

II. НЕКОТОРЫЕ ГЛАВЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ

В.П. РУСАКОВ

НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ ШИЛЛЕР: жизнь и научно-педагогическая деятельность

КРАТКИЙ БИОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Николай Николаевич Шиллер родился в Москве 1/13 марта 1848 г. в семье коллежского асессора. О его детских годах сохранилось мало сведений. Известно, что начальное образование он получил дома, а девяти лет был принят во второй класс 11-й Московской гимназии, которую окончил на семнадцатом году жизни (1864). В том же году он поступил на математическое отделение Московского университета. В студенческой жизни Шиллер участвовал мало и всё своё время отдавал учебным занятиям. Университет он окончил через четыре года (1868) со степенью кандидата и был оставлен там же для подготовки к профессорскому званию. В 1870 г. Шиллер был зачислен на должность сверхштатного лаборанта физического кабинета университета, где помогал А.Г. Столетову в организации и руководстве физическим практикумом. Должность лаборанта в то время соответствовала нашей должности ассистента.

В конце 1871 г. на средства Министерства народного просвещения Шиллер был командирован за границу на два года. Начатая там работа затянулась, и по ходатайству Столетова в 1873 г. командировка была продлена ещё на год. Все эти три года Шиллер работал в Берлинском университете, где посещал лекции и работал в физической лаборатории Г. Гельмгольца. Благодаря как теоретическим, так и экспериментальным его исследованиям имя Гельмгольца уже тогда было известно учёным всего мира. Однако по современным масштабам лаборатория эта имела довольно жалкий вид, хотя на ней и красовалась гордая надпись: «Физический институт», — тёмное, бедно обставленное и плохо оборудованное помещение в 4–5 комнат. В каждой комнате, освещавшейся тусклым светом, падавшим через единственное окно, работало



по 3–4 человека, постоянно мешавших друг другу. Приборов, часто самых необходимых, было мало. Для своих опытов Шиллеру пришлось самому сконструировать гальванометр из весьма примитивных деталей, находившихся под рукой: два магнита, две катушки железной изолированной проволоки, стеклянная трубка, нить конуса, сигарный ящик, оклеенный бумагой, – вот и гальванометр. Недостатки оборудования и теснота покрывались интересом к делу, настойчивостью, энергией молодости и упорством.

По возвращении из командировки в 1875 г. Шиллер защитил в Московском университете магистерскую диссертацию на тему «Опытное исследование электрических колебаний» и в том же году был приглашён в Киевский университет для чтения курса теоретической физики сначала в качестве приват-доцента, а через год стал доцентом.

В 1876 г. он защитил уже докторскую диссертацию «Электромагнитные свойства концов разомкнутых токов и диэлектриков» (в Московском университете) и вскоре был утверждён экстраординарным профессором¹. Только через восемь лет, в 1884 г., в Киевском университете была создана ординатура по теоретической физике, и Шиллер стал первым профессором новой кафедры. До тех пор экспериментальная и теоретическая физика обслуживались одной кафедрой и возглавляющим её профессором. Чтение вводной части теоретической (математической) физики

¹ Заметим, что основные положения и магистерской, и докторской диссертаций Н.Н. намечил ещё до своей поездки в научную командировку: на 2-м Съезде русских естествоиспытателей в Москве (29.09.1869) в докладе «Об индуктивном токе в разомкнутых проводниках» он изложил как теоретические, так и экспериментальные основания своих последующих диссертационных исследований [1*]. Труды Н.Н. Шиллера (в тексте их номера отмечены звёздочкой) даны отдельным списком.

начиналось со второго курса. Для студентов третьего и четвёртого годов обучения читались попеременно теория потенциала, теория упругости, теория света, электростатика, электродинамика и механическая теория теплоты (5 часов в неделю). И вся эта разнообразная и трудная работа выполнялась одним лицом. Кроме того, в течение восемнадцати лет (1885–1903) Шиллер читал курс экспериментальной физики для медиков, а некоторое время (с 1890 г.) – часть её и на физико-математическом факультете. Помимо университета Шиллер преподавал физику в Киевской военной гимназии (1876–1881) и на Высших женских курсах. Профессору в то время казалось странным, что курсистки внимательно относятся к такому, казалось бы, не женскому предмету, как физика, старательно записывают лекции и уделяют большое внимание их проработке [1].

За год до своего выхода в отставку (1890) М.П. Авенариус передал заведование физическим кабинетом и лабораторией Шиллеру, который исполнял эти добавившиеся ему обязанности до конца пребывания в университете (1903).

В августе 1903 г. Шиллер получил назначение на должность директора Харьковского технологического института, а через два года, в 1905 г., был утверждён членом Совета Министерства народного просвещения.

Умер Н.Н. Шиллер 10/22 ноября 1910 г. от порока сердца, отдав научно-педагогической деятельности более 40 лет.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

Первые научные статьи Шиллера касаются исследования электрических колебательных контуров, в развитии теории которых принимали активное участие многие выдающиеся физики XIX века [2–5].

Сначала в докладе (1869) [1*], потом в работе «Токи, индуцированные в незамкнутых цепях» (1872) [2*], а позднее (1874) более подробно в своей магистерской диссертации «Опытное исследование электрических колебаний» [3*] он ставит задачу проверить формулу, связывающую период колебаний с самоиндукцией и ёмкостью (формулу Томсона) и рассмотреть некоторые явления, обусловленные электрическими колебаниями. Экспериментальная часть работы была начата в физической лаборатории Гельмгольца в Берлине.

Схема установки сводилась к следующему (см. рис. 1). В цепь источника тока (элемент Даниеля) включалась первичная обмот-

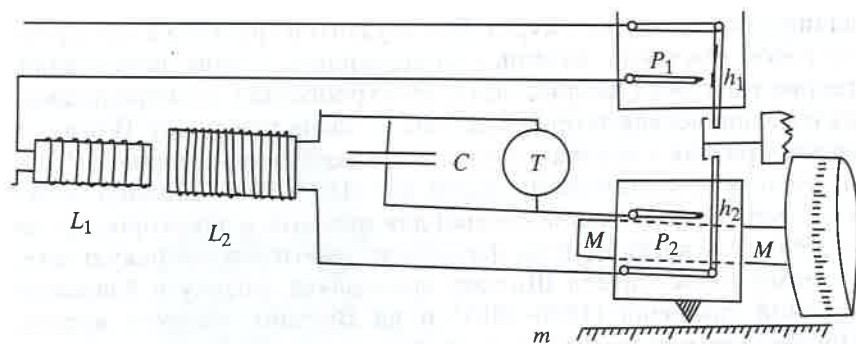


Рис. 1

ка индукционной катушки L_1 и одна часть P_1 маятника (прерывателя) Гельмгольца. Во вторичной обмотке катушки L_2 , соединённой с другой частью P_2 того же маятника, возбуждались электрические колебания. Эта часть прерывателя укреплялась на салазках и при помощи винта M на микрометре могла смещаться относительно части P_1 , закреплённой неподвижно. Пластины P_1 и P_2 были сделаны из каучука; к каждой из них приделывались рычаги h_1 и h_2 , соответственно. Когда маятник P , освобождаемый электромагнитным спуском, падал и ударял по рычагам h_1 и h_2 , происходило размыкание тока в первичной цепи и одновременно или с некоторым опозданием – в зависимости от относительного положения P_1 и P_2 – во вторичной цепи. Кроме обмотки L_2 , вторичная цепь состояла из конденсатора C и включённого параллельно с ним электрометра Томсона T , корпус которого заземлялся. При полном совпадении рычагов h_1 и h_2 ток в первой и второй цепи прерывался одновременно. При смещении пластины P_2 с помощью винта микрометра смещался и связанный с нею рычаг h_2 – таким образом создавалось расхождение в моментах разрыва. В промежутках между разрывами первичной и вторичной цепей в последней возникали электромагнитные колебания в результате возбуждения индукционного тока. Положение пластины P_2 , соответствующее одновременному срабатыванию, определялось предварительно. Число делений винта M между двумя последовательными положениями P_2 , когда электрометр не обнаруживал заряда на конденсаторе, давало период колебаний в долях хода винта. Чтобы найти цену деления в секундах τ , пользуясь методом баллистического гальванометра, определялось время θ , в течение которого падающий маятник проходил расстояние между положениями h_1 и h_2 , отстоящими на произвольное число делений шкалы m .

В опытах Шиллера оказалось, что $\theta = 0,0084800$ с, если рычаги смещались друг относительно друга на 6765 делений головки винта. Отсюда $\tau = 1,2636 \cdot 10^{-6}$ с. В своих опытах он пользовался индукционным аппаратом Дюбуа–Реймона, вторичная катушка которого включалась в колебательный контур, а первичная служила для возбуждения и поддержания колебаний. Конденсаторы изготавливались из пробирок различных размеров, которые наполнялись ртутью и вставлялись одна в другую. Изменяя ёмкость контура при одной и той же индуктивности, а потом, меняя катушки и оставляя неизменной ёмкость, автор пришёл к выводу, что, во-первых, времена колебаний пропорциональны корню квадратному из электростатической ёмкости и, во-вторых, корню квадратному из электромагнитных ёмкостей [индуктивностей. – *Ред.*] [3*]. Или, переводя на современный язык и объединяя два закона вместе, получим простейшую формулировку известного закона: *собственный период колебаний электрического контура прямо пропорционален корню квадратному из ёмкости и индуктивности.*

Шиллер также подтвердил, что наибольшая электродвижущая сила индукции E , возникающая в катушке, должна удовлетворять тому условию, что произведение её на период колебаний является величиной постоянной: $E_{\max} T = \text{const}$ – что непосредственно следует из основного закона индукции. Автор исследовал и затухание колебаний, происходившее вследствие несовершенства изоляции конденсатора и обмоток катушек.

В той же работе Шиллер впервые дал метод определения диэлектрических постоянных при помощи электрических колебаний и указал на зависимость диэлектрической проницаемости от периода колебаний. Для опыта брался плоский конденсатор, между обкладками которого помещались пластины из различных изолирующих материалов. Конденсатор включался в цепь описанным ранее способом. Период колебаний определялся в следующих случаях: 1) T_0 – конденсатор в цепи отсутствовал и ёмкость последней обуславливалась ёмкостью катушек; 2) T – конденсатор с диэлектриком ϵ между обкладками включён в цепь; 3) T' – диэлектрик заменён воздушной прослойкой. Подсчёт диэлектрической проницаемости производился по формуле

$$\epsilon = (T^2 - T_0^2) / (T'^2 - T_0^2),$$

что соответствовало отношению ёмкостей конденсаторов с данным изолятором и с изолятором воздушным.

В первой серии наблюдений период колебаний изменялся в пределах $6,52 \cdot 10^{-5} - 12,81 \cdot 10^{-5}$ с. Во второй серии

Таблица 1

Материал	$T \cdot 10^{-5} \text{ с}$	ϵ	$T \cdot 10^{-2} \text{ с}$	ϵ
Эбонит	6,52	2,21	2,0–2,5	2,75
Каучук	6,30	2,12	÷	2,34
Парафин	5,68	1,68	÷	1,92
÷	8,98	1,89	÷	2,47
Каучук вулканизированный	7,06	2,69	÷	2,94
Стекло (полубелое)	7,52	2,96	÷	4,12
Стекло (зеркальное)	8,59	5,78	÷	6,35

$T = 2,0 \cdot 10^{-2} - 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ с}$. Автор показал, что потенциал, до которого заряжался конденсатор, влияния на численную величину E не имел. В табл. 1 приведены некоторые из полученных Шиллером результатов.

Для некоторых веществ был определён показатель преломления n по методу предельных углов полного внутреннего отражения. Результаты с парафином и каучуком показали удовлетворительное совпадение значений n^2 и ϵ (парафин – 2,34 и 2,17; каучук – 2,25 и 2,34 соответственно), что явилось важным подтверждением электромагнитной теории света.

Помещая между обкладками конденсатора различные изоляторы, Шиллер пытался определить их электропроводность из наблюдений затухания колебаний в контуре. Однако применённый им метод оказался недостаточно чувствительным для решения этой задачи.

Безрезультатной оказалась и попытка автора обнаружить влияние окружающей среды на период колебаний в контуре, чего и следовало ожидать.

В докторской диссертации [6], тесно связанной с вопросами предыдущей работы, доказано, хотя и в отрицательной форме, существование токов смещения в диэлектриках [10*].

Электрические взаимодействия замкнутых токов, по теореме Ампера, могут быть сведены к взаимодействию воображаемых магнитных поверхностей, ограниченных контурами токов: магнитный момент поверхности, отнесённый к единице площади, пропорционален силе тока. Однако опыты показали, что существуют взаимодействия и между незамкнутыми контурами. Когда, например, в контур включён конденсатор, то наблюдаются явления, аналогичные в некотором смысле замкнутым контурам, – такие как наведение колебаний в результате перемещения отдельных частей контура.

Для объяснения взаимодействий между незамкнутыми контурами Гельмгольц предложил теорию, связанную с наличием мгновенных токов, протекающих по проводнику, и с накоплением заряда на поверхности его разомкнутых концов [7–9]. Максвелл более радикально решил вопрос: он подверг сомнению само существование незамкнутых токов. Переменный электрический ток в цепи, содержащей диэлектрик, замыкается через последний благодаря возникновению в нём токов смещения. Ток смещения обладает теми же электромагнитными свойствами, что и ток проводимости. Следовательно, разомкнутый переменный ток в электромагнитном отношении эквивалентен замкнутому току, протекающему частью через проводники, частью – через изолятор. Спор между сторонниками той и другой гипотез возник жаркий. В нём приняли участие Ф.Э. Нейман, Д.Р.Ф. Цёлльнер, Ж. Бертран, К.В.Э. Рикке и ряд других физиков того времени. Решить, какая из двух гипотез – Гельмгольца или Максвелла – должна быть принята, мог только опыт. Несмотря, казалось, на непреодолимые трудности, которые стояли на этом пути, Шиллер приступил к решению задачи.

Первый опыт заключался в том, что на стальное кольцо навивались две обмотки. По одной из них пропусклся постоянный ток, а другая замыкалась через гальванометр типа Видемана. Кольцо подвешивалось на шёлковых (коконовых) нитях так, что его плоскость устанавливалась перпендикулярно плоскости магнитного меридиана Земли. По величине отброса гальванометра и размеров кольца определялись необходимые для расчётов постоянные. Концом тока служило загнутое под прямым углом остриё латунной проволоки, другой конец которой присоединялся к одному из полюсов электростатической машины (Гольца). Линия, соединяющая остриё с центром кольца, была перпендикулярна к нити подвеса и проходила через плоскость кольца. Ток i , притекавший к острию, измерялся особым гальванометром. По Гельмгольцу, сила взаимодействия (отталкивания) между концом разомкнутого тока и одним из элементов $d\sigma$ некоторого замкнутого контура тока J равна

$$dF = iJ \frac{d}{dr} \left(\frac{1}{r} \right) d\sigma,$$

где r – расстояние конца тока i от элемента $d\sigma$ проводника тока J (первичная обмотка кольца).

Во всех многочисленных опытах, выполненных Шиллером, не удалось заметить никакого отклонения магнитного кольца под действием конца тока [6. С. 28].

Во втором опыте концами разомкнутого тока служили обкладки плоского конденсатора со стеклянным диэлектриком, помещённого между полюсами большого электромагнита. Обкладки замыкались через гальванометр с демпфирующим магнитом и двумя катушками (гальванометр типа Видемана). В начале опыта несколько раз переключался ток электромагнита, наблюдалось отклонение стрелки гальванометра и определялась величина этого отклонения (дуга размаха). Затем конденсатор приводился во вращение и производилось перезамыкание тока с перерывами в 15 секунд. При условии существования концов тока должно было наблюдаться увеличение или уменьшение отклонения стрелки гальванометра в зависимости от направления вращения конденсатора. Однако ожидаемых отклонений не было. Позже, заметив, что в опыте концы токов могли действовать в противоположных направлениях и компенсировать друг друга, автор видоизменил установку и заставил конденсатор вращаться лишь перед одним полюсом электромагнита. Однако результат и на этот раз оказался отрицательным [12*]. Отсюда Шиллер делает вывод, что в электрическом отношении нет концов тока, а диэлектрики, включённые в цепь переменного тока, действуют, как проводники. Это значит, что токи смещения существуют и правым оказывается Максвелл, с чем впоследствии должен был согласиться и Гельмгольц [10. С. 493].

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Недостаток оборудования, отсутствие необходимых кредитов, литературы и другие неблагоприятные условия работы в провинциальном университете заставляли Шиллера из года в год откладывать углубление и расширение тематики экспериментальных исследований [11]. Внимание его начинают занимать вопросы теории. К этому же побуждали и университетские занятия, так как чтение курса теоретической физики в университете было его основной обязанностью. Круг теоретических вопросов, интересующих Шиллера, был весьма широк: сюда входили проблемы механики, термодинамики, теории электромагнитного поля, их методология.

Фарадей, а затем и Максвелл, как известно, свели пондеромоторные действия поля к натяжениям вдоль линий индукции и перпендикулярным им давлениям. Величина сил, отнесённых к единице площади, равна $\frac{\epsilon E^2}{8\pi}$, где E – напряжённость поля. Принимая, что проницаемость ϵ диэлектрика является функцией

координат точек поля и допуская возможность существования объёмных зарядов плотности ρ , выражение для максвелловских сил представится в следующем виде:

$$\mathbf{f}' = \rho \mathbf{E} - \frac{1}{8\pi} \mathbf{E}^2 \text{grad } \epsilon,$$

где $\mathbf{f}'$ – плотность объёмных сил. Если положить, что ϵ зависит также от возникающих в среде деформаций, вызываемых действием поля, то придём к силам, теорией которых занимались Кортевег, Гельмгольц, Кирхгоф и др. [12–16]. В современной символике эти последние силы выглядят как

$$\mathbf{f}' = \frac{1}{8\pi} \text{grad} \left(E^2 \frac{\partial \epsilon}{\partial \tau} \right),$$

где τ – плотность среды, а общее выражение плотности пондеромоторных сил принимает вид

$$\mathbf{f} = \rho \mathbf{E} - \frac{1}{8\pi} \mathbf{E}^2 \text{grad } \epsilon + \frac{1}{8\pi} \text{grad} \left(E^2 \frac{\partial \epsilon}{\partial \tau} \right).$$

При отсутствии объёмных зарядов первый член правой части уравнения пропадает. Упругие деформации, испытываемые диэлектриком в электрическом поле, называют электрострикцией, а связанные с ними добавочные силы – электрострикционными.

В 1894 г. Шиллер в статье «О вариации выражения электростатической энергии и силах электрострикции», исходя из общего уравнения для энергии и варьируя его, в том числе граничные условия, получил следующее выражение:

$$\delta W = \Sigma \iiint \frac{\delta \epsilon}{8\pi} E^2 dV + \Sigma \iiint \frac{\epsilon}{8\pi} 2E \delta E dV - \iint \frac{\epsilon}{8\pi} E^2 [\cos(nx) \delta x + \cos(ny) \delta y + \cos(nz) \delta z] dS.$$

Преобразовывая и решая полученное уравнение при выполнении условия непрерывности, Шиллер даёт простой и изящный вывод сил электрострикции. Для внутренних и поверхностных точек среды составляющие этих сил имеют вид

$$X = -1/2 \frac{\partial(\partial E^2)}{\partial x} \quad \text{и} \quad X' = 1/2 \nu E^2 \cos(nx),$$

где $\nu = -\frac{1}{4\pi} \left(\frac{\partial \epsilon}{\partial \tau} \right)$. То же и по другим осям.

Из русских авторов того периода теорией электрострикции в газах занимался Ф.Я. Капустин [17–19]. Она же как часть вошла в магистерскую диссертацию Б.Б. Голицына [20], в критике которой помимо официальных оппонентов [21], живое участие принял и Шиллер.

* * *

Работой «О влиянии внешнего давления, приложенного к поверхности раздела жидкости и пара, на упругость этого последнего» [42*] Шиллер открывает цикл статей, рассматривающих условия равновесия сил, действующих на тела, способные изменять своё агрегатное состояние и температуру. Пусть s и σ – удельные объём пара и жидкости, соответственно, заключённых между двумя подвижными поршнями. Условия равновесия системы при постоянной температуре определяются на основе принципа возможных перемещений:

$$s\delta x_1 + \sigma\delta x_2 + (s - \sigma)\delta x = 0,$$

где δx , δx_1 , δx_2 – перемещения поверхности раздела жидкости и пара и двух поршней, параллельных этой поверхности. Шиллер считал, что если к поверхности раздела системы пар–жидкость приложить новое давление q и считать его положительным в сторону жидкости, то при условии, что суммарное количество пара и жидкости остаётся неизменным, для восстановления нарушенного равновесия к поршням, соприкасающимся с паром и жид-

костью, необходимо приложить дополнительно давления $q \frac{\sigma}{s - \sigma}$

и $q \frac{s}{s - \sigma}$ соответственно. При постоянной температуре упругость пара может измениться только благодаря изменению его плотности. Отсюда автор заключает, что при неизменном объёме пара для положительного q должен наблюдаться переход некоторого количества жидкости в пар. При отрицательном q имеет место обратный переход. Для восстановления нарушенного равновесия к поршням, соприкасающимся с поверхностями пара и жидкости, должны быть приложены давления

$$p_{\text{п}} = p_0 + q \frac{\sigma}{s - \sigma} \quad \text{и} \quad p_{\text{ж}} = p_0 + q \frac{2}{s - \sigma}$$

соответственно, где p_0 – начальное давление пара.

Через год (1895) Шиллер печатает статью, где дано решение того же вопроса в более общем виде: рассмотрены условия рав-

новесия системы жидкость–пар в отсутствии уравновешенных начальных сил и в предположении наличия объёмных сил [43*]. Пользуясь принципом наименьших перемещений, Шиллер получил уравнения, связывающие объёмные и поверхностные силы с добавочным давлением q и с удельными объёмами пара и жидкости.

Несколько позже (1897) зависимость между начальными и конечными условиями ($s_0, \sigma_0, p_0; s, \sigma, p$) и добавочным давлением (q) Шиллер выразил формулой более сложного вида

$$\frac{p_0 s_0}{\sigma_0} \ln \frac{p}{p_0} - \frac{1}{2k} (p - p_0 + q)^2 = 0,$$

где k – модуль упругого сжатия жидкости. При температуре, близкой к критической, q оказывает заметное и возрастающее влияние. Не ограничиваясь теорией вопроса, он экспериментально доказал, что парциальное давление газа, примешанного к парам, ускоряет процесс испарения жидкости, увеличивает упругость насыщенных паров и понижает критическую температуру вещества (эфир, хлороформ) [48*].

В научной дискуссии, возникшей по поводу отрицательного отзыва А.Г. Столетова и А.П. Соколова [20] на магистерскую диссертацию Б.Б. Голицына, Шиллер решительно стал на сторону оппонентов [33*, 34*, 41*]. Особенно суровой оценке Шиллер подверг статьи П.А. Некрасова, профессора математики и в тот период (1893) ректора Московского университета [22]. В основной из работ этой серии Шиллер подробно останавливается на силах, действующих на диэлектрик, помещённый в электрическое поле, и на явления электрострикции [34*], развивая идеи, изложенные в работе «О вариации электростатической энергии и силах электрострикции».

В критических замечаниях коренным заблуждением Голицына Шиллер считал утверждение, что состояние диэлектрического газа при постоянной температуре определяется кроме объёма и упругости также и силою электрического поля [34*]. В связи с этим он показал, что лишь при условии наличия двух фаз – жидкости и пара – давление на поверхность их раздела, какого бы происхождения оно ни было, следовательно, и электрического, может обусловить изменение упругости пара. Автор повторяет здесь в основном те же доказательства, которые были рассмотрены нами выше [42*].

Пусть нижний поршень цилиндра, содержащего равновесную систему насыщенный пар–жидкость, является одной из обкладок плоского конденсатора, соединённой с землёй, а верхний –

второй обкладкой, которой сообщён заряд $+Q$. По индукции на нижней обкладке возникает заряд $-Q$. Если ϵ' и ϵ'' — диэлектрические постоянные для жидкости и пара соответственно, то, как следует из теории поля, притяжение верхней обкладки к нижней будет равняться

$$p'' = \frac{aQ^2}{\epsilon''},$$

где $a = \frac{2\pi}{S^2}$. Дополнительное давление на поверхность раздела жидкости и пара, если последняя параллельна обкладкам конденсатора, равно

$$q = aQ^2 \left(\frac{1}{\epsilon''} - \frac{1}{\epsilon'} \right)$$

и направлено от жидкости к пару. Следовательно, заряд конденсатора нарушит существовавшее до того равновесие между паром и жидкостью. Равновесие восстановится только тогда, когда упругость пара, вследствие его конденсации, уменьшится на ве-

личину $aQ^2 \left(\frac{1}{\epsilon''} - \frac{1}{\epsilon'} \right) \frac{\sigma}{s - \sigma}$. Если между обкладками конденсато-

ра находится только насыщенный пар, то упругость его при сообщении одной из обкладок заряда не изменится, так как отсутствует поверхность раздела. Здесь Шиллер прав. Однако он неправ, когда в статье «Последние успехи в области нео-электричества» оспаривает попытку Голицына вычислить электростатическую энергию в части пространства, непрерывно заполненного действующими объёмными массами [43*, 23, 24]. По его мнению, можно говорить лишь об электрической энергии системы, представляющей «собрание проводников, заряженных электричеством с определёнными поверхностными плотностями и окружённых некоторыми диэлектриками». Мы не вдаёмся в детали вывода Голицына, которые можно упростить, применяя теорему Грина, но постановка им задачи законна и, более того, подсчёт энергии объёмно распределённых зарядов вошёл в курс преподавания в университете [25. С. 80].

В статье «Об электрической энергии при зависимости диэлектрического коэффициента от силы поля» [39*] Шиллер, отправляясь от работы Голицына [23], сравнивает электростатическую систему в среде, где ϵ переменна, с механизмом, между частями которого, кроме сил консервативных, действуют также силы трения. Для такого механизма работа, затраченная на переме-

щение частей системы из одного взаимного расположения в другое, зависит не только от начального и конечного их положения, но и от того, каким путём само перемещение происходило, так как при этом имеет место рассеяние энергии.

Заметим, что зависимость ϵ от напряжённости поля возникает лишь при быстро переменных полях и напряжениях, близких к пробое диэлектрика. В настоящее время диэлектрические потери известны достаточно хорошо. Теоретически и экспериментально доказано, что причины их разнообразны [26. С. 319]. Первыми исследователями этого вопроса были русские физики, среди которых видное место занимал И.И. Косоногов, ученик и биограф Шиллера [27].

В историческом ходе развития оптики внимание исследователей было направлено на построение такой теории, которая давала бы возможность объяснить следующие известные из наблюдения факты: 1) прямолинейное распространение лучей света, меняющих при определённых условиях своё направление; 2) периодичность луча (явления интерференции и дифракции); 3) особые свойства луча в направлении, перпендикулярном к его распространению; 4) особые свойства луча для разных направлений его распространения (явления в кристаллических телах). Одной из обративших на себя внимание попыток была гипотеза эфира, развитая У. Томсоном [28]. Томсон исходил из предположения, что простирающаяся до бесконечности и обладающая отрицательной сжимаемостью упругая среда остаётся в состоянии устойчивого равновесия, если её бесконечно удалённые границы не способны перемещаться и если в отдельных частях этой среды, обладающих различными плотностями, коэффициенты упругости остаются всюду одинаковыми. Далее предполагалось, что для подобной среды при бесконечно малой скорости распространения продольных колебаний возможно сосуществование чисто поперечных отражённых и преломлённых колебаний, удовлетворяющих законам Френеля. Опираясь на дифференциальные уравнения колебаний, Шиллер показал несостоятельность гипотезы Томсона, так как доведённая в своих логических выводах до конца она приводит к возможности нарушения законов Френеля, причём эти нарушения совершенно не поддаются контролю [46*].

ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И АКСИОМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ

В докладе на XI съезде русских естествоиспытателей 24.03/06.04.1901 г. Шиллер подверг анализу понятие энтропии [77*]. Он показал, что его можно ввести независимо от понятия теплоты и её превращения в работу. В учении о тепле как ни в одном другом разделе многие из основных определений сохранились со времён натурфилософии. Само понятие энтропии введено в науку, как известно, Р. Клаузиусом [29] для обозначения части энергии, неспособной к превращению её в другие формы. С другой стороны, понятия теплоты и температуры, вошедшие в математическую формулу энтропии

$$dS = \frac{dT}{Q},$$

связаны с представлением о молекулярно-хаотическом движении, определяющем тепловые законы. Поэтому оба эти понятия могут быть заменены другими, почерпнутыми из того же молекулярного мира. Однако молекулярно-кинетическая теория и всякого рода гипотезы Шиллера не занимали. Отталкиваясь от законов термодинамики как опытно установленных фактов и пользуясь формально логическими построениями, он пытается установить новые связи, новые закономерности. Для познания вещей и явлений, наблюдаемых в мире, человек группирует их, по мнению Шиллера, руководствуясь исключительно своим разумом. Формы познания – это формы сопоставления многообразий во времени и пространстве, в материи, величине и причинности. Формы познания, которые не могут быть определены или описаны при помощи других форм, автор относит к априорным. Сами познавательные процессы представляют такие же явления области переживаемого, как и всякие другие многообразия, а потому подлежат тем же приёмам обсуждения, как и любые факты. Автор утверждает, что «тот процесс познания, отдельные моменты коего наиболее поддаются систематизации, представляясь нам в целесообразной связи друг с другом, мы называем процессом научного познания» [77*. С. 2]. Утверждения автора ошибочны².

²Здесь и в дальнейшем автор критикует методологические установки Н.Н. Шиллера с позиций диалектического материализма. Несмотря на их несколько архаическую форму, мы сохраняем соответствующие фрагменты, так как они вполне отвечают мировоззрению автора, а вовсе не являются обязательной данью требованиям времени. [Примеч. ред.]

Легко или трудно поддаются систематизации накопленные факты, находятся ли они в целесообразной связи или их связь ещё не раскрыта, хотя и установлена, – не эти моменты определяют научный характер познания. Что одному познающему кажется трудным, то другому лёгким, что сегодня непонятно, то завтра, через год или через несколько лет будет представляться доступным пониманию даже для неискущённого и формально логическим построением ума. К научному процессу познания относится такой, который ближе всего соответствует природе изучаемого явления, который пользуется методом, проверенным опытом в широком смысле, и приводит к результатам, не вступающим в противоречие с практической деятельностью людей.

Математические и механические построения не представляют «априорных форм познания», как утверждает автор [Там же. С. 2], а возникли и развились в результате борьбы человека с природой, в результате труда. Ряд точных наук, по мнению Шиллера, заканчивается механикой, построенной из трёх априорных форм представлений: времени, пространства и материи. Физика, например, как наука ставит перед собой на ближайшее время задачу включиться в механическую систему понимания всех изучаемых явлений. Действительно, такое направление в научном развитии было справедливо до конца XIX в. Однако к концу этой эпохи всё чаще стали наблюдаться факты, которые приносили разочарование механистам. Для объяснения их возникали и новые теории: теория электромагнитного поля, электронная теория, теория квантов. Шиллер не сделал из этих фактов правильного вывода о несостоятельности претензий механики объединить в её границах все отрасли физического знания. Он не сомневался в пригодности механических схем для этой цели и рассматривал незаконченность физических построений как временное, преходящее затруднение. В осторожной форме Шиллер оспаривал попытки энергетистов оставить механическую почву и создать свою собственную схему познания. Для создания удовлетворительной теории он предлагал на первых порах ограничиться количественной стороной физических явлений и отказаться от построения качественно простых и наглядных механических образов. Примерами могут служить классификация тонов и законы отражения и преломления света, формулировка которых не зависит от каких-либо механических схем, в построение которых входило бы понятие материи. «Механическая схема [по утверждению Шиллера] возникает уже после того, как подобные законы установлены, но никак прежде» [Там же. С. 4]. История физики, однако, показывает, что подобное утверждение несостоятельно. Достаточно напомнить, что картина кинетической теории газов

была создана древними атомистами задолго до установления каких-либо количественных соотношений. Много позже Фарадей заложил основание теории электромагнитного поля, прежде чем Максвелл перевёл её на математический язык.

Переходя к анализу основных понятий термодинамики, Шиллер сначала определяет понятие «температуры». Он исходит из того, что «температуру можно определить как такое состояние тела, которое соответствует тому или другому из наших ощущений, характеризующимся суждениями: холодно, тепло, теплее, горячо и т.п.» [там же. С. 4]. Подобное субъективное определение температуры можно иногда встретить в некоторых учебниках и в наше время [30. С. 198], но это лишь дань далёкому прошлому. Шиллер, однако, не удовлетворён сведениями, получаемыми человеком через посредство тепловых ощущений, и обращается к термометру, основанному на иных принципах. В математической части рассуждений он исходит из положения, что вывод будет более строгим, если отправляться от общих и менее доступных непосредственному контролю понятий и идти к менее общим и более доступным. Иначе говоря, чем более строго выдержан метод дедукции, тем точнее вывод. Понятие энтропии, как известно, наиболее трудно для истолкования, тогда как понятие количества тепла интерпретируется сравнительно легко. Между тем Шиллер считает возможным и даже более правильным подходить к определению тепла через энтропию. «Количество тепла, — пишет он, — может быть определено как то количество энергии, которое обуславливает изменение энтропии данного тела». И далее там же он продолжает: «За единицу количества тепла может быть принято приращение энергии определённого тела при определённом изменении энтропии» [77*. С. 47]. Переход от выражения

$$dU - dA = TdS,$$

где dU — приращение внутренней энергии, dA — элементарная работа внешних сил, T — абсолютная температура, dS — приращение энтропии, к теплоте нам кажется искусственным и менее обоснованным и с логической, и с исторической точек зрения. Это всё равно, что отправляться от дифференциального исчисления при обосновании понятия единицы, что вполне возможно, но кроме математических упражнений к теории познания ничего не добавляет. Несколько дальше Шиллер даёт следующее определение: «За единицу тепла принимают то количество энергии, которое изменяет энтропию одного килограмма воды, когда температура этого последнего, при постоянстве всех прочих его термических параметров, изменяется на один градус (абс. шкалы) вверх от

температуры таяния льда под давлением мегадины на квадратный сантиметр. Такая единица тепла есть большая калория» [Там же. С. 47]. Во-первых, он отождествляет здесь теплоту и энергию, что необходимо предварительно ещё доказать; во-вторых, требуется также предварительно ввести меру энтропии, не прибегая к понятию тепла, что много труднее с физической, логической и методологической точек зрения, так как понятие энтропии прочно вошло в науку как приведённая теплота:

$$dS = \frac{dQ}{T}.$$

Шиллер предлагает перестроить теорию так, чтобы сугубо абстрактное понятие энтропии положить в основание учения о теплоте.

$$\text{Справедливость уравнения } dS = \frac{dU + A p dv}{T} \text{ не вызывает сом-}$$

нения. Однако нас интересуют не только формальные математические соотношения, но и раскрытие природы явления, а именно, что температура тела пропорциональна квадрату скорости молекул. Эта же сторона вопроса им совершенно не затрагивается. Важным здесь является принципиальное решение проблемы о возможности установления термодинамической шкалы температур независимо от выбора термометрических тел.

В критико-гносеологическом очерке «Происхождение и развитие понятий о «температуре» и «тепле»» [65*] Шиллер помимо специальных физических проблем рассматривает важные теоретико-познавательные вопросы, начиная от ощущений и кончая построением научных теорий. Однако если в области своей специальности он является крупным учёным, получившим ряд важных экспериментальных и теоретических физических результатов, то его философские взгляды были весьма спорны, он находился в плену идеалистических представлений.

По мнению Шиллера, ощущение является отправным пунктом теории познания. Поэтому, руководствуясь классификацией, принятой психологами, он подразделял ощущения на одновременные, или совместные, и разновременные, или последовательные.

Следующий шаг — составление суждений. «Законы перехода от суждений к знанию, — говорит Шиллер, — к систематическим построениям, основанным на априорных понятиях, составляют предмет теории познания» [Там же. С. 2]. Такие выражения, как холодно, тепло, жарко, горячо и т.д., свидетельствующие о различной степени наших тепловых ощущений, представляют простые грамматические формы, которые могут быть заменены другими формами, характеризующими большую или меньшую интенсивность тепловых ощущений. Законченные суждения и

выведенные из них заключения только тогда можно отнести к научным, когда их схема выработана на основании различных априорных неопределимых понятий, каким является априорное понятие о величине, устанавливаемое математикой. Наличие ясно различаемых априорных понятий у человека пока весьма ограничена и заканчивается понятием материи, априорность которой по Шиллеру «далеко не является общепризнанной» [Там же. С. 3].

Если исходить из свойств нашего мышления, то рядом с тепловыми ощущениями при составлении суждений нами могут упоминаться или припоминаться и другие, нетепловые. Наше суждение о каком-либо предмете представляется неполным, не удовлетворяет нас, пока мы не составили с ним суждения ещё об одном или нескольких предметах. Группа разнородных суждений, из которых каждое служит пополнением к другому вплоть до исчерпания всех наших ощущений и представлений, приводит к познанию существующего. Критерий точности и ясности группировок дают нам умозрительные науки, вырабатывающие схематическое сопоставление на основании «произвольных определений и неопределимых априорных понятий».

Наиболее ясными и понятными считаются выводы, относящиеся к физической стороне наблюдаемых явлений. По мнению автора, это их качество обусловлено тем, что умозрительными науками для таких выводов выработана готовая схема. Всё, что не подходит под эту схему, мы считаем нефизическим и потому трудно объяснимым. Примером может служить наше суждение, основанное на сопоставлении тепловых ощущений, им сопутствующих, что приводит к понятию о температуре и о тепле. При другом сопоставлении суждение о тех же самых тепловых ощущениях выразилось бы совершенно иным понятием. Если первый способ сопоставления мы будем рассматривать с точки зрения причинной связи между группами ощущений и подразумеваемыми явлениями, то при другом способе сопоставления мы нашли бы для тех же самых явлений другую причину. Задача сводится не к тому, чтобы разыскать, какими явлениями объясняются тепловые ощущения, — пишет Шиллер, — а к тому, чтобы только описать, из каких ощущений и суждений составляются у нас налицо существующие понятия о температуре и тепле» [Там же. С. 5]. Мы видим, что во всех этих рассуждениях много идеализма в махистско-кантианском направлении. «Ощущение не есть нечто первичное, — писал Ленин, — а есть одно из свойств материи» [31. С. 32]. Ощущение является только одним из свойств организованной материи, посредством которого устанавливается связь человека с внешним миром, происходит «превращение энергии

внешнего раздражения в факт сознания» [Там же. С. 38]. Признание того, что «вне нас и независимо от нас существуют предметы, вещи, тела, что наши ощущения суть образы внешнего мира» [Там же. С. 86], лежит в основе познания научной, т.е. диалектико-материалистической философии.

Вместо комплекса ощущений Э. Маха Шиллер предпочитает употреблять слово «группа» ощущений и познание существующего сводит к сумме подобных групп. Сама же группировка суждений зависит в широких пределах от нашего произвола, а поэтому одинаковые ощущения могут повести к совершенно отличным друг от друга выводам. Таким образом, объяснение всего существующего, всего многообразия явлений, совершающихся вокруг и внутри нас, по Шиллеру, зависит от нашего миропонимания, нашего настроения. Единственный критерий точности наших группировок, т.е. в конце концов нашего понимания внешнего мира, дают нам произвольно созданные схемы из произвольных определений и неопределимых, произвольных понятий. То положение, что критерием справедливости всякой теории служит практическая деятельность человека [30. С. 364], Шиллер обходит.

К априорным понятиям, на которых Шиллер строит всякое знание, он относит и понятие о величине, которая составляет предмет исследования математика [65*. С. 2–3]. Здесь мы имеем дело не только с преувеличенным, но просто с неверным утверждением. «Свойство нашего мышления, — пишет Шиллер, — (в этом и состоит априорность) подсказывает нам, что прежде всяких иных способов отличия вещей, мы их распознаём постольку, поскольку они суть величины. Если мы не имеем средств или не в силах различить две вещи так, как мы различаем то, что названо величиною, то всякое наше распознавание будет неполно, неточно и не будет считаться научным. Наука, дающая нам схемы для распознавания величин, есть математика» [Там же. С. 7]. О происхождении математических понятий и об их роли в процессах познания материалист придерживается иного мнения. «Как понятие числа, так и понятие фигуры, — писал Энгельс, — заимствованы исключительно из внешнего мира, а не возникли в голове из чистого мышления» [33. С. 36].

Определение основных понятий в учении о теплоте Шиллер предлагает начинать с температуры. «Под температурой тела, — пишет он, — подразумевается то его состояние, которое соответствует нашему тепловому ощущению определённой, т.е. отличимой от других, интенсивности» [65*. С. 5]. И неопределённо, и неверно. Всякая температура выше (или ниже) $\pm 100^\circ$ соответствует единственному ощущению — жгучей боли. При более высоких

или низких температурах человеческий организм не в состоянии различить степени нагретости тела, а разрушается и умирает. Также известно, что тепловые ощущения человека чрезвычайно субъективны и ни в каком случае не могут быть приняты за эталон сравнения с ними теплового состояния других тел. Шиллер в своих работах, связанных с вопросами термометрии, методом измерения температуры тела по ощущению, производимому на организм человека, конечно, не пользовался. Он обошёл это противоречие утверждением того, что отсутствие у нас «наличного умения» измерять температуру непосредственным сравнением ведёт к отрицанию возможности рассматривать её как величину [Там же. С. 10]. Дело заключается, конечно, не в нашем «умении», а в ограниченной способности человека служить непосредственно мерой степени нагретости тела. Правда, несколько ранее он даёт свободное от возражений определение измерительному аппарату: «Такое тело, по температуре коего мы судим о температуре других тел, приведённых с ним в термическое общение, называется термометром» [Там же. С. 6]. В самом деле, под температурой данного тела мы разумеем величину отклонения его теплового состояния от начального теплового состояния другого тела, которое считаем постоянным. И в теории, и на практике количеством тепла, перешедшего к телу, принятому в качестве термометра, или пренебрегают или в отсчёт вносится поправка.

В нашем анализе интерес представляют исходные позиции Шиллера и фундаментальные понятия, полагаемые им в основание своих суждений. Одним из последних является понятие величины. «Величина есть один из тех признаков вещей, которому мы ищем различие между этими последними» [Там же. С. 8]. Причинные связи явлений, в частности тепловых, Шиллер заменяет функциональной их зависимостью, понимая под этим простые математические отношения – сложные или простые – без физически обоснованной связи между ними. «Отнюдь не следует, – пишет он, – что функциональная зависимость должна указывать на какие-либо присущие связи между величинами или что одни величины могут быть связаны между собою функциональной зависимостью, а другие нет» [Там же. С. 10]. Шиллер считает, что если даны два ряда количественных значений двух различных величин, то всегда можно подыскать такую функциональную зависимость между обеими величинами, с помощью которых по каждому количеству первого ряда воспроизводится соответствующее количество второго ряда. С подобным утверждением нельзя согласиться. Хорошо известно, что в метеорологии и геофизике давно ведутся систематические наблюдения над

рядом физических процессов, происходящих в атмосфере или в земной коре. В отдельных случаях накоплены огромные ряды количественных значений, однако установить между ними такую зависимость, когда по определённому значению величин одного ряда можно было бы сказать, какие им будут соответствовать величины второго ряда, – до сих пор наука не может. Даже в том случае, где физическая связь между двумя рядами явлений очевидна, однозначное выражение зависимости часто отсутствует: например, температура и давление, влажность и сила ветра, не говоря уже об установлении функциональной зависимости между более далёкими рядами, каковыми могут служить вариации напряжённости земного магнитного поля и состояние атмосферы. Тем более это относится к рядам величин, взятых из различных областей науки. Шиллер далее утверждает, что задача науки сводится не к отысканию внутренней связи между вещами и явлениями и не к исследованию некоторой реально будто существующей и независимой от нас их причинной зависимости друг от друга, а только к более или менее умелому описанию этих вещей в той или другой группировке по заранее выработанным априорным схемам и образцам [Там же. С. 11]. Если следовать за Шиллером, то окажется, что критерием понимания объективной истины, а следовательно, и научного понимания явлений природы, служит такое его описание, которое должно удовлетворять требованиям заранее установленного образца и войти в рамки априорно умозрительной схемы. Он неоднократно подчёркивал, что задача науки – не объяснение, а описание явлений: «Описание будет научно, когда оно выразит всё ощущаемое, чувствуемое и желаемое с помощью тех заранее нашим разумом устанавливаемых априорных понятий, которые представляют собой последовательные этапы требуемого этим же разумом познания единого, всеобъемлющего и всеовершенного сущего. Таковое познание и есть совершенствование, ибо предел его есть слияние познающего с познаваемым, которое всеовершенно» [Там же. С. 12]. Это уже открытый фидеизм.

Так как при установлении функциональных соотношений произвол наблюдателя неизбежен, то и найденная им функциональная зависимость, формулируемая в виде некоторого закона, по мнению Шиллера, также произвольна, искать ей объяснения в тайниках природы не имеет смысла. Поэтому «не будет ли для нас понятнее смотреть на этот мёртвый закон, управляющий неведомою природою, как на созданную нашим собственным разумом схему, потребную для обычной классификации ощущений» [Там же. С. 16]. Выходит, что человек творит законы природы, которые, по мнению Шиллера, не отражают причинной связи

между её процессами, а представляют лишь разумную классификацию собственных ощущений самого творца. Отсюда следует также, что «выводы науки о законах природы зависят, прежде всего, от свойств познающего ума». Исчерпывающая оценка подобной философии дана Лениным и хорошо известна: «Кантианско-махистская формула: “человек даёт законы природе” есть формула фидеизма» [31. С. 139].

Шиллер видит недостаток познания в слабом развитии (в смысле разнообразия) научных схем. В действительности разнообразие научных систем, касающихся одного и того же предмета, говорит о слабости, а не о силе науки, в задачу которой входит объективное отражение внешнего мира. Чем полнее отображение, т.е. чем глубже познание, тем ближе по смыслу и форме законы природы, установленные в разные эпохи и разными лицами в отношении определённых явлений, тем меньше схем. Достаточно указать на закон сохранения вещества в формулировке Ломоносова и последующих учёных [34–36], законы фототока, изученные Столетовым и подтвержденные позднейшими исследователями [37, 38]. Вектор Умова имеет тот же смысл, что и вектор Пойнтинга, хотя открыты они были в разное время и в различных условиях [39]. Правильность представления о вещах и явлениях проверяется практикой, опытом, а не априорными суждениями и умозрительными построениями. В связи с этим ошибочным является учение Шиллера о субъективном происхождении основных математических схем, в частности, математического анализа. Они были бы верны, если бы в математике разум имел дело исключительно с продуктами собственного творчества и воображения. Но «как и все другие науки, – писал Энгельс, – математика возникла из *практических* нужд людей: из измерения площадей земельных участков и вместимости сосудов, из счисления времени и из механики» [33. С. 37]. То же можно и должно сказать о любом из разделов математики. Для Шиллера подобная концепция нуждается в пересмотре. Он утверждает, что как отдельные отрасли человеческого знания, так и вся совокупность их, обуславливающая разнообразные философские взгляды и целые школы, – результат субъективного вкуса. В действительности же истинное научное и философское мировоззрение может быть одно: диалектико-материалистическое, независимое от «предрасположения или настроения философствующего ума», что защищал Шиллер [65*. С. 17].

Казалось бы, нет оснований распространять ошибочные выводы Шиллера, сделанные им при анализе понятий теплоты и температуры, на другие физические явления. Однако он сам открыто признаёт, что для окончательного объяснения физиче-

ских явлений мы имеем одну общую ранее установленную схему, построенную механикой. «Изменим нашу точку зрения, переделаем схему, построим механику на иных определениях, и законы будут другие; другой характер примут наши так называемые научные предсказания» [Там же. С. 19–20]. Утверждение неверное. Физические явления протекают вне умозрительно построенной схемы и её творца – человека. Как бы ни был изощрён ум в построении подобных схем, но если автор не опирается на наблюдение, опыт, практическую деятельность, любая схема, построенная им, при проверке её практикой, распадается. Достаточно напомнить натурфилософские схемы древних.

Шиллер как субъективный идеалист пытается отстоять подобную точку зрения. Он утверждает, что первый закон термодинамики мы также должны рассматривать как наперёд поставленную схему, сообразно с которой условно классифицируются и сопоставляются результаты непосредственных наблюдений. «Первый закон термодинамики, – пишет он, – построен собственно не на опытных измерениях соотношения между эквивалентными количествами тепла и работы, а на априорном определении работы, высказывающем возможность существования упомянутой эквиваленции в наблюдаемых явлениях» [65*. С. 43]. Здесь явное противоречие исходным положениям цитированной выше работы и искажение исторических фактов. Ещё Ломоносов в работе «Рассуждение о причине теплоты и холода» (1746) [34] на основании личных наблюдений и широко известных опытных фактов пришёл к заключению, что теплота представляет движение молекул и возникает в результате трения. Более поздние наблюдения и опыты подтвердили основную мысль и дали возможность установить количественные соотношения между теплотой и работой [40–43]. В дальнейшем получила развитие кинетическая теория теплоты [3, 44].

Для полноты характеристики теоретико-философских убеждений Шиллера нам хотелось бы остановиться на его работе «Значение понятий о “силе” и о “массе” в теории познания и в механике» [50*]. В ней автор исходит из утверждения, что мир представляется не таким, каков он в действительности. Для существа, наделённого другими органами чувств и складом мышления, то, что нам представляется, например, в виде цвета, скажется совершенно в иных формах. Материалист, как известно, относится к познанию тех образов и картин, которые отображаются в его сознании, иначе. «Вечное истинное познание природы, – пишет Энгельс, – есть познание вечного и бесконечного и потому оно, по существу, абсолютно» [45. С. 188]. Объективное существование пространства и времени Шиллер отрицает. Для него это

только формы, «в коих мы умеем себе представлять существующее и кои вполне обусловлены свойствами наших мыслительных способностей» [50*. С. 3], формы представлений среди возможного бесчисленного множества других форм, в которых способна быть познаваема та же Вселенная для более усовершенствованного разумного существа. По мнению Шиллера, многомерное пространство – это не абстракция, а более высокий ранг пространства трёхмерного, и разумное существо, которое им пользуется, представляет существо также более высокого ранга. Шиллер утверждает, что «доразвиться до любой степени умственного совершенства не лежит вне пределов возможности и для человека». Так что (если мы правильно поняли автора) каждый может питать надежды, что он «доразовьётся» до того, что в состоянии будет мыслить образами многомерного мира. Физик в своей практической деятельности действительно пользуется многими абстракциями, в том числе и такими, как n -мерное пространство, фазовое пространство, пространство импульсов, скоростей и т.д. и не вступает в противоречие с практикой. Равно также мы говорим о прямоугольных, косоугольных, криволинейных и других системах координат. Значит ли это, что пространство, в котором мы живём, это пространство или плоское, или криволинейное, смотря по тому, какую координатную систему мы выбрали? Человеческая практика показывает, что на поставленный вопрос может быть дан ответ только отрицательный.

Далее Шиллер заявляет, что «если мы на время отвлекаемся от мыслящего человека, то внешний мир всё-таки останется, но не останется ни времени, ни пространства» [Там же. С. 3]. Этот – мир вне времени и пространства – автор пытается иллюстрировать образами плоского мифического существа, которые последний может составить о трёхмерном мире. Подобные примеры представляют разновидность идеалистического учения Платона о пещере и тенях. Материалист утверждает, что «изменчивость человеческих представлений о пространстве и времени так же мало опровергает объективную реальность того и другого, как изменчивость научных знаний о строении и формах движения материи не опровергает объективной реальности внешнего мира» [31. С. 152].

Той же участи, что пространство и время, подверглась, в конце концов, и материя. Она – материя – «нигде в книге природы не записана, – пишет Шиллер, – а, хотя и произвольно, создана нами же как одна из возможных для нас форм мышления, для того, чтобы принорочиться к тому непостижному, что действительно обозначено на страницах упомянутой книги природы» [50*. С. 9]. «Материя создана, чтобы принорочиться к природе. Выходит,

что без понятия “материя” наше мышление вступает в противоречие с процессами, происходящими в окружающей нас среде, что чистое мышление без материи не соответствует реальным явлениям действительности. Выходит, что оно в ошибочном, ложном свете рисует природу. Чтобы избежать столкновения с природой, т.е. чтобы принорочиться к ней, мы должны признать, что материя так же реальна. Как и сама природа, иначе говоря, что природа материальна. Такого вывода Шиллер не сделал, так как он противоречил бы его исходным позициям, хотя его и приводит в смущение накопление научных данных в пользу признания «за материей роли субстанции». Отсюда, по мнению Шиллера, вытекает «безотрадное и угнетающее наш ум представление о вселенной как о каком-то механизме, управляемом роковыми и непреложными законами, открывать которые предназначено человеку» [Там же. С. 8]. Для человека, склонного к идеалистическим толкованиям и умствованиям, проще, когда он **творит** законы природы, а не изучает их.

Шиллер готов признать за механической (что для его эпохи равносильно материалистической) теорией право на существование только в том случае, если она откажется от претензии на исключительность, т.е. от утверждения, что в основе познания сущего лежит учение о материальности мира. Иначе говоря, в одном случае исходить из признания материи, в другом – опираться на некое нематериальное начало. Такую теорию Шиллер согласен принять. Нам известны подобные взгляды. Они характеризуются словом «эkleктика», а не «материализм». Влияние Канта здесь, как и в других местах, несомненно. «Основная черта философии Канта, – писал Ленин, – есть примирение материализма с идеализмом, компромисс между тем и другим, сочетание в одной системе разнородных, противоположных философских направлений» [31. С. 172].

Подобным стремлением к компромиссу насыщена и последняя статья Шиллера. Он воспринял от Канта учение об априорных понятиях и истинах, куда отнёс пространство, время и даже целые области человеческого знания. Математика, по Шиллеру, априорная наука. Сюда же относится и родственная ей механика. Такую классификацию, явно противоречащую истории науки, Шиллер пытается обосновать тем, что исторический процесс возникновения новых идей не всегда соответствует их простейшей логической последовательности. Утверждение правильное, но обосновано неверно. Автор говорит, что закон сохранения энергии полностью вытекает из основных положений механики, а потому его нужно отнести к законам априорным. История науки неоднократно доказала, о чём уже говорилось, что попытки под-

вергнуть сомнению опытное происхождение закона сохранения энергии несостоятельны.

К тому же типу суждений, что и закон сохранения, он относит идеи эволюции в органическом мире. «Утверждение, что закон эволюции *не есть опытный закон*, будет ещё долгое время считаться очевидною и вопиющею ересью», — пишет он [50*. С. 18]. Действительно, идея развития восходит к греческой философии, но прочное обоснование её — продукт научной мысли XIX века.

Переходя к основной теме вопроса — понятию силы, Шиллер указывает, и правильно, что оно возникло у человека двумя путями: статическим и кинетическим. В статике, по его мнению, понятие силы относится к категории априорных представлений. Кинетическое же определение её вытекает из трёх механических законов движения: первый закон говорит, к какому классу понятий принадлежит представление о силе; второй характеризует силу как направленную величину; наконец, третий закон указывает, где искать источник силы. Полное определение силы вытекает из понятий времени, пространства и массы, или количества материи. Первые два из них — понятия времени и пространства — с точки зрения Шиллера понятия априорные и не подлежат определению с помощью других, простейших понятий.

Шиллер допускал ошибки и в том, и в другом случае. Статическое понятие силы возникает из представления об усилении, т.е. в конце концов из практики, из опыта. То же самое надо сказать и о втором, т.е. кинетическом определении силы. Если вниз упал человек и умер, то нет оснований утверждать, что его убило пространство и время, априорные и, по мнению автора, обусловленные формой нашего мышления понятия. Далее, переходя к массе, Шиллер понимает её как «измеренное количество материи» [Там же. С. 32]. Однако материю он трактует по-своему, т.е. идеалистически. Для него это лишь новая форма познания, необходимая для нашего ума, некоторая его функция, с помощью которой ум проникает на степень дальше в представлении о сущем. Материя подобно пространству и времени — понятие априорное. Материя не тело, а только одна из форм представления его, один из предикатов тела. «Материя, — пишет Шиллер, — не может быть ни твёрдою, ни жидкою, ни прозрачною, ни цветною, ни теплопроводящею, ни изолятором, ни металлическою, ни земляною; поэтому не может быть и речи о плотности материи, ни о молекулярном, ни о кристаллическом строении материи, ни о материи неорганической или органической, ни о материи живой или мёртвой, как не может быть речи о материи одухотворённой и психической, точно так же, как мы не говорим о материальном пространстве» [Там же. С. 32]. Если отбросить все «не» и «ни»,

входящие в отрицательные и так обильно нанизанные Шиллером предложения, тогда содержание, которое нужно вкладывать в понятие материи, будет близко к истинному, т.е. к тому, как понимает его материалист. Помимо абстрактного понятия материи существуют её различные конкретные формы. Абстракция же, лишённая реальной опоры, лишена и всякого содержания, она пуста. Тем не менее, это пустое понятие Шиллер относит к разряду величин и утверждает, что её, т.е. материи, «может быть больше и меньше», что ведёт уже к Пифагору. Физическое тело по Шиллеру представляет комбинацию понятий о пространстве, времени и материи, которые в то же время «не есть ни материя, ни объём, ни время» [Там же. С. 33]. Однако из понятий нельзя создать никакого физического тела. Это очевидно.

Понятие материи (или массы) и силы нельзя рассматривать независимо друг от друга. По его мнению, от нашего выбора зависит, принять ли одно из этих понятий за первичное, априорное, данное; тогда второе определится через него. С точки зрения априорности материи получается обычное ньютоновское определение силы. Если же принять за исходное положение априорность силы, то получим определение тела и массы: «1) тело есть то, что, подвергаясь действию силы, изменяет своё движение; 2) масса тела измеряется отношением силы к ускорению тела в её направлении» [Там же. С. 40]. Материалист решает вопрос однозначно: «Материя есть первичное» [31. С. 40], — и вовсе не потому, как считает Шиллер, что «из двух понятий, о материи и о силе, первое более подходит к представлению о непосредственном созерцании, нежели второе» [50*. С. 41]. Приписав силе самостоятельную роль, мы должны подумать об источнике силы, что ведёт к фидеизму, т.е. в сторону от физического разрешения проблемы.

Основной ошибкой рассуждений Шиллера является утверждение о полной произвольности в выборе исходных положений, или основных априорных понятий, при построении новых понятий. Разумным критерием, выбора на его взгляд, является удобство. Например, можно отказаться и от силы, и от массы как основных понятий, а взять за исходную точку суждений понятие об энергии. В этом случае понятия силы и массы станут производными понятиями. Всё дело в том, что «вывод понятий о силе и массе из понятия об энергии не может быть сделан так просто и в нескольких словах, как это имеет место в случае определения силы по массе» [Там же. С. 65]. Такой ход рассуждений возможен и, как известно, приводит к результатам, не противоречащим практике, опыту. Свидетельством служат уравнения Лагранжа, позволяющие определять значение силы по значению энергии.

Но здесь, как и в других случаях, под энергией нужно понимать не какую-либо сверх- или надматериальную категорию, а движущуюся материю. Это относится к любому виду материи и составляет суть научно оправданного аналитического метода, большой вклад в разработку которого и внёс Лагранж.

Теория множественности априорных форм познания в дальнейшем приводит Шиллера к признанию наряду с понятием материи понятия духа, которые «независимо друг от друга, не определяясь одно по другому и друг друга не исключая», ведут совместно «к познанию сущего» [Там же. С. 80]. Как дуалист, Шиллер признаёт, хотя и с оговорками, нечто положительное и за материализмом, в котором «несмотря на всё *несовершенство и неосновательность* (выделено мною. — В.Р.) окончательных выводов всё-таки кроется здоровая жизненная струя в том смысле, что она соответствует коренной потребности человеческого духа в монизме и действительно представляет почти единственную относительно строго выдержанную монистическую систему философии» [Там же. С. 82]. Ценное утверждение, ибо действительно, только став на позиции материализма, можно строить монистическую систему. Но быть обвинённым в материализме Шиллер также не желает и создавшееся двусмысленное положение объясняет недостаточной гибкостью русского языка, а именно, неопределённостью понятия «явление» [Там же. С. 83].

Колебания Шиллера между стихийным материализмом, к которому приходил он в результате специальных физических исследований, и между махистско-кантианскими взглядами на вопросы теории познания и философии природы можно объяснить слабым знакомством с материалистической философией, «шатанием мысли», объединившим «немца Маха, француза Пуанкаре, бельгийца П. Дюгема и англичанина К. Пирсона», анализ причин которого с исчерпывающей полнотой дан Лениным [31. С. 74 и 268]. Для Шиллера «вне всякого сомнения, остаётся, независимо от познающего разума, существование подлежащего познанию объективного мира» [50*. С. 85]. Но он считает законным «предположение о таком разуме, который обладал бы большим количеством априорных понятий, нежели наш, и который, следовательно, познавал бы всё сущее с большей степенью совершенства, нежели мы» [Там же. С. 86]. Доказывать ошибочность этого положения считаем излишним.

Неправильно толковал Шиллер и причинную связь между физическими явлениями. «Совершенно от нашего произвола, обусловленного свойством нашего мышления, зависит, — писал он, — искать для одних явлений причинную связь с другими, а иные явления считать беспричинными, как бы испокон века

существующими». К сожалению, подобные взгляды не изжиты и в наше время. Достаточно напомнить о генийской структуре у Шредингера [46. С. 69]. Для нас вопрос решается однозначно, и это решение дано материалистической философией [31. С. 133]. Таким образом, вопросы физики, имеющие фундаментальное значение для выработки и развития научного мировоззрения, в трактовке Шиллера получили неправильное освещение. Даже закон сохранения был взят им под сомнение. «Этот закон, — утверждал Шиллер, — не есть какое-то отгаданное нами свойство происходящих явлений или некоторый регламент, которому подчинена природа, как думают ультраматериалисты. Закон сохранения есть следствие нашего способа понимания источника силы; если мы помиримся с другими какими-либо источниками силы, то закон сохранения перестанет иметь для нас свою силу» [77*].

Методологические и философские ошибки Шиллера не случайны. Они прочно связаны с его мировоззрением, так как повторяются на протяжении длинного периода и в частной переписке, и в научных трудах. Несомненно, ошибки усилились на рубеже XIX и XX вв. и сохранились потом до конца его жизни (1910). Здесь каждый доклад или новая печатная работа [47] в той или иной степени связаны с пересмотром помимо основных физических понятий вопросов теории познания. Однако направление, избранное автором, часто уводило его в сторону от господствовавшего в то время среди естествоиспытателей стихийно материалистического направления, повторяло и усиливало ошибки, допущенные им в последних его работах.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В 1884 г. вышел в свет курс «Основания физики», составленный из лекций Шиллера, читанных им студентам Киевского университета [19*]. Книга содержит кинематику точки, основы динамики, статику и кинематику твёрдого тела. Изложение дано в духе строгого классического анализа, текст ограничен трактовкой основных понятий, определений и формулировкой необходимых аксиом и законов. Касаясь материи, автор относит к ней всё, что воздействует на наши органы чувств, представляется нам заполняющим пространство по длине, ширине и высоте, т.е. всё, что занимает известный объём и так или иначе ощущается [Там же]. Общими качествами материи он считает протяжённость, способность перемещаться как в целом, так и по частям, неразруши-

мость и неизменное количество в мире. Материальные тела состоят из отдельных материальных частиц, расположенных на некоторых весьма малых расстояниях друг от друга. Такие частицы называются молекулами.

К. области физики Шиллер относит явления материального мира, связанные с перемещением молекул без изменения их внутренней структуры. Такая классификация, как известно, сохранилась до начала XIX века, когда учение об атоме и атомном ядре заставило пересмотреть содержание физики.

Массу автор определяет как количество материи, содержащейся в единице объёма тела [Там же. С. 96]. По нашему мнению, нет оснований возражать против подобного определения. отождествление же конкретной формы материи с веществом не может вызвать возражений [45. С. 189]. В соответствии с изложенным, плотность определяется им как количество материи, заключённой в единице объёма данного тела [19*. С. 96]. Принятое определение плотности через отношение массы к объёму

$\rho = \frac{dm}{dv}$ более строго, так как в дифференциальной форме оно пригодно для характеристики неоднородных сред и микрообъёмов, включая плотность ядерного вещества.

Далее Шиллер останавливается на законах Ньютона и рассматривает их как результат наблюдения над условиями движения тел. В одном из писем к А.Г. Столетову в отношении законов Ньютона он считает, что настаивать на их текстуальной формулировке нет оснований, необходимо сохранять лишь дух ньютоновских определений [47]. Поэтому первый закон он формулирует так: «Причина, обуславливающая изменение величины и направления скорости данной массы и независимая от этой массы, называется силою, приложенною к данной массе», – и рассматривает его как определение силы [19*. С. 97]. Понятие инерции он выводит из понятия силы как отрицательное качество материи, заключающееся в неспособности (по произволу. – В.Р.) изменять своё движение.

Второй закон даёт им в формулировке Ньютона, математический эквивалент которой имеет вид

$$f dt = \Delta (mv).$$

Закон этот даёт углублённое понятие силы, определяя её меру.

Наличие третьего закона Шиллер считает необходимым для полноты определений в системе механики Ньютона, так как указывает на источник силы, которым является другое матери-

альное тело. Иначе говоря, силы можно понимать лишь как взаимные. В связи с учением о моменте он вводит понятие о векторе. Справедливость требует отметить тяжёлый язык изложения, отсутствие в тексте чертежей, неясные и неточные определения ряда понятий – таких как равномерная и неравномерная скорость, вектор, работа и др. [Там же. С. 16, 18, 123, 147]. Утверждение, что понятие о движении приложимо не только к материальным телам, но и к геометрическим местам, занимаемым этими телами [Там же. С. 5], противоречит материалистической трактовке [31. С. 57], а также истории вопроса, так как механика выросла из практической деятельности человека, имевшего дело с реальными вещами, занимавшими всегда и определённые места.

Из многих глав теоретической физики, не утративших своего значения до наших дней, является теория потенциальной функции. Применённая сначала к тяготеющим массам (Ж.Л. Лагранж, П.С. Лаплас), позже распространённая на электрические и магнитные взаимодействия (Г. Грин), теория получила широкое признание после работ К.Ф. Гаусса (1890). Общность математического языка, выраженного в форме уравнений Лапласа и Пуассона, помимо педагогической ценности ставила вопрос об отыскании внутренней связи между отдельными группами физических явлений, о единстве сил, направляющих процессы природы. Работа Н.Н. Шиллера по теории потенциальной функции, изложенная в духе классического математического анализа, представляет серьёзный труд [20*]. В ней описаны основные свойства потенциальной функции, которая предназначена для исследования сил, действующих обратно пропорционально квадратам расстояний между полюсами, и её производных. Подробно рассмотрены потенциальные функции полярных масс, двойного поверхностного слоя, теорема Грина и её следствия, потенциальная функция двух аргументов. Такие вопросы, как общая задача электростатики, теория намагничивания, распределение стационарных токов, температур, значение потенциальной функции в гидродинамике рассмотрены в общем виде в последней главе.

Обобщая понятие полюса на электрические, магнитные и тяжёлые материальные точки, Шиллер в своих выводах исходит из закона взаимодействия в его обычной форме:

$$F = -k \frac{mm'}{r^2}.$$

Для взаимодействий подобного типа потенциальная функция определяется им как работа, выполняемая центральными сила-

ми, действующими на точку с массой +1 при перемещении её из данного положения в бесконечность [Там же. С. 9]. Даётся понятие о потенциале действия системы на себя,

$$П = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n \frac{m_i m_k}{r_{ik}},$$

где m_i и m_k – полюсы системы, рассмотрены общие свойства функции и применение её к некоторым частным случаям: к сфере, однородному шаровому слою, сферической поверхности, к двум концентрическим шаровым поверхностям. Подробно рассматривается теорема Грина и следствия из неё в применении к функциям одной и двух переменных.

Так как в то время (1887) учение об электронах только зарождалось [48], то у Шиллера говорится лишь о точках приложения электрических сил. Эта динамическая концепция, берущая своё начало от Бошковича [49] и его последователей, продержалась, как видим, до конца XIX в. При отсутствии равновесия разноимённые носители электричества перемещаются внутри проводника перпендикулярно к эквипотенциальным поверхностям, создавая электрический ток. Введены понятия о плотности, силе и напряжении тока, причём сила и напряжение тока, считались в то время (1884) Шиллером тождественными [20*. С. 182]. Утверждение, что электрический ток создаётся двумя одновременно движущимися в противоположных направлениях потоками положительного и отрицательного электричества, нужно считать пройденным этапом для того времени. Впервые эта мысль была высказана в 1845 г. Г. Фехнером [50] и позже развита В. Вебером [51] и другими авторами. Однако подобная картина плохо укладывалась в рамки предложенной теории, встречала сильные возражения [52] и к началу 80-х годов была оставлена. Клаузиус писал: «Пока нас не вынуждают факты неизбежно принять такое двойственное течение, нельзя отказаться от более простого представления, что ток производится течением одной только жидкости, и им же следует пытаться объяснять действия гальванического тока» [53. С. 228]. Эта точка зрения получила дальнейшее развитие в науке для токов в металлах. Основы её считаются верными и в наше время [54].

В заключение остановимся на некоторых соображениях Шиллера, представляющих общепедагогический интерес. Шла ли речь о специальном исследовании или о популярной статье, он всегда старался придать своим выводам строго логическую форму, избегая лишних рассуждений и «рогатых» формул. В каждой работе он обходился тем минимумом, без выполнения которого

возникает неопределённость в истолковании введённых терминов и понятий.

В элементарных статьях Шиллер избегал становиться на путь подделки под язык упрощённый, под язык человека не созревшего. «Элементарное изложение оснований какого-нибудь учения никаким образом не должно быть связано с уступками по отношению к строгости и логичной последовательности», – писал он в одной из работ [41*. С. 27]. Там же он выставил очень важное требование, которое можно рекомендовать и в наше время, особенно составителям популярных книг и брошюр. «Безукоризненное элементарное изложение, – писал он, – может удаваться только таким авторам, которые вполне ориентированы во всех частях излагаемой ими науки и знакомы со всевозможными путями, коими можно прийти к тому или другому роду понятий». И далее: «Элементарное изложение предмета становится искажением этого последнего у таких авторов, которые не обсуждали вопрос самостоятельно и черпали сведения от таких же малосведущих комментаторов, изложению которых они затем подражают, воспроизводя не научные истины, а какие-то их карикатурные подобию» [Там же].

Мы разделяем эти мысли Шиллера. Встречающийся иногда взгляд, что при составлении популярной статьи или книги можно обойтись меньшим запасом знаний и меньшей их глубиной, что здесь требуется только достаточная разносторонность знаний, – взгляд неверный. Такие мастера популярного изложения, как К.А. Тимирязев («Жизнь растений») [55], А.Г. Столетов («Очерк развития наших сведений о газах») [56], Н.А. Умов («Эволюция атома») [57], С.И. Вавилов («Глаз и солнце») [58], произведения которых читаются с одинаковым интересом как лицом с элементарной подготовкой, так и научным работником-специалистом, подтверждают эту мысль. Ошибка простительна в научной книге, когда последняя имеет ограниченный круг читателей, скоро будет замечена и не принесёт, следовательно, большого вреда. И та же ошибка непростительна в популярной статье, имеющей широкое распространение, и где печатный материал не может быть проверен читателем. Сам Шиллер не принадлежал к числу популяризаторов и не стремился им стать. Имеющиеся у него элементарные статьи отличаются от других работ тем, что при их написании автор избегал применять математический анализ. Но язык их почти так же скуп и труден для понимания, как язык статей, предназначенных для специалистов.

Ученик Шиллера и его биограф И.И. Косоногов, передавая свои впечатления о лекциях Н.Н., писал, что изложение их было нервное, порывистое, обильное отступлениями. Однако лектор

никогда не отделялся от трудных вопросов общими фразами, не обходил их, потому и лекции его требовали от слушателей напряжённой работы мысли. На первых порах подобные лекции утомляли, но зато, привыкнув к языку и манере профессора, студенты с захватывающим интересом слушали его [59]. Строгий к себе, Шиллер был требователен и к студентам и как экзаменатор [1, 60], и как руководитель [59].

ЛИТЕРАТУРА

1. Шиллер Н.Н. Письмо к А.Г. Столетову от 24.03.1880 г. // Архив МГУ.
2. Thomson W. On transient electric currents // Phil. Mag. 1853. Vol. 5. P. 393–405.
3. Helmholtz H. Ueber die Erhaltung der Kraft. B.: Reimer, 1847.
4. Kirchhoff G.R. Ueber die Bewegung der Elektrizität in Drähten // Ann. Phys. 1857. Bd. 100. S. 193–217.
5. Kirchhoff G.R. Ueber die Bewegung der Elektrizität in Leitern // Ibid. 1857. Bd. 102. S. 529–544.
6. Шиллер Н.Н. Электромагнитные свойства концов разомкнутых токов и диэлектриков. Киев, 1876. 51 с.
7. Helmholtz H. Ueber Bewegungsgleichungen der Elektrizität // J. Math. 1870. Bd. 72. S. 57–129.
8. Helmholtz H. Ueber die Theorie der Elektrodynamik // Ibid. 1873. Bd. 75. S. 35–66.
9. Helmholtz H. Vergleich des Ampère'schen und Neumann'schen Gesetzes für die elektrodynamischen Kräfte // Monatsber. Akad. 1873. S. 91–104.
10. Helmholtz H. Ueber galvanische Polarisation in gasfreien Flüssigkeiten // Ann. Phys. Chem. 1873. Bd. 150. S. 483–495.
11. Шиллер Н.Н. Письмо к А.Г. Столетову от 24.III.1888 г. Арх. Физ. ин-та. МГУ.
12. Korteweg D.J. Note à propos du phénomène [nouveau d'électricité statique] observé par M. Duter // C.r. Acad. sci. 1879. Vol. 88. P. 338–340.
13. Korteweg D.J. Ueber die Veränderung der Form und des Volumens dielektrischer Körper unter Einwirkung elektrischer Kräfte // Ann. Phys. Chem. 1880. Bd. 9. S. 48–61.
14. Korteweg D.J., Julius V.A. Ueber das Grössenverhältniss der elektrischen Ausdehnung des Glas und Kaustschuk // Ibid. 1881. Bd. 12. S. 647–654.
15. Helmholtz H. Ueber die aus das Innere magnetisch oder dielektrisch polarisirter Körper wirkenden Kräfte // Ibid. 1881. Bd. 13. S. 385–406.
16. Kirchhoff G.R. Ueber die Formänderung, die ein fester elastischer Körper erfährt, wenn er magnetisch oder dielektrisch polarisirt wird // Ann. Phys. 1885. Bd. 24. S. 52–74.
17. Капустин Ф.Я. Влияние электрических и магнитных сил и т.д. на объём и давление газов. СПб., 1895. 93 с.
18. Капустин Ф.Я. Влияние весомости газов на некоторые их свойства // ЖРФХО. Часть физ. 1895. Т. 27. С. 103–127.

19. Капустин Ф.Я. Действие электрических и магнитных сил на давление и объём газов // Там же. С. 129–162.
20. Голицын Б. Исследования по математической физике. Ч. I. Общие свойства диэлектриков с точки зрения механической теории теплоты. Ч. II. О лучистой энергии. М., 1893. 174 с. (Учен. зап. Моск. ун-та. Т. 10).
21. Соколов А.П., Столетов А.Г. По поводу исследований кн. Б. Голицына (М., 1894) // Столетов А.Г. Сочинения. М.; Л.: Гостехиздат, 1939. Т. 1. С. 398–462.
22. Некрасов П.А. Термодинамика и электричество. По поводу исследований кн. Б. Голицына по математической физике. М., 1894. 48 с. (Учен. зап. Моск. ун-та. Отд. физ.-мат. Т. 11).
23. Голицын Б.Б. Об электростатической энергии // Мат. сб. 1895. Т. 17, вып. 3. С. 598–606.
24. Голицын Б.Б. О свободной энергии // Изв. АН. 1894. Т. 1, № 4. С. 387–394.
25. Фриш С.Э., Тиморева А.В. Курс общей физики. Т. 2. М.: Гостехтеоретиздат, 1949. 591 с.
26. Сканин Г.И. Физика диэлектриков. М., 1949. 500 с.
27. Косоногов И.И. К вопросу о диэлектриках. Киев: Ун-т Св. Владимира, 1901. IV. 316 с.
28. Thomson W. On the reflection and refraction of light // Philos. Mag. Ser. 5. 1888. 26. Nov. P. 414–425; 500–501.
29. Clausius R.J.E. Ueber die Anwendung des Satzes von der Aequivalenz der Verlandlungen auf die innere Arbeit // Pogg. Ann. 1862. Bd. 116. S. 73–112.
30. Арцыбашев С.А. Курс физики. Ч. 1. М., 1945.
31. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм. М.: Госполитиздат, 1946. 336 с.
32. Маркс К. Избранные произведения. Т. 1. М.: Госполитиздат, 1941. XX. 440 с.
33. Энгельс Ф. Анти-Дюринг. М.: Госполитиздат, 1946. 376 с.
34. Ломоносов М.В. Размышления о причине теплоты и холода / Полн. собр. соч. М.; Л., 1951. Т. 2. С. 7–55.
35. Ломоносов М.В. Рассуждение о твёрдости и жидкости тел // Там же. М.; Л., 1952. Т. 3. С. 377–419.
36. Lavoisier A. Traité élémentaire de chimie présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes. P., 1789. XLIV. 322 p.
37. Столетов А.Г. Актино-электрические исследования // Сочинения. М.; Л.: Гостехиздат, 1939. Т. 1. С. 217–266.
38. Righi A. Sur les phénomènes électriques produits par les rayons ultra-violet // C. r. Acad. sci. 1888. Vol. 106. P. 1349.
39. Умов Н.А. Уравнения движения энергии в телах. Одесса, 1874. 56 с.
40. Mayer J.R. Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur // Ann. Chem. und Pharm. 1842. Bd. 42. S. 233–240.
41. Joule J.P. On the production of heat by voltaic electricity // Proc. Roy. Soc. London. 1840. Vol. 4. P. 280–282.
42. Joule J.P. On specific heat // Philos. Mag. Ser. 3. 1844. Vol. 25. P. 334–337.

43. *Смирнов Н.А.* Прибор для определения механического эквивалента тепла // ЖРФХО. Часть физ. 1907. Т. 29, № 5А. С. 129–132; 150.
44. *Clausius R.J.E.* Ueber die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen // Pogg. Ann. 1850. Bd. 81. S. 368–397, 500–524.
45. *Энгельс Ф.* Диалектика природы. М.: Госполитиздат, 1948. XVI. 331 с.
46. *Шредингер Э.* Что такое жизнь с точки зрения физика? М.: Изд-во иностр. лит., 1947. 146 с.
47. *Шиллер Н.Н.* Письмо к А.Г. Столетову от 4.VIII.1887 г. // Арх. Физ. ин-та. МГУ.
48. *Лоренц Г.А.* Теория электронов и её применение к явлениям света и тепловых измерений. М.: Гостехтеоретиздат, 1953. 472 с.
49. *Boscovich R.G.* Philosophiae naturalis theoria, redacta ad unicam legem virium in natura existentium. Vienna (Wena): Libr. Kaliwodiana, 1759. 322 p.
50. *Fechner G.* Ueber die Verknüpfung der Faraday'schen Induktions-Erscheinungen mit den Ampere'schen elektrodynamischen Erscheinungen // Pogg. Ann. 1845. Bd. 64. S. 337–344.
51. *Weber W.* Elektrodynamischen Maasbestimmungen // Ibid. 1848. Bd. 71. S. 193–240.
52. *Neumann C.* Elektrodynamische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf das Prinzip der Energie // Ber. Math. Phys. 1871. Bd. 23. S. 386–449.
53. *Clausius R.E.J.* Die mechanische Behandlung der Elektrizität // Die mechanische Wärmetheorie: 3 Bd. Bd. 2. Braunschweig: Vieweg, 1879. XII. 352 S.
54. *Пайерлс Р.* Электронная теория металлов. М.: Изд-во иностр. лит., 1947. 96 с.
55. *Тимирязев К.А.* Жизнь растений. М.: ОГИЗ: Сельхозгиз, 1949. 641 с. (Избр. произведения: В 4 т.; Т. 3).
56. *Столетов А.Г.* Очерк развития наших сведений о газах // Сочинения. М.; Л.: Гостехиздат, 1941. Т. 2. С. 55–185.
57. *Умов Н.А.* Эволюция атома. М., 1916. 285 с. (Собр. соч.; Т. 3).
58. *Вавилов С.И.* Глаз и солнце. 4-е изд. М.: Изд-во АН СССР, 1941. 85 с.
59. *Косоногов И.И.* Николай Николаевич Шиллер: (Некролог) // ЖРФХО. Часть физ. 1911. Т. 43. С. 449–475.
60. *Шиллер Н.Н.* Письма к Столетову от 25.IV.1887 и от 29.V.1894 / Арх. Физ. Ин-та. МГУ.

Приложение

СПИСОК ПЕЧАТНЫХ ТРУДОВ Н.Н. ШИЛЛЕРА

1. Об индуктивных токах в разомкнутых проводниках // Труды 2-го Съезда российских естествоиспытателей и врачей в Москве в 1869 г. М., 1870. Ч. II.

2. Токи, индуктированные в незамкнутых цепях // Мат. сб. М., 1872.
3. Опытное исследование электрических колебаний // Там же. 1874. Т. 7, вып. 1–4.
4. Некоторые экспериментальные исследования над электрическими колебаниями // ЖРФХО. Часть физ. 1874. Т. 6, № 9Б. С. 189–190.
5. Experimente über elektrische Schwingungen // Pogg. Ann. 1874. Bd. 152. S. 535.
6. Отчет о командировке за границу // Изв. Моск. ун-та. 1874.
7. Versuche mit Strömenden und geschlossenen Magneten // Berichte. 1875.
8. Опыт над электродинамическим действием тока // ЖРФХО. Часть физ. 1875. Т. 7, № 6А. С. 179–180. (Совместно с Р.А. Колли).
9. Versuch über die elektrodynamische Wirkung des Polarisations-Ströms // Pogg. Ann. 1875. Bd. 155. S. 467. (Совместно с Р.А. Колли).
10. Электромагнитные свойства концов разомкнутых токов и диэлектриков // ЖРФХО. Часть физ. 1876. Т. 8, № 5А. С. 229–258; № 6А. С. 289–310; К.У.И. 1876. № 2. С. 1–25; № 3. С. 27–33.
11. Elektromagnetische Eigenschaften der ungeschlossenen elektrischen Ströme // Pogg. Ann. 1876. Bd. 159. S. 456, 537; Bd. 160: (Berichtigung). S. 333.
12. Дополнение к статье «Об электромагнитных свойствах концов разомкнутых токов» // ЖРФХО. Часть физ. 1877. Т. 9, № 3А. С. 184–185.
13. Взаимодействие тел, погруженных в движущуюся несжимаемую жидкость // К.У.И. 1877. № 7. С. 183–215.
14. Некоторые приложения механической теории тепла к изменениям состояния упругого тела // Там же. № 3. С. 1–25; ЖРФХО. Часть физ. 1879. Т. 11, № 6А. С. 55–77.
15. Элементарный вывод закона сохранения энергии // Там же. 1880. Т. 12. № 1/2А. С. 14–19; К.У.И. 1880. № 2. С. 73–78.
16. Несколько замечаний о «Некоторых дополнениях к новым исследованиям по кинетике капельной жидкости» Ф.А. Слудского (Зап. Акад. Т. 35) // К.У.И. 1880. № 4. С. 109–130.
17. Несколько замечаний о «Новых дополнениях к исследованиям по кинетике капельной жидкости» Ф.А. Слудского (Bull. Soc. Nat. Moscou. 1880. N 3) // К.У.И. 1881. № 3. С. 23–48.
18. О новой статье Ф.А. Слудского под заглавием: «Новые дополнения к новым исследованиям по кинетике капельной жидкости. Статья вторая» (Bull. Soc. Nat. Moscou. 1883. № 4) // К.У.И. 1883.
19. Основания физики. Ч. 1. Кинематика, основы динамики, статика и кинетика твердых тел. Киев, 1884. 360 с.
20. Лекции по теории потенциальной функции // К.У.И. 1884. № 1. С. 41–54; № 2. С. 106–132; № 4. С. 155–171; № 5. С. 191–220; № 6. С. 221–248; № 9. С. 289–342; № 10. С. 343–498; № 11. С. 499–582. Отд. изд. Киев, 1885. 8⁰, 252 с.
21. К вопросу об ударе абсолютно твердых тел // ЖРФХО. Часть физ. 1885. Т. 17, № 1А. С. 5–12; № 7А. 200–214; К.У.И. 1885. № 1. С. 1–10; № 10. С. 35–51.

22. Элементы учения об электричестве // К.У.И. 1886. № 4. С. 1–16; № 5. С. 185–224; № 6. С. 223–256; № 8. С. 257–278; Журн. элементар. математики В.П. Ермакова. 1886.
23. По поводу «Опровержения принципа Гюйгенса господином Краевичем» // ЖРФХО. Часть физ. 1887. Т. 19, № 5А. С. 184–185.
24. Абсолютная шкала температур и два начала механической теории тепла // Вестн. опыт. физики. 1888.
25. Ueber eine mögliche, aus den Joule–Thomson'schen Abkühlungsversuchen herzuleitende Form der Zustandsgleichung für Gase // Wied. Ann. 1890. Bd. 40. S. 149–156.
26. Возможные формы уравнений состояния газа, вытекающие из опытов Томсона и Джоуля над охлаждением при истечении газов // ЖРФХО. Часть физ. 1890. Т. 22, № 3А. С. 89, 110–115.
27. Возможная форма уравнения состояния газов по опытам Томсона и Джоуля над охлаждением газов при истечении // К.У.И. 1890. № 3. С. 1–8.
28. Заметка о центробежной силе // Вестн. опыт. физики. 1890. № 88. С. 61–74.
29. Роль Атвудовой машины при мнимом экспериментальном доказательстве закона Ньютона // Там же. № 100. С. 61–64.
30. Заметка о равновесии твердого тела при действии трения на плоскую часть его поверхности // К.У.И. 1892. № 5. С. 1–6.
31. Отзыв о сочинении магистра физики Д.А. Гольдгаммера под заглавием «Электромагнитная теория света, ч. I и II с дополнениями», представленном для получения степени доктора физики // К.У.И. 1893. № 6. С. 1–13.
32. Представление изображений независимо от хода лучей в преломляющей среде оптических стекол // Там же. С. 41–44.
33. Несколько замечаний по поводу «Исследований по математической физике» кн. Б. Голицына // К.У.И. 1894. № 6. С. 1–47.
34. О некоторых новых взглядах на методы решения вопросов физики // Там же. № 7. С. 1–33.
35. Ueber die durch einen äusseren Druck verursachte isothermische Aenderung der Spannkraft des gesättigten Dampfes // Wied. Ann. 1894. Bd. 53. S. 396–400.
36. Ueber die von der Variation elektrostatischer Energie abgeleiteten elektrischen ponderomotorischen Kräfte // Ibid. S. 432–446.
37. О вариации выражения электростатической энергии и силах электрострикции // ЖРФХО. Часть физ. 1894. Т. 26, № 4А. С. 203–217; К.У.И. 1895. № 11. С. 1–18.
38. К вопросу о термодинамическом потенциале // Тр. Отд. физ. наук имп. о-ва любителей естествознания, антропологии и этнографии. 1894. Т. 7, № 1. С. 22–31.
39. Об электрической энергии при зависимости диэлектрического коэффициента от силы поля // Мат. сб. 1894. Т. 18.
40. Элементарная теория относительного движения // К.У.И. 1895. № 8. С. 17–32.

41. Последние успехи в области нео-электричества // Там же. № 9. С. 1–38.
42. О влиянии внешнего давления, приложенного к поверхности раздела жидкости и ее пара, на упругость этого последнего // Тр. Отд. физ. наук имп. о-ва любителей естествознания. 1895. Т. 7. С. 31.
43. Общие условия равновесия насыщенного пара и его жидкости под действием приложенных сил // Там же. Т. VII. С. 7. Отд. оттиск. М., 1895.
44. Соотношения между обратимыми круговыми процессами и общими условиями равновесия приложенных сил // ЖРФХО. Часть физ. 1895. Т. 27, № 7А. С. 197–212; К.У.И. 1896. № 2. С. 1–15.
45. О влиянии упругости газа, примешанного к насыщенному пару данной жидкости, на критическую температуру последней // Тр. Киев. о-ва естествоиспытателей. 1896.
46. Некоторые следствия гипотезы сэра Вильяма Томсона (лорда Кельвина) о сжимаемом светоносном эфире // К.У.И. 1896. № 12. С. 1–13; Мат. сб. 1896. Т. 19.
47. Характеристика личности и научных трудов покойного проф. А.Г. Столетова // К.У.И. 1896. № 12. С. 1–10.
48. Некоторые опыты с испарением жидкости под высоким газовым давлением // ЖРФХО. Часть физ. 1897. Т. 29, № 1А. С. 7–13; К.У.И. 1897. № 5. С. 1–7.
49. Einige Versuche über Verdampfung von Flüssigkeiten durch einen hohen Gasdruck // Wied. Ann. 1897. Bd. 60. S. 755–759.
50. Значение понятий о «силе» и «массе» в теории познания и в механике // К.У.И. 1898. № 2. С. 1–91.
51. О втором законе термодинамики и об одной новой его формулировке // ЖРФХО. Часть физ. 1898. Т. 30, № 2А. С. 31–41.
52. О новой формулировке второго начала механической теории тепла // К.У.И. 1898. Отд. оттиск.
53. О действии внешнего давления на поверхность раздела жидкости и ее пара // ЖРФХО. Часть физ. 1898. Т. 30, № 4А. С. 79–91; К.У.И. 1898. № 4. С. 1–13.
54. Замечание о приеме Кирхгофа для вычисления теплоты разжижения // Дневник X Съезда российских естествоиспытателей и врачей. 1898. С. 147.
55. Один парадокс из теории упругости // Там же. С. 319–321.
56. Вывод теоремы Максвелла относительно работы пондеромоторных электрических сил при постоянстве потенциальной функции на проводниках // Там же. С. 322.
57. К выводу измерения упругости насыщенного пара внешним поверхностным давлением // Там же. С. 85.
58. Теплота разжижения растворов // Там же. С. 313.
59. Теплота растворения газов в жидкости // Там же. С. 317–318.
60. Замечания относительно второго закона термодинамики // Там же. С. 321.
61. Об одном законе относительно упругости пара над растворами и плотностей растворителя // Там же. С. 325.

62. Роль осмотического давления в термодинамике растворов (Реферат на X Съезде русских естествоиспытателей) // ЖРФХО. Часть физ. 1898. Т. 30, № 8А. С. 159–174; К.У.И. 1898. № 11. С. 1–17.
63. Заметка по поводу одного термодинамического вывода В.А. Кистяковского // ЖРФХО. Часть физ. 1898. Т. 30, № 8А. С. 175–181; К.У.И. 1898. № 12. С. 15–21.
64. Die Bedeutung des osmotischen Drucks in der Thermodynamik der Lösungen // Wied. Ann. 1899. Bd. 67. S. 291–306.
65. Происхождение и развитие понятий о «температуре» и «тепле»: Критико-гносеологический очерк // К.У.И. 1899. № 7. С. 1–53.
66. Об изменении внутренней энергии при разжижении растворов // ЖРФХО. Часть физ. 1899. Т. 31, № 6А. С. 93–101; К.У.И. 1899. № 8. С. 1–10.
67. Опытные данные и определения, лежащие в основании второго закона термодинамики // ЖРФХО. Часть физ. 1900. Т. 32, № 1А. С. 37–49; К.У.И. 1900. № 3. С. 1–14.
68. Einige thermodynamisch abzuleitende Beziehungen zwischen den Grössen, die den physikalischen Zustand einer Lösung charakterisieren // Arch. néerl. 1900. Bd. (2)5. S. 118–147.
69. Заметка по методологии учения о двойном лучепреломлении // Физ. обозрение. 1900. Т. 1. С. 145; К.У.И. 1901. № 1. С. 1–8.
70. Заметка о законе Доплера // Физ. обозрение. 1901. Т. 2. С. 183–187.
71. Der Begriff des thermischen Verkehrs als Grundlage des zweiten thermodynamischen Hauptsatzes // Annalen. 1901. Bd. 5. S. 313–325.
72. Zur Thermodynamik gesättigter Lösungen // Ibid. S. 326–348.
73. Zur Thermodynamik ungesättigter Lösungen // Arch. néerl. 1901. Bd. (2)6. S. 497–549.
74. Das Gesetz der Partialdichteänderung eines Lösungsmittels mit der Konzentrations der Lösung // Annalen. 1902. Bd. 8. S. 588–599.
75. Педагогическая заметка по поводу «формулы центростремительной силы» // Вестн. опыт. физики. 1902. № 1. С. 7–16; К.У.И. 1902.
76. К термодинамике ненасыщенных растворов // ЖРФХО. Часть физ. 1902. Т. 34, № 4Б. С. 13–15; Дневник XI Съезда русских естествоиспытателей и врачей. 1902. С. 63–64.
77. Основные законы термодинамики // ЖРФХО. Часть физ. 1902. Т. 34, № 8А. С. 377–426; № 4Б. С. 27; Дневник XI Съезда русских естествоиспытателей и врачей. 1902. С. 241–242; К.У.И. 1903.
78. По поводу изменения законов Ньютона, предложенного В.П. Ермаковым // К.У.И. 1903. С. 83–92. Отд. оттиск.
79. О возможном построении механики масс, не опирающемся на вспомогательное определение понятия о силе // Физ. обозрение. 1903. Т. 4. С. 1–9; К.У.И. 1903. С. 86–96.
80. Einige Bedenken betreffend die Theorie der Entropievermehrung durch Diffusion der Gase bei einander gleichen Anfangsspannungen der letzteren // Boltzmann-Festschrift. 1904. S. 350–366.
81. Разрывность производной от давления как существенное условие правила фаз // К.У.И. 1905. № 10. С. 45–48.

82. Die Bedeutung der Unstetigkeit der ersten Derivirten des Druckes nach der Temperatur bei der Feststellung der Phasenregel // Zschr. phys. Chem. 1906. Bd. 54. S. 451–454.
83. Einige Bemerkungen über gegenseitige Verhalten des aufgelösten Stoffes und des entsprechenden Lösungsmittels // Ibid. S. 455–462.
84. Eine Bemerkung über die Beziehung zwieschen der absoluten Temperatur und der kinetischen Energie eines thermodynamischen Systems // Annalen. 1907. Bd. 22. S. 573–578.
85. Разыскание моноцикла, соответствующего данной термодинамической системе // ЖРФХО. Часть физ. 1908. Т. 40, № 3А. С. 85–108.
86. Замечания об аналитическом представлении II начала термодинамики // Там же. 1910. Т. 42, № 3А. С. 117–128.