

ФІЛОСОФІЯ ТА ПРИРОДОЗНАВСТВО

□ ПУГАЧ Б.Я., ПУГАЧ Н.Б. (Харьков, Україна)

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВСЕЛЕННОЙ

АНОТАЦІЯ

Роботу присвячено проблемам пошуку і відкриття фундаментальних параметрів Природи. Означена проблематика актуалізується і набуває глобального значення; виникають питання філософського, світоглядного характеру. Уведення в науку нових параметрів здійснюється на основі формування фізичних теорій, висування філософсько-математичних гіпотез, шляхом постановки і проведення ретельно організованих, найтонших експериментів. Проаналізовано історичні аспекти відкриття найважливішого параметру Природи — першої експериментально виявленої універсальної елементарної частинки — електрона. Відкриття електрона розпочинає еру атомної фізики, знаменує формування сучасного філософського світогляду і наукової картини світу. Зважаючи на це, автори звернулися до фундаментальних праць У. Крукса, В. Рентгена, Дж. Дж. Томсона, Р. Е. Міллікена.

Ключові слова: Природа, наукове пізнання, фундаментальні параметри, атом, елементарна частинка, електрон, електричний заряд, рентгенівське випромінювання, квант дії, філософія науки.

АННОТАЦИЯ

Настоящий труд посвящен проблеме поиска и открытия фундаментальных параметров Природы. Данная проблематика актуализируется и приобретает глобальное значение; возникают вопросы философского, мировоззренческого характера. Введение в науку новых параметров осуществляется на основе формирования физических теорий, выдвижения философско-математических гипотез, путем постановки и проведения тщательно организованных, тончайших экспериментов. Проанализированы исторические аспекты открытия важнейшего параметра Природы — первой экспериментально обнаруженной универсальной элементарной частицы — электрона. Открытие электрона знаменует зарождение атомной физики, формирование современного философского мировоззрения, научной картины мира. В связи с этим авторы обратились к фундаментальным работам У. Крукса, В. Рентгена, Дж. Дж. Томсона, Р. Э. Милликена.

Ключевые слова: Природа, научное познание, фундаментальные параметры, атом, элементарная частица, электрон, электрический заряд, рентгеновское излучение, квант действия, философия науки.

SUMMARY

This work covers the problem of search for and discovery of the new parameters of the Nature. This problem becomes actual and acquires global value; philosophic and worldview questions arise. New parameters are introduced into science based on new physical theories generation, philosophic and mathematical hypothesizing, through set up and conduct of thoroughly arranged, superfine experiments. Historical aspects of discovery of the key parameter of the Nature — the first experimentally discovered universal elementary particle — electron have been analyzed. Discovery of the electron marks the origin of atomic physics, formation of the modern philosophical world outlook, the scientific worldview. In this connection, the authors referred to the fundamental works by W. Crookes, W. Roentgen, J. J. Thomson, and R. A. Millikan.

Key words: Nature, scientific cognition, fundamental parameters, atom, elementary particle, electron, electrical charge, X-ray radiation, quantum of action, philosophy of science

Наука — величайшее достижение свободного человеческого ума — представляет собой пробный камень для всех человеческих теорий и понятий.

Джордж П. Томсон,
Физик, сын Дж. Дж. Томсона,
лауреат Нобелевской премии

Наука захватывает нас тогда, когда, заинтересовавшись жизнью великих исследователей, мы начинаем следить за историей их открытий.

Джеймс К. Максвелл,
создатель теории электромагнитного поля.

Рентген был большой и цельный человек в науке и жизни. Только на фундаменте, созданном физиками XIX века, и, в частности, Рентгеном, могла появиться современная физика.

Абрам Федорович Иоффе,
российский физик и организатор науки.

Все физики интересовались величиной электрического заряда электрона, и, тем не менее, до сих пор не удалось ее измерить.

Роберт Э. Милликен

История науки — это сложный, длительный, противоречивый, общественно-исторический процесс поиска, открытия фундаментальных параметров, законов Природы, выраженных в абстрактно-логической форме посредством физически измеримых величин.

Фундаментальные мировые параметры обладают рядом качеств. Прежде всего, они содержат информацию о наиболее общих, основополагающих свойствах природного мира. Они являются универсальными величинами, сохраняющими свое значение для всей Вселенной и представляют собой фундаментальные естественные масштабы соответствующих физических величин. Эти параметры связаны с эволюцией физических теорий, их обобщением; отражают принцип соответствия и соотношение предельного перехода между классическими и неклассическими теориями; играют важную роль в формировании научной картины мира.

Так, гравитационная постоянная G является количественной характеристикой универсального, присущего всем объектам Вселенной взаимодействия — тяготения. Скорость света c есть максимально возможная скорость распространения любых взаимодействий в Природе. Элементарный заряд e — это минимально возможное значение электрического заряда, существующего в природе. Постоянная Планка h или элементарный квант действия — это своего рода предельная, неде-

лимая величина. Она указывает на минимальное изменение физической величины, называемой действием. Так был введен в науку новый универсальный масштаб Природы.

Открытие фундаментальных мировых параметров является одним из выдающихся достижений физического познания. Данной проблематике уделяли внимание крупнейшие физики мира — Джозеф Дж. Томсон, Альберт Эйнштейн, Макс Планк, Роберт Милликен, Вернер Гейзенберг, Поль Дирак и другие. Это сопровождалось глубокими, содержательными дискуссиями и дискурсами ученых о характере физических явлений и законов, кардинальным переосмыслением и пересмотром традиционных представлений о свойствах Природы. Установлено, что устойчивость основных структурных элементов Вселенной — ядер, атомов, звезд, галактик — весьма критична по отношению к числовым значениям параметров. Поэтому тема фундаментальных мировых параметров актуализируется и приобретает глобальный характер. Физические параметры являются существенными характеристиками современных теорий — тяготения и теории относительности, квантовой механики, атомной и ядерной физики, физики элементарных частиц и астрофизики. Становление и кристаллизация этих теорий, получение нового знания порождают вопросы философского, мировоззренческого характера. Понимание физического содержания и

роли фундаментальных параметров возможно лишь на основе изложения сущности данной теории. Так, например, исторически первый параметр физики — постоянная тяготения G — вводит исследователя в круг проблем теории гравитации, крупнейшей и до настоящего времени еще не решенной проблемы современной физики. Изучение различных граней такой принципиально важной мировой постоянной, как скорость света c , невозможно представить без основных философских и научных идей теории относительности. Фундаментальный квант действия ведет к познанию физики микромира. Физика элементарных частиц требует дальнейшего осмысления таких микрообъектов, как электроны и элементарный заряд.

Итак, введение в науку фундаментальных параметров, выражающих свойства, характеристики, особенности, состояния природного мира, осуществляется достаточно непростым путем. В этом процессе значительная роль принадлежит математическим структурам и методам. Немецкий физик и математик Арнольд Зоммерфельд (1868—1951) в своей лекции, прочитанной в 1933 г. в Эдинбурге, обращая внимание на пути движения науки, подчеркнул: «Платоновское выражение, что Бог является геометром, сегодня кажется более истинным, чем когда-либо. Мы все яснее видим, что наиболее общая математическая формулировка одновременно является и физически наиболее плодотворной». После весьма убедительных примеров, связанных с релятивистскими и квантовыми теориями, он добавил: «Во всех этих случаях была уверенность в том, что математические формулы эффективно контролируют физические явления и могут даже привести к их открытию». И далее заключает: «Природу не заботит наша математическая беспомощность. Природа является лучшим математиком, чем мы. Она формирует свои законы с помощью не простейших, а наиболее эффективных математических методов» [5, с. 111–113.].

Российский математик, академик РАН Л. Д. Фаддеев (р. 1934) подчеркивает математичность фундаментальной физики как ключевой эмпирический факт: «Не будучи философом, я не стану брать на себя задачу объяснить, почему фундаментальные физические законы формулируются только на математическом

языке. Не будем пытаться объяснить это свойство математики и примем за факт то, что по мере все более глубокого понимания структуры материи законы физики будут неизбежно формулироваться на языке математики» [14, с. 11–12.].

Отправным пунктом современного экспериментально-математического естествознания служит философский принцип, выдвинутый основоположником новой науки Галилео Галилеем (1564—1642). Его содержание выражается так: «Фундаментальные физические параметры (величины) должны быть измеримыми, и надо стремиться делать измеримым то, что таковым не является». Согласно Галилею, тот, кто хочет решить вопросы естественных наук без помощи математики, ставит неразрешимую задачу. Идеал ученого, утверждает выдающийся мыслитель Иоганн Вольфганг Гете (1749—1832), состоит в том, чтобы «понять в измеримом и исчислимом мире одновременно и мир неизмеримый [но познаваемый — Авт.]» [4, с. 290.]. Таким образом, Гете завершает кристаллизацию данного философского принципа, играющего важную роль в познании. Концепты измеримое и неизмеримое, наблюдаемое и ненаблюдаемое, точное и неточное, экспериментальное и теоретическое лежат в основе данного императива.

Современные научные исследования имеют дело с объектами сложной структуры, которые требуют учета целого ряда способов их восприятия. Игнорирование этих факторов может породить неверный вывод о том, что такие объекты нельзя измерить.

Теория решает, какие стороны, грани, параметры могут быть измерены, на ее основе планируется и осуществляется эксперимент, предсказываются его результаты. В более общем смысле теория задает вполне определенную экспериментальную практику, является руководящим ориентиром практических действий экспериментатора.

Само наблюдаемое в развитом математизированном естествознании — это не просто наблюдаемость обыденных объектов восприятия; это наблюдаемость свойств, явлений, процессов через приборную, экспериментальную ситуацию, это наблюдаемость фактически лабораторно-технологического типа, требующая активной творческой деятельности по воплощению теоретической мысли. Другими

словами, сочетание теоретических рассуждений и результатов с опытом осуществляется через экспериментально-технические устройства и приборы.

Мысль о существовании элементарного электрического заряда возникла в XVIII ст., т. е. задолго до его экспериментального открытия. В трудах Б. Франклина, В. Вебера, О. Моссотти, Г. Дэви и многих других ученых можно найти предположения о возможности существования «электрического атома». В 1881 г. немецкий физик, физиолог, математик Герман Гельмгольц (1821—1894) высказал догадку о том, что если «применить атомистическую гипотезу к электрическим процессам, то она ведет к поразительным следствиям. Электричество разделяется на определенные элементарные количества, которые играют роль атомов электричества».

Ирландский физик и математик Джордж Стоней (1826—1911) сформулировал идею о дискретности электричества и впервые дал количественную оценку минимального электрического заряда. В 1891 г. для постулированного элементарного электрического заряда предложил термин «электрон». В каждом химическом атоме, подчеркнул ученый, «может быть несколько элементарных зарядов. Эти заряды, которые удобно назвать “электронами”, не могут быть отделены от атомов, но они обнаруживаются, когда атомы вступают в химическое соединение».

Не случайно термин «электрон», введенный Стонеем, быстро распространился и после 1900 г. стал общепринятым, так что никто из физиков не мог уже сомневаться в прерывистой структуре электричества. Нам остается уточнить, что по предложению немецкого физика Пауля Друде (1863—1906) электроном стали называть заряженную частицу, несущую элементарный электрический заряд. Согласно его концепции проводимости электрический ток в металлах переносится свободными электронами. Она позволила объяснить ряд экспериментальных закономерностей.

Затронем некоторые исторические аспекты открытия одного из важнейших параметров Природы — первой экспериментально обнаруженной элементарной частицы — электрона. Точная биография этой фундаментальной частицы остается незавершенной и открытой. История электрона

— это прежде всего история трехсотлетних дискурсов и дискуссий о природе электричества. «Скажите мне, что такое электричество, и я объясню Вам все остальное» — эти слова принадлежат выдающемуся физика, одному из основоположников термодинамики Уильяму Томсону (1824—1907). Электричество было величайшей и сложнейшей проблемой, а открытие электрона дало возможность ответить на вопрос ученого.

История открытия электрона отличается богатством содержания от истории других элементарных частиц. С его открытия начинается век атомной физики, становление нового философского мировоззрения, естественное объяснение получила ранее загадочная Периодическая система элементов Д. И. Менделеева. Появилась возможность целенаправленно управлять процессами сверхпроводимости, сверхтекучести, упорядочения электромагнитного излучения в различных диапазонах. Конструируются различные прецизионные приборы и экспериментально-технические устройства, в которых используются уникальные свойства электронов. Трудно представить современное развитие науки без электронных микроскопов, лазеров, суперколлайдеров, в которых характер движения электронов играет определяющую роль.

Возникли новые представления и понятия, такие, как корпускулярно-волновой дуализм, спин, энергетический спектр, принципы соответствия, дополнительности, неопределенности, запрета, единство принципов наблюдаемости и ненаблюдаемости и другие.

С 1895 г. Дж. Дж. Томсон начинает методическое количественное изучение отклонения катодных частиц в электрическом и магнитном полях. Существенным фактором в подготовке решающих экспериментов оказалось неожиданное открытие.

В конце 1895 г. «Известия Вюрцбургского физико-медицинского общества» опубликовали статью в будущем выдающегося немецкого физика-экспериментатора Вильгельма Рентгена (1845—1923), Нобелевская премия (1901, первая среди физиков) «О новом роде лучей». В ней, в частности, содержится мысль, что «черный картон, непрозрачный ни для видимых и ультрафиолетовых лучей солнца, ни для электрической дуги, пронизывается каким-то агентом» [10, с. 27.].

Этим агентом оказались лучи, названные впоследствии рентгеновскими. Исследование их свойств привело к целому ряду фундаментальных открытий, позволивших глубже проникнуть в микромир, и, прежде всего, сделать решающий шаг на пути к открытию электрона.

Непосредственным предшественником новой субатомной физики — физики атомных ядер и элементарных частиц — следует считать английского естествоиспытателя, химика, физика, президента Лондонского Королевского общества Уильяма Крукса (1832—1919). Его физические работы посвящены, главным образом, исследованию электрических разрядов в газах и катодных лучей. У. Крукс доказал, что основой электрического разряда в вакууме является поток заряженных частиц, исходящих из отрицательного электрода. Ученый полагал, что наряду с известными состояниями вещества — жидким, твердым, газообразным существует четвертое агрегатное состояние — «лучистая материя», которое «столь же далекое от газообразного, насколько то далеко от жидкого» (1879). По существу, в науку вводится новое понятие вещества — плазма. Термин «плазма» в физике был обоснован американскими учеными И. Ленгмюром и Л. Тонксом (1929).

У. Крукс установил следующие свойства «лучистой материи» — плазмы: она вызывает свечение; частицы движутся прямолинейно; падая на твердые тела — дает тень («Мальтийский крест» Крукса); производит сильное механическое действие («Мельница Крукса»); испытывает действие со стороны магнита; нагревает тела, на которые падает. Следовательно, У. Крукс обнаружил, что катодные лучи переносят энергию и импульс.

Несколько позже молодой французский физик Жан Перрен экспериментально доказал (1895), что катодные лучи являются потоком отрицательно заряженных частиц (зарядов).

В обширном докладе «Лучистая материя, или четвертое агрегатное состояние вещества» (представлен на заседании Британской ассоциации в Шеффилде 22 августа 1879 г.) У. Крукс со свойственным ему оптимизмом, которым он умел зажечь и других, сформулировал пронизательную, эвристическую гипотезу, далеко выходящую за пределы того, что было получено в опытах: «При изучении этого четвертого состояния вещества мы по-

лучаем в наше распоряжение мельчайшие [фундаментальные — Авт.] элементарные частицы, которые с большой долей вероятности можно считать физической основой Вселенной. Мы видели, что в отношении некоторых свойств лучистая материя столь же реальна, как, например, эта доска, тогда как по некоторым другим свойствам она сходна с лучистой энергией. Мы определенно вошли здесь в область, где материя и энергия кажутся слитыми воедино, в темную область между известным и неизвестным, которая всегда меня особенно прельщала. Я беру на себя смелость предположить, что главные проблемы будущего найдут свое решение именно в этой области и даже за нею. Здесь, по моему мнению, сосредоточены окончательные реальности, тончайшие, определяющие, таинственные» [6, с. 291.].

Эти поразительные размышления ученого свидетельствуют о его удивительной научной интуиции, творческом воображении, смелости мышления. Действительно, в опытах с катодными лучами исследователи имели дело с элементарными частицами. Английский физик Дж. Дж. Томсон так охарактеризовал У. Крукса: «Это был исключительно независимый, оригинальный и мужественный ум. Он смотрел на явления по-своему и не боялся высказывать мысли, кардинально отличающиеся от утверждений всех прежних ортодоксов». У. Крукс, по существу, предсказал, угадал существование электрона. Термин «лучистая материя» оказался пророческим, так как именно из получения множества элементарных частиц, обладающих огромными скоростями, складывается, вырастает новая физика — физика микромира.

Выдающийся немецкий физик-экспериментатор Вильгельм Конрад Рентген (1845—1923) 8 ноября 1895 г. в Вюрцбурге наблюдал новое поразительное явление. В этом опыте прежде всего поражает то, что абсолютно непрозрачный для видимого излучения и ультрафиолета черный картон пропускает что-то, способное вызвать флуоресценцию экрана. Об этом эффекте Рентген пишет так: «Если держать руку между разрядной трубкой и экраном, то видны темные тени костей на фоне более светлых очертаний руки» [10]. Знаменитый мастер эксперимента «увидел» новое явление.

Природа этого нового излучения оста-

валась загадкой. Одно было ясно — излучение это нельзя отождествлять с катодными лучами. Как и катодные лучи, оно вызывало флуоресценцию, оказывало химическое воздействие, распространялось прямолинейно и, следовательно, образовывало тени. Но X-лучи, названные в дальнейшем рентгеновскими лучами, не обладали характерным свойством катодных лучей — не отклонялись магнитным полем. Новое излучение обладало длиной волны, более короткой, чем у лучей ультрафиолетовых. Исследовались свойства рентгеновских лучей: способность отражаться, поглощаться, ионизировать воздух и т. д. Заметим, что если в 1896 г. рентгенография руки требовала экспозиции 20 минут, то сейчас для этого достаточно ничтожной доли секунды.

Открытие Рентгена было воспринято как событие, оказавшее необычайно сильное впечатление как на ученых, так и широкую публику. Стали думать о возможности практического его применения в медицине и хирургии. Имя Рентгена стало сразу известно всему миру. Но ученому был чужд дух сенсации и моды, который возник сразу после открытия. Прежде всего исследователь был очень требователен и к себе, и к другим, а слава его не интересовала. Он отклонил звание академика Прусской Академии Наук, избегал орденов, не патентовал своего изобретения, способствовал быстрому распространению своего открытия, отказался от баснословных прибылей, которые мог получить в связи с практическим его применением. Ученый заявил: «Мое изобретение принадлежит человечеству. Мне дорогá честь родины». Здесь уместно отметить благородные качества Рентгена: глубокий ум, тонкая наблюдательность, скромность, преданность науке. Денежную часть Нобелевской премии (50 тысяч крон) он передал на нужды Вюрцбургского университета.

Известно, что до 1906—1907 гг. слово «электрон» было запрещено произносить в Физическом институте Вюрцбургского университета, директором которого был Рентген. Ученый считал существование электрона недоказанной гипотезой, так как эксперимент не раскрыл еще структуры атома (планетарная модель Резерфорда появится в 1911 г., а теория Бора — в 1913 г.). Итак, это не чудачество гения, а необычайная требовательность Рентгена к результатам научного творчества

и стремление к завершенности исследования. Поэтому не случайно, согласно завещанию, все его труды, которые он считал незавершенными, были сожжены после его смерти.

Открытие рентгеновских лучей привело к необычайно важным последствиям как в области научных исследований, так и в области прикладных, практических приложений — в медицине и в промышленности. Человечество всегда будет благодарно первооткрывателю рентгеновских лучей за новые и эффективные методы обнаружения и лечения многих заболеваний — рентгенодиагностику и рентгенотерапию, спасшие миллионы человеческих жизней. Можно смело утверждать: с этого изобретения начинается новая история науки.

10 декабря 1901 г. в большом зале Музыкальной академии в Стокгольме в присутствии наследного принца Швеции, представлявшего короля, Комитет по присуждению Нобелевских премий в знак признательности ученых и человечества присудил Рентгену первую Нобелевскую премию по физике «в знак признания необычайно важных заслуг перед наукой, выразившихся в открытии замечательных лучей, названных впоследствии в его честь».

Заметим в заключение, что Рентген не был лишен чувства юмора. Однажды он получил письмо, автор которого просил выслать ему несколько рентгеновских лучей и инструкцию, как ими пользоваться. В прошлом он был ранен револьверной пулей, но для поездки к Рентгену у него, видите ли, не было времени. Рентген ответил так: «К сожалению, в настоящее время у меня нет X-лучей. К тому же пересылка их — дело очень сложное. Поступим проще: пришлите мне вашу грудную клетку».

Несмотря на то, какой бы огромной ни была непосредственная ценность рентгеновского излучения для медицины, открытие имело масштабный характер. Оно должно было помочь найти ключ ко многим отраслям физики и естествознания в целом. В первую очередь оно дало возможность гениальному английскому физика Джозефу Джону Томсону (1856—1940) углубить свое понимание генераторов, источников рентгеновских лучей — катодных лучей, или электронов. Он установил, что не только электроны, ударяясь о какое-нибудь твердое тело (вещество), порождали рентгеновские лучи, но и рентгеновские лучи, взаимодействуя с любым веществом, по-

рождали электроны. Они могли «порождать» заряженные частицы (ионы) в газах. Все это в значительной степени объясняло таинственные, загадочные свойства электрических разрядов, включая самый гигантский, сложный, масштабный из всех электрических разрядов — вспышку молнии. Проявление электромагнетизма в виде электрического разряда существует всегда, вечно, независимо от человека. Электрический разряд в Природе можно понимать как мгновенное превращение микроскопических, непосредственно чувственно наблюдаемых явлений, процессов электромагнитной природы в непосредственно ненаблюдаемые и даже принципиально ненаблюдаемые (транснаблюдаемые) характеристики этого же рода. Электрический разряд представляет собой в этом смысле «сгусток» бесконечного многообразия свойств, одни из которых наблюдаемы непосредственно (молния, удар, гром и т. д.), а другие — экспериментально измеримые, например, распространение электромагнитных волн, а третьи — относятся уже просто к транснаблюдаемым, например, электромагнетизм как целостное явление. В природном электрическом разряде содержится, по существу, все многообразие наблюдаемых и ненаблюдаемых свойств электромагнитных процессов.

Экспериментальное открытие того, что электроны внешне казались совершенно одинаковыми и могли извлекаться из самых различных видов вещества, указывало на то, что они являются электрической материей. Однако эта материя состояла из отдельных частиц — она была атомистична, — и именно учет этого факта заставил Дж. Дж. Томсона сделать первый решающий шаг к раскрытию внутренней структуры атома.

Атом (от греч. *átomos* — неделимый, неразсекаемый, неразрезаемый) — мельчайшая частица химического элемента, сохраняющая его свойства. У греческих философов Левкиппа (ок. 460 до н. э.) и Демокрита (460—371 до н. э.) атомы существуют как неделимые материальные элементы, вечные, неразрушимые, непроницаемые, различаются формой, положением в пустоте, величиной; движутся в различных направлениях, из их «вихря» образуются как отдельные тела, так и все бесчисленные миры. Демокрит утверждал, что «может существовать и атом, величиной равный всему нашему миру» [7, с. 246–263.].

Атомы греческого мыслителя казались слишком грубыми и земными, свидетельствовали о делимости, дискретности вещества. Поэтому существовала иная точка зрения, согласно которой настоящая философия должна заниматься рассуждениями о чистом и возвышенном, не касаясь земного и телесного. Так считали в те времена.

Особенно отрицательное отношение к гипотезе атомов занял Платон (427—347 до н. э.). Он выступил с резкой критикой утверждений, предположений Демокрита и приказал своим ученикам всюду собирать сочинения Демокрита и безжалостно сжигать их. Может быть, потому и не дошло до наших дней ни единой подлинной строчки из этих работ. Всё о Демокрите знаем мы из высказываний критиков и противников и из более поздних воспоминаний. И хотя сам Платон ни разу в своих сочинениях не упоминает имени Демокрита, именно с ним спорит он на многих страницах своих сочинений.

Теоретическое осмысление многочисленных опытов привело Томсона к следующим результатам принципиальной новизны: 1. Атомы не являются неделимыми частицами, из них могут быть вырваны отрицательно заряженные частицы под действием электрических сил. 2. Эти частицы все одинаковой массы и несут отрицательный заряд. 3. Масса этих частиц меньше, чем одна тысячная массы атома водорода. «Я назвал эти частицы корпускулами, — пишет Томсон, — но они теперь называются “электронами”».

Цель опыта Томсона заключалась в том, чтобы отклонить пучок корпускул электрическим полем и компенсировать это отклонение полем магнитным. Выводы ученого обладают кардинальной и поразительной сущностью. Во-первых, оказалось, что частицы летят в трубке с огромными скоростями, близкими к световым. Во-вторых, электрический заряд, приходившийся на единицу массы корпускул, был фантастически большим. Возникли вопросы: что же это были за частицы — неизвестные атомы, несущие на себе огромные электрические заряды, или мельчайшие частицы с ничтожной массой, но зато и с меньшим зарядом?

Удалось обнаружить, что отношение удельного заряда к единице массы (сегодня мы обозначаем это фундаментальное отношение как e/m), есть величина постоянная, не зави-

сящая ни от скорости частиц, ни от материала катода, ни от природы газа, в котором происходит разряд. Ученый глубоко задумался над вопросом о том, что корпускулы, вероятно, представляют собой какие-то универсальные частицы вещества, элементы атомов.

Томсон обратился к теоретической части исследования, прежде всего, с целью уточнить, определить параметры таинственных корпускул. Первые сложные расчеты дают точный ответ на главный вопрос — неизвестные частицы — не что иное, как мельчайшие электрические заряды — неделимые атомы электричества, или электроны. Они уже были известны теоретически и даже получили название, но только Джи-Джи Томсону удалось открыть и подтвердить их существование экспериментальным путем.

Открытие рентгеновских и катодных лучей оказало существенное влияние на авторитет атома как неделимой частицы вещества. Дело в том, что существовали две гипотезы о природе катодных лучей: первая — катодные лучи представляют собой волны (Г. Герц, Ф. Ленард), другая — поток частиц, заряженных отрицательным электричеством (У. Крукс, Дж. Дж. Томсон, Ж. Перрен). Однако, исследуя катодные лучи в газовой трубке Дж. Дж. Томсон установил (1897), что они представляют собой поток частиц (корпускул), более легких, чем атом, несущих отрицательный заряд. Это было открытием новой частицы Вселенной — электрона, нарушившего монополию атома в качестве кирпичика мироздания. Появился новый его конкурент, претендующий на роль строительных блоков в этом здании, первый представитель истинного микромира.

Теоретически электрон возник на основе двух идей: идеи о естественной единице электрического заряда и идеи о существовании очень легких электрически заряженных частиц. Идею об атомизме электричества предлагали Б. Франклин (1749), И. Риттер (1801), М. Фарадей (1833), В. Вебер (1845), Дж. Максвелл (1873), Г. Гельмгольц (1881) и др. В 1874 г. Дж. Стоней впервые дал количественную оценку минимального электрического заряда, которая была в 15 раз меньше значения, принятого ныне (опубликовав ее в 1881 г.). В 1891 он предложил для постулированного элементарного электрического заряда название «электрон». Идея сверхлегкой заряженной частицы

была выдвинута в 1848 г. В. Вебером, в 1879 г. к ней независимо пришли также У. Крукс и Х. Лоренц. Эти две идеи соединил в своих корпускулах Дж. Дж. Томсон.

Непосредственно к открытию электрона его привели катодные лучи. Ученый использовал их для определения отношения заряда этих лучей к его массе ().

Дж. Дж. Томсон, получив в трубке более высокий вакуум, в 1897 г. доказал отклонение катодных лучей электрическим полем и, используя этот эффект, разработал метод определения , основанный на сравнении электрического и магнитного отклонений частиц катодных лучей в трубке. Затем в серии опытов, измеряя магнитное отклонение лучей и переносимую ими теплоту, нашел отношение , которое оказалось почти в тысячу раз больше, чем такое же отношение для иона водорода, определяемое из законов электролиза Фарадея. Подчеркнем, что независимо от природы газа в трубке и металла излучающего их катода (железо, алюминий, платина) все частицы имели одинаковое . Экспериментально установлено, что масса частиц катодных лучей в тысячу раз меньше, чем масса водородного атома.

Результаты экспериментов впервые опубликованы в октябре 1897 г. В статье Дж. Дж. Томсон убедительно показал, что катодные лучи представляют собой новое состояние вещества, существенно отличное от обычного газообразного состояния. Подчеркнем, что в работах по определению отношения исследователь постоянно обращал внимание на тот факт, что частицы катодных лучей, или корпускулы, являются новым фундаментальным параметром Вселенной [16, с. 293–316.].

Однако окончательное доказательство существования электрона-корпускулы как элементарной частицы было получено Томсоном в 1899 г., когда он определил отношение и заряд e для корпускул, испускаемых при термоэлектронной эмиссии из горячих проволок и фотоэффекте в случае металлов, облучаемых ультрафиолетовым светом. В обоих случаях отношение оказалось таким же, как и у частиц катодных лучей. Этим было завершено доказательство существования новой частицы, в 1000 раз более легкой, чем самый легкий атом, и играющей важную роль в строении материи. Итак, электрон был идентифицирован как эле-

ментарная частица, и идея частицы, меньшей атома, получила убедительное доказательство, а с ним и признание. «Открытие электрона впервые поставило на эмпирический фундамент вопрос о первоначальном элементе; тем самым был открыт путь к проблеме — как “сконструировать” атом из электронов», — пишет один из основоположников современной физики, лауреат Нобелевской премии Макс Борн [2, с. 41.].

Хотелось бы подчеркнуть, что величину для частиц катодных лучей измеряли также А. Шустер (1890), П. Зеeman (1897), В. Кауфман (1897), Э. Вихерт (1897), Ф. Ленард (1898). История этих исследований подробно изложена в работах [1]; [3].

Однако мысль Дж. Томсона о катодно-лучевых частицах как об основных компонентах, из которых построены все атомы, не была встречена с большим энтузиазмом. Когда на лекции в Королевском Обществе Дж. Дж. Томсон — первооткрыватель электрона — высказал предположение, что частицы катодных лучей следует рассматривать как возможные элементы атома, некоторые его коллеги искренне считали, что он занимается мистификацией. Сам Макс Планк — автор открытия фундаментального кванта действия, основоположник квантовой теории — признавался, в 1925 г., что он не верил тогда — в 1900 г. до конца в гипотезу об электроне. Характерны и слова известного немецкого физика и геофизика Эмиля Вихерта, прославившегося своими исследованиями в области электромагнетизма: «Электричество есть нечто воображаемое, существующее реально только в мыслях» (1897) [15, с. 88]. Даже знаменитый английский физик, один из создателей термодинамики Уильям Томсон (лорд Кельвин) писал об электричестве как о некоей «непрерывной жидкости» (1897) [15, с. 88].

Истинную роль томсоновских корпускул-электронов в структуре атома можно правильно понять только во взаимосвязи с опытными данными других исследователей, в частности с результатами анализа спектров и изучения явления радиоактивности.

29 апреля 1897 года в зале заседаний Королевского Общества Великобритании назначен доклад Дж. Дж. Томсона. Имя докладчика обещало интересное сообщение. Ученый говорит уверенно, громко. Ассистенты

тут же, на глазах у членов высокого научного общества, готовят демонстрационный опыт. Действительно, все о чем говорил высокий джентльмен в очках, имело место. Катодные лучи в трубке отклонялись и притягивались магнитным и электрическим полями. Причем отклонялись и притягивались именно так, как должны были, если предположить, что они состояли из мельчайших отрицательно заряженных частиц.

Слушатели были в восторге. Они не раз прерывали доклад аплодисментами. Финал же превзошел все ожидания. Такого триумфа этот старинный зал, пожалуй, еще никогда не видел. Почтенные члены Королевского Общества вскакивали с мест, спешили к демонстрационному столу, толпились, размахивая руками, и кричали.

Высокий эмоциональный подъем объяснялся вовсе не тем, что коллега Дж. Дж. Томсон столь ярко и убедительно раскрыл истинную природу катодных лучей. Дело обстояло гораздо сложнее. Атомы, наипервейшие кирпичики Вселенной перестали существовать как элементарные круглые зерна, они отныне уже не были непроницаемыми и неделимыми, частицами без всякого внутреннего строения. Если из них могли вылетать отрицательно заряженные корпускулы, значит атомы должны представлять собой какую-то сложную систему, состоящую из чего-то, заряженного положительным электричеством, и из отрицательно заряженных корпускул — электронов. Величина наименьшего электрического заряда — электрона — стала именем неделимого «атома электричества». Теперь на горизонте науки стали видны и дальнейшие, самые актуальные направления будущих поисков. Прежде всего, необходимо определить точно заряд и массу электрона. Это позволило бы уточнить массы атомов всех элементов, рассчитать массы молекул, дать рекомендации к правильному составлению реакций и др. Возникла новая масштабная проблема — познание точного значения заряда электрона.

Впереди предстоял поиск результативных опытов, возможно, сложных и продолжительных. А теоретики задумались над тем, не пора ли построить и теоретически испытать идеальную модель атома по Томсону. Как расположить относительно друг друга положительные и отрицательные заряды и проверить правильность своих предположений.

Рассказывают, что однажды журналисты попросили Джи-Джи Томсона представить наглядно, каким он предполагает строение «своего атома»? «О, это очень просто, — уверенно ответил профессор, — скорее всего это нечто вроде пудинга с изюмом». Так и вошел в историю науки атом Томсона — положительно заряженным «пудингом», нафаршированным отрицательными «изюминками» — электронами.

Дж. Дж. Томсон впервые поставил вопрос о структуре электрона. В лекции «За пределами электрона» (1928) ученый схематично обозначил сложное строение электрона. С гениальной прозорливостью он верил в неисчерпаемость Природы и безграничность человеческого знания: «У некоторых из вас может возникнуть вопрос: нужно ли идти так далеко вглубь, не лучше ли поставить где-нибудь точку?» На это я отвечаю следующее: вся прелесть физики состоит в том, что в ней нет жестких и определенных границ. Каждое новое открытие не приводит нас к концу, а наоборот, служит ориентиром для дальнейших исследований; и потому пока будет существовать наука, всегда будет много новых неразрешимых проблем» [13, с. 570–571.].

1897 г. вошел в историю физики как год открытия Томсоном первой составной частицы ранее неделимого атома. Это был революционный, фундаментальный переворот не только в нашем понимании Вселенной (микромира), но и в мировоззрении как физиков, так и всего человечества. Томсон открывает дверь в микромир, который послужил началом революции в естествознании, науке в целом.

Дж. Дж. Томсон научил физиков управлять электронами, и в этом его главная заслуга. За теоретические и экспериментальные исследования прохождения электричества через газы Томсону присуждена Нобелевская премия по физике (1906). С 1884 по 1919 г. ученый руководит Кавендишской лабораторией. Томсону удается подготовить большую группу ученых, успешно работающих в тринадцати странах, из них — 27 членов Королевского общества, 80 профессоров, семь лауреатов Нобелевской премии [9, с. 267–268]. Он был также и мастером устного рассказа; любил сравнивать современную жизнь кембриджского студенчества со временем своей молодости. «В мое время, — говорил Джи-Джи, — считалось признаком плохого тона спрашивать у портного о

стоимости костюма, если вы его заказали. Вы просто платили — или не платили. Некоторая часть людей не оплачивала своих долгов. Но сегодня они не только спрашивают о цене, они даже уходят из одного магазина, чтобы сделать покупку в более дешевом». Другой пример. Случилось так, что один из выпускников Кембриджа получил назначение и уехал, не расплатившись с портным. Вернувшись через четыре года, он пожелал отдать долг. Но портной заявил: «Сэр, у нас издавна существует традиция: если заказчик в течение трех лет не расплачивается с нами, то мы распределяем его долг по счетам остальных клиентов». Так воспитывалась добропорядочность Кембриджского студенчества.

Американского физика Роберта Эндрюса Милликена (1868—1953) заинтересовала проблема недавно открытого электрона, в особенности величина его электрического заряда, которая не была еще измерена. Ученый решил выяснить, все ли электроны имеют одинаковый заряд, и точно его измерить. На начальном этапе поиска фундаментальной характеристики Природы — величины электрического заряда электрона, Р. Милликен ставил опыты по методу, разработанному в Кембриджском университете. Недостаток данного метода заключался в принципиальной невозможности добиться состояния равновесия частицы. Поэтому Милликен начал искать новый путь решения проблемы. Он внес в конструкцию экспериментального устройства, применявшегося ранее в Кембриджском университете, ряд усовершенствований, которые «впервые позволили провести все измерения на одной и той же отдельной капельке».

Ученый пришел к классическому методу капель, открывшему целый ряд неожиданных перспективных возможностей. О своих планах, изобретениях автор заявляет: «Учитывая, что скорость испарения облака оставалась неизвестной, я попытался найти способ, который исключал бы эту неопределенную величину. В предыдущих опытах электрическое поле могло увеличить или уменьшить скорость падения верхушки облака под действием силы тяжести. Теперь я хотел усилить это поле настолько, чтобы верхняя поверхность облака оставалась на постоянной высоте. В этом случае возникала возможность с точностью определить скорость испарения облака и принять ее в расчет при вычислениях» [8, с. 43.].

Эта попытка потерпела неудачу. Но она привела к знаменитому методу капель. Дальнейшие опыты, подчеркивает Милликен, показали, что после рассеивания облака в мощном электрическом поле на его месте можно было различать несколько отдельных водяных капель. «Неудачный» опыт привел к открытию возможности удерживать в равновесии и наблюдать отдельные капельки в течение достаточно длительного времени.

Таким образом, важнейший результат новой серии экспериментов состоит в том, что впервые в истории науки успешно реализовалась возможность «производить все измерения над отдельными капельками». Тем самым «окончательно исключались все гипотетические предположения и экспериментальные неточности с тем методом определения e , который был основан на наблюдениях облака». Открылась перспектива «исследовать свойства отдельных электронов и определить, действительно ли разные ионы несут один и тот же заряд» [8, с. 43–44].

Вместе с тем за время наблюдения масса капли воды существенно изменялась в результате испарения и возникла непростая задача поиска другого вещества. Ученый вспомнил, что человечество затратило последние триста лет на усовершенствование масла для смазки часов, стремясь получить смазочное вещество, которое вообще не испаряется.

Милликен спросил Майкельсона, насколько точно измерил он скорость света. Тот ответил, что измерение произведено с точностью до одной десятитысячной. Милликен сказал, что придумал метод, при помощи которого собирается определить величину заряда электрона с точностью до одной тысячной, «или грош мне цена». В течение трех лет, с 1909 по 1912 год он посвящал все свое время опытам над капельками смазочного масла.

В процессе наблюдений Милликен обнаружил интересное явление, которое послужило ключом ко всей серии последующих точных измерений отдельных элементарных зарядов. «Работая над взвешенными каплями, — утверждает Милликен, — я несколько раз забывал закрывать их от лучей радия. Тогда я замечал, что время от времени одна из капель внезапно изменяла свой заряд и начинала двигаться вдоль поля или против него, очевидно, захватив в первом случае положи-

тельный, а во втором случае отрицательный ион. Это открывало возможность измерять с достоверностью не только заряды отдельных капель, как это я делал до тех пор, но и заряд отдельного атмосферного иона.

В самом деле, измеряя скорость одной и той же капли два раза, один раз до, а второй раз после захвата иона, я, очевидно, мог совершенно исключить свойства капли и свойства среды и оперировать с величиной, пропорциональной только заряду захваченного иона» [8, с. 50.].

Таким образом, измерение элементарного заряда связано с определением пути, проделанного каплей, и времени, за которое этот путь был пройден. Многочисленные наблюдения показали, что величина e может изменяться только скачками. Так как масляные капли в камере имеют микроскопические размеры, то величина их заряда будет кратна единичному заряду электрона. Всегда наблюдаются заряды e , $2e$, $3e$, $4e$ и т. д. «Во многих случаях, — подчеркивает Милликен, — капля наблюдалась в течение пяти или шести часов, и за это время она захватывала не восемь или десять ионов, а сотни их. В общей сложности я наблюдал таким путем захват многих тысяч ионов, и во всех случаях захваченный заряд был либо в точности равен наименьшему из всех захваченных зарядов, либо он равнялся целому кратному этой величины.

В этом заключается прямое и неопровержимое доказательство того, что электрон не есть «статистическое среднее», но что все электрические заряды на ионах либо в точности равны заряду электрона, либо представляют небольшие целые кратные этого заряда» [8, с. 55.].

Следовательно, атомистичность, дискретность, квантованность электрического заряда представляет собой фундаментальный факт, масштаб Природы.

Метод Милликена позволил однозначно решить вопрос о том, что любой электрический заряд является суммой одних и тех же элементарных зарядов. С этой целью проводится целая серия тщательных экспериментов.

Первое прецизионное измерение электрического заряда электрона — заслуга Роберта Милликена. Его экспериментальная установка включала большой и емкий плоский конденсатор из двух металлических пластин с камерой между ними. На обкладки конденса-

тора исследователь подавал постоянное напряжение от мощной батареи (104 В), создавая на них высокую разность потенциалов, а между обкладками вводил пульверизатором очень маленькие капли масла. Капли были настолько крошечными, что их по-настоящему не было видно. Небольшие звездочки рассеянного ими света можно было наблюдать под микроскопом.

Профессор Принстонского университета Эрик Роджерс, обращая внимание на творческие поиски и научные результаты Р. Милликена, пишет: «Такая миниатюрная капелька равномерно опускается в воздухе — трение о воздух компенсирует действие тяготения. Постоянную скорость этого движения вниз можно измерить и использовать для того, чтобы «взвесить капельку». Если включить вертикальное электрическое поле, оно добавит еще одну силу: действие поля на электрический заряд капельки. В первых экспериментах электрическое поле подбиралось так, чтобы не давать капельке падать, так что она парила в воздухе. Однако большей точности удалось добиться, используя более сильное поле и заставляя капельку сперва двигаться вверх, а потом позволять ей падать в отсутствие поля.

Таким образом, измерения можно было повторять, «вздергивая» капельку вверх и позволяя ей падать снова и снова, играя с ней, как кот с мышью. В этом и состояло выполненное Милликоном измерение электронного заряда — великолепный образец экспериментального исследования, которое принесло ему вечную славу» [11, с. 277–278.].

Взгляды Р. Милликена отличаются стремлением к прямому изучению микропроцессов с помощью «зримых образов». Когда он в первые годы своей работы писал об электроны, то не думал, что такая частица имеет магнитный момент, момент импульса, длину волны, собственную энергию или иные свойства, которые мы сейчас считаем связанными с электроном и определяющими его. Ученый полагал, что электрон — это дискретная корпускула, несущая элементарный электрический заряд, действие которого можно увидеть собственными глазами.

Милликен использует замечательную метафору, утверждение, что можно видеть и сам электрон: «Тот, кто видел этот эксперимент, — пишет он в своей автобиографии об

эксперименте с масляными капельками, — а его наблюдали сотни исследователей, фактически видел электрон. — И продолжает. — Но сам электрон, измеренный человеком, теперь не является некой неопределенностью или гипотезой. Это новый экспериментальный факт, который впервые предстал перед нашими глазами, и его может видеть каждый, кто пожелает» [15, с. 80, 82.].

В экспериментальной ситуации, отмечает ученый, когда маленькая капелька масла «двигалась вверх (в электрическом поле, против гравитационного притяжения) с минимальной возможной скоростью, я мог быть уверен, что на ней сидит именно один изолированный электрон. Значит прибор представлял собой устройство, позволяющее поймать и фактически увидеть отдельный электрон, едущий на масляной капельке» [15, с. 83.].

Милликен, как тонкий экспериментатор, наблюдая за масляной капелькой в электрическом поле, зафиксировал факт ее столкновения с заряженной молекулой (ионом) в воздухе. Интерпретируя новое явление, он делает вывод: «один-единственный электрон вскочил на капельку. В самом деле, мы могли точно определить время, когда электрон вскакивал или спрыгивал. Я видел, как уравновешенная капля внезапно поймала ион. Ионы — это динамичные маленькие плутишки, их почти можно видеть».

Примерно тогда же, когда Милликен начал «видеть» свои электроны, Жан Перрен (1870—1942) во Франции экспериментальным путем доказал существование отрицательно заряженных частиц. Один из студентов писал о Перрене: «Он “видит” атомы — в этом нет никакого сомнения, — как святой Фома видел серафима».

Милликен непрерывно совершенствовал схему эксперимента. Простая настольная установка постепенно превратилась в высокотехнологическое устройство с фильтрацией воздуха, точным контролем температуры, давления и напряжения, а также часами, способными отмерять миллисекунды. Опыты требовали предельного внимания и были очень трудоемкими. Ученому приходилось, в частности, постоянно измерять и учитывать влажность воздуха и атмосферное давление — и так на протяжении всех лет непрерывного наблюдения за своей установкой. Интерес-

но, что при всей кажущейся простоте камеры Милликена, она не стала музейным экспонатом. Уже в 1960-е годы, когда появилась гипотеза кварков, были построены современные усовершенствованные экспериментально-технические устройства и приборы по вышеописанному принципу, на которых ученые настойчиво, но безуспешно искали свободные кварки. Поскольку обнаружить таковые не удалось (кварки различных типов должны иметь электрические заряды, равные $1/3$ и $2/3$ заряда электрона), это послужило дополнительным подтверждением теории, согласно которой кварки в свободном виде в Природе не встречаются и всегда находятся в связанном состоянии внутри других элементарных частиц (адронов).

Важным аспектом экспериментальной деятельности по измерению зарядов является доказательство дискретности и тождественности электрических зарядов на телах различной физической природы. Между обкладками конденсатора вводились мелко распыленные капли масла (диэлектрика), глицерина (полупроводника), ртути (проводника). Ученый доказывает, что заряды на телах любой физической природы состоят из отдельных элементарных порций строго определённой, постоянной величины.

Проводились сотни экспериментов. Наблюдалось тысячи капель. Одни получали заряд от трения, другие находились в нейтральном состоянии, а затем захватывали заряд и т. д. Результат всех исследований был один и тот же: всякий заряд складывается из суммы элементарных зарядов.

В результате многочисленных экспериментов Милликен доказал дискретность электрического заряда и впервые достаточно точно измерил методом масляных капель величину заряда отдельного электрона:

$e = 4,774 \cdot 10^{-10}$ электростатических единиц (1913), или

$e = (1,592 \pm 0,0017) \cdot 10^{-19}$ Кл (Кулон) (1914)

Таким сложным путем установлен один из основных параметров Природы. Наука получила всестороннее экспериментальное доказательство существования первой элементарной частицы, обладающей отрицательным электрическим зарядом.

Вместе с тем возник вопрос: существует

ли элементарный положительный заряд? Если да, то имеет ли место в Природе симметрия между отрицательными и положительными зарядами. Эти вопросы величайшего перспективного значения блестяще решены знаменитым ученым Робертом Миллиkenом.

Изоощренные, тончайшие опыты доказали, что положительный заряд, так же как и отрицательный, изменяется скачкообразно, положительный заряд является квантованным, а его величина равна $e+ = 4,774 \cdot 10^{-10}$ электростатических единиц. Таким образом, элементарный положительный заряд в точности равен отрицательному заряду.

В следующей серии экспериментов удалось установить фундаментальный факт: положительные заряды тесно связаны с веществом, а отрицательные — принадлежат подвижным частицам, которые могут свободно отделяться от вещества под действием различных факторов.

Современные прецизионные методы позволили уточнить величину фундаментального масштаба Природы (2005 г.) [12, с. 367]:

$e = 4,80320440 \cdot 10^{-10}$ электростатических единиц, или

$e = 1,60217653 \cdot 10^{-19}$ Кл (Кулон)

Подробный обзор различных опытов по определению элементарного заряда представлен в монографии А. Н. Вяльцева [3].

Открытие и измерение заряда электрона — первой элементарной, универсальной частицы атомов дало возможность физикам по-новому поставить вопрос об изучении электрических, магнитных, оптических свойств вещества.

Томсон сделал решающий шаг к открытию электрона и раскрыл фундаментальный смысл новой научной истины. Электрон был идентифицирован как первая элементарная частица, меньшая атома. С другой стороны, точное, прецизионное измерение элементарного заряда сделали новую истину бесспорной.

Метод капель Милликена развеял сомнения и убедил исследователей в реальности существования электрона как фундаментального параметра материального мира. Немецкий физик-химик, философ, известный специалист в области физической химии Вильгельм Оствальд (1853—1932), лауреат Нобелевской премии (1909), отмечал, что результа-

ты Милликена дают возможность утверждать: «теория атомного строения вещества экспериментально доказана». Метод Милликена позволил получить ценную информацию, согласно которой положительный и отрицательный заряды находятся в строгой симметрии. Они доступны экспериментальной проверке. Кроме этого, можно говорить об элементарности не только отрицательного, но и положительного зарядов. Исследования Милликена, наряду с опытами Эрнеста Резерфорда (1871—1937) — выдающегося английского физика, основоположника ядерной физики, привели к современным представлениям о структуре вещества.

Измерение элементарного электрического заряда открыло возможность точного определения ряда важнейших физических величин. Знание величины e позволило определить фундаментальную физическую постоянную величину — число Авогадро. Закон Авогадро означает, что в равных объемах идеальных газов при одинаковом давлении и температуре содержится одинаковое число молекул. Открыт итальянским физиком и химиком Амедео Авогадро (1776—1856) в 1811 г. Точность определения числа Авогадро задается точностью измерения заряда электрона.

Можно сделать вывод, что открытие и утверждение в науке первого фундаментального параметра Природы — электрона — знаменует начало новой эпохи как в развитии физики, так и различных областей научного познания. Электрон, элементарный электрический заряд, универсальный квант действия и другие параметры существенно изменили направление и ход исследований, динамику науки. Они ведут к получению более глубокого и точного знания о тайнах мира.

Рассматривая пути и логику познания Природы, процесс генезиса фундаментальных параметров, особенности формирования теорий и методов науки, их место и роль в познании Мироздания, история науки обогащает культуру мышления исследователя, способствует постановке новых проблем как в области естествознания, так и в философии науки [9, с. 44.].

ЛИТЕРАТУРА

1. Андерсон Д. Открытие электрона (Развитие атомных концепций электричества) / Д. Андерсон. — М. : Атомиздат, 1968. — 158 с.
2. Борн М. Сэр Дж. Дж. Томсон / М. Борн // Борн М. Размышления и воспоминания физика. — М. : Наука, 1977. — 280 с.
3. Вяльцев А. Н. Открытие элементарных частиц. Электрон. Фотоны / А. Н. Вяльцев. — М. : Наука, 1981. — 241 с.
4. Гете И. В. Избранные философские произведения / И. В. Гете. — М. : Наука, 1964. — 520 с.
5. Зоммерфельд А. Пути познания в физике / А. Зоммерфельд. — М. : Наука, 1973. — 319 с.
6. Крукс У. Лучистая материя, или четвертое агрегатное состояние / У. Крукс // Льюис М. История физики. — М. : Мир, 1970. — 464 с.
7. Лурье С. Я. Демокрит / С. Я. Лурье. — Л. : Наука, 1970. — 664 с.
8. Милликэн Р. Электрон: его изолирование, измерение и определение некоторых свойств / Р. Милликэн. — М. : ГИЗ, 1924. — 223 с. (Современные проблемы естествознания, кн. 30 / под ред. С. И. Вавилова).
9. Пугач Б. Я. Фундаментальные проблемы истории и философии науки / Б. Я. Пугач. — Харьков : Факт, 2004. — 536 с.
10. Рентген В. О новом роде лучей / В. Рентген. — М.-Л. : Гостехиздат, 1933. — 116 с.
11. Роджерс Э. Физика для любознательных / Э. Роджерс. — М. : Мир, 1971. — Т. 3. — 664 с.
12. Томилин К. А. Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах. — М. : Физматлит, 2006. — 368 с.
13. Томсон Дж. Дж. За пределами электрона / Дж. Дж. Томсон // Успехи физических наук. — 1928. — Т. 8. — С. 570–596.
14. Фаддеев Л. Д. Математический взгляд на эволюцию физики / Л. Д. Фаддеев // Природа. — 1989. — № 5. — С. 11–16.
15. Millikan R. A. Autobiography / R. A. Millikan. — New York: Prentice-Hall, 1950. — 342 p.
16. Thomson J. Cathode rays / J. Thomson // Philosophical Magazine. — 1897. — № 44. — p. 293–316.