сделать самостоятельные выводы и заключения по тем или иным научным положениям. Полезно, чтобы выполнение заданий было тесно связано с ранее изученным материалом.

Многие из фундаментальных экспериментов не могут быть продемонстрированы. Поэтому в задания для учащихся должны включаться дидактически адаптированные схемы, таблицы, чертежи и графики.

На учебных семинарах и конференциях, помимо информации о методологическом и мировоззренческом значении фундаментальных опытов, полезно организовать дискуссии о роли экспериментов в научном познании, об отношении опыта и теории, о внедрении экспериментальных методов физической науки в различные области науки и техники.

Глава 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

2.1. ОПЫТЫ ПЕРРЕНА

В 1827 г. известный английский ботаник Р. Броун опробовал изобретенный в то время ахроматический объектив, наблюдая взвесь цветочной пыльцы в воде. Во время наблюдений он обнаружил явление, о котором писал так: «При работе с частицами или зернами необычно малой величины, размером от одной четырехтысячной до пятидесяти тысяч доли дюйма в длину..., погруженных в воду, я наблюдал многие из них в явном движении... Эти движения были таковы, что после многих повторных наблюдений я убедился в том, что они возникают не от потоков жидкости и не от ее постоянного испарения, а принадлежат самим частицам»¹. Броун отметил также, что для открытого им явления характерно непрерывное, хаотичное движение частиц. Дальнейшее исследование броуновского движения было направлено на раскрытие природы этого явления. Многие ученые отмечали, что броуновское движение универсально, поскольку наблюдалось у всех веществ, взвешенных в распыленном состоянии в жидкости. Интенсивность движения частиц не зависела от каких-либо внешних обстоятельств. Так, с повышением температуры жидкости интенсивность движения частиц заметно не возрастала. Многочисленные предположения о природе явления не подтверждались экспериментальными исследованиями. Лишь гипотеза о том, что броуновское движение вызывается движением молекул жидкости, постепенно получала все большую

¹ Цит. по кн: Броуновское движение — М., 1936, с 5.