А. Г. СТОЛЕТОВ

СОБРАНИЕ СОЧИНЕНИЙ

ТОМ
II

М. П. АВЕНАРИУС *

(ум. 4 сентября 1895 г.)

Михаил Петрович Авенариус родился 7 сентября 1835 г. в Царском Селе. Он принадлежал к широко разветвленному роду немецкого происхождения. Родоначальником своим русские Авенариусы считают Иоганна Хабермана (Habermann, родился в 1519 г. в Эгере), который, по обычаю того времени, латинизировал свое фамильное имя (Avenarius, т. е. Овсяный). Он стал в ряды Лютера, был впоследствии профессором богословия в Виттенберге и Иене и умер суперинтендантом. Потомки его, в течение трех с лишком веков, шли по той же дороге, проповедуя то с профессорской, то с церковной кафедры. В XVII в. правнук Иоганна был вызван на кафедру богословия в учрежденный Густавом-Адольфом Абоский университет. Далее, гнездом Авенариусов на долгое время становится приход Вуолес, в 60 верстах от Петербурга, на финляндской границе. Здесь родился и был пастором дед Михаила Петровича, Александр Егорович; впоследствии он получил приход Славянку (близ Павловска), где и умер с титулом старшего благочинного (Probst-Senior) Ингрии. Третий сын его, Петр Александро-

* Источниками при составлении очерка были: послужной список покойного; брошюра „Наша семейная летопись" (Варш. 1872), любезно переданная В. П. Авенариусом; „Биогр. Словарь профессоров И. Унив. Св. Владимира (К. 1884); „Крит.-биогр. Словарь Венгерова", т. I; „Отчеты" М. П. Авенариуса о заграничной командировке (*Журн. Мин. Н. Пр.*, 1862—64); некролог в *Вестн. Оп. Физики* Э. К. Шпачинского; а также письма покойного к автору очерка и письменные сообщения: В. П. Авенариуса, И. И. Рахманинова, Н. Н. Шиллера, В. И. Заиончевского, И. И. Косоногова. Помещаемый в конце список печатных трудов тщательно проверен и дополнен.

вич, окончив курс в Дерпте, с 1834 г. был пастором в Царском Селе и законоучителем Александровского лицея, Алекс. Кад. Корпуса и местной церковной школы; по выслуге пенсии, переехал в родной Вуолес, где и скончался (1854 г.). П. А. занимался учено-литературными трудами и был членом Географ. Общества. От брака с дочерью пастора Генриеттой (Андреевной) Гаммельман у П. А. родилось 15 человек детей (Михаил Петрович был девятым). Кроме М. П., еще трое из сыновей Петра Александровича выступали на литературном поприще*.

Первоначальное образование М. П. получил в царскосельской церковной (лютеранской) школе, а затем в С.-Петербургской 5-й гимназии. С детства отличался мягким, добрым и прямым характером и был общим любимцем в семье. Рано стал обнаруживать склонность к реальным наукам. Лошади (а впоследствии еще шахматы) были всегда его слабостью; „все его ученические тетради и руководства испещрены изображениями рысаков".

По окончании гимназического курса, М. П. поступил в С.-Петербургский университет, и в 1858 г. получил степень кандидата математических наук. В том же году был определен сверхштатным учителем математики во 2-ю петербургскую гимназию.

В начале 60-х годов большое число молодых людей было командировано Министерством Народного Просвещения за границу, для подготовки к профессорской деятельности. Общее наблюдение за командированными поручалось знаменитому хирургу-педагогу Н. И. Пирогову. Этой мере мы бесспорно обязаны в значительной степени тем подъемом преподавания и научной деятельности, который не замедлил обнаружиться в наших университетах.

В числе „пироговцев" был и Авенариус, с мая 1862 г. по октябрь 1864 г. Большую часть этого времени он провел в Берлине, слушая лекции: профессоров — Магнуса (опытная физика, технология), Дове (опытная физика, метеорология), Эрмана (земной магнитизм), Поггендорфа (история физики, физическая география), Куммера (аналитическая

* Из братьев М. П. остаются в живых: Николай Петрович педагог (инспектор Белостокского Института) и Василий Петрович — беллетрист и детский писатель (служит по учреждениям императрицы Марии).

механика) и приват-доцентов — Квинке (свет, электричество) и Паальцова (теплота). У Магнуса он посещал также colloquia physica, — еженедельные вечерние беседы, посвященные разбору новейших физических работ; а кроме того, с весны 1863 г. занялся в лаборатории Магнуса экспериментальным исследованием о термоэлектричестве, которое дало ему тему для обеих диссертаций — магистерской и докторской.

О своих занятиях за границей Авенариус, как и другие „пироговцы", посылал в Департамент Народного Просвещения срочные отчеты, которые печатались в „Журнале Мин. Нар. Просв.". Здесь он говорит о своих впечатлениях, характеризует профессоров, излагает генезис своей работы.

Пересматривая теперь эти отчеты, возобновляешь в памяти черты той эпохи (знакомые и пишущему эти строки из личного опыта). Не очень древняя история, — а какая разница с настоящим. Частная лаборатория Магнуса, состоявшая из семи комнат в его доме (на улице Kupfergraben), была некоторое время единственным учреждением на всю Германию (да и на всю Европу), где правильно учились работать по физике под руководством профессора. Авенариус хвалит удобства лаборатории и любезность профессора, всегда готового помочь прибором, книгой, советом; но большинство снарядов, даже весьма обыкновенных, приходилось приобретать на свой счет. „Так в моих опытах", пишет М. П., „я употреблял свой мультипликатор и зрительную трубу, должен был приобрести точные термометры (у Гейслера), медные сосуды, подставки к ним, газовые лампы, проволоки различных металлов и т. п.". Впоследствии пришлось запастись еще электрометром и конденсатором. При профессоре состояли один помощник и один служитель. Работавших было 6 человек.

Десяток лет спустя после того как были писаны эти отчеты, Берлинский университет обзавелся для физики громадным дворцом, бюджет которого доходит до 30 000 марок (да и того нехватает). Быстро стали возникать один за другим обширные и прекрасные физические институты и в других городах, и в настоящее время даже второстепенные университеты в Германии снабжены лабораториями, которые оставляют далеко за собой скромный уголок Магнуса. Только в наших русских университетах условия работы до сих пор

еще напоминают этот доисторический период немецкой физики, а местами стоят, пожалуй, и ниже...

Окончив свою работу по термоэлектричеству, М. П. весной 1864 г. едет на один месяц в Париж, а затем поселяется на летний семестр в Гейдельберге, где только что открылась новая лаборатория Кирхгофа, занявшая почти половину вновь построенного здания (так называемого Friedrichsbau). Лаборатория, по тому времени, казалась роскошной; но, чтобы характеризовать тогдашние условия, достаточно сказать, что лаборатория обходилась без единого ассистента: и устройством лекционных опытов, и практикой со студентами занимался все время профессор, при содействии одного служителя.

Тем не менее, и лекции Кирхгофа были обставлены прекрасно, и практические занятия по всем отделам физики организованы как нигде. Мало подготовленный по теоретической физике, Авенариус был вначале приверженцем чисто эмпирической школы, представителем которой оставался его берлинский учитель Магнус. Перейдя к Кирхгофу, он научился ценить этого превосходного ученого и учителя. Для М. П., равно как и для пишущего эти строки (в ту пору бывшего также гейдельбергским студентом), лекции и указания Кирхгофа были истинным откровением. Физическая наука в ее идеальном виде, как сочетание теоретической мысли с экспериментальным искусством, предстала нам здесь впервые в лице творца спектрального анализа. Кирхгоф, Бунзен, Гельмгольц (в то время профессор физиологии) стояли в апогее своей славы, и приближавшаяся к своему 500-летнему юбилею Ruperto-Carolina переживала блестящую эпоху.

Авенариус с жаром принялся за лекции и practicum Кирхгофа; описанию их он посвящает свой последний отчет. „До сих пор“, пишет он, „не случалось встретить экспериментального курса, удовлетворявшего настолько условиям педагогическим и научным, как курс Кирхгофа“. У Магнуса „каждый отдел представляет что-то самостоятельное, замкнутое“; у Кирхгофа чрез все части проходит связующая нить механики. У Магнуса — целый ряд блестящих опытов для обнаружения одного и того же факта; у Кирхгофа — один опыт, „всегда, конечно, удачный“, отсюда экономия времени и большая полнота курса.

Осенью 1864 г. Авенариус возвращается в Россию и в октябре представляет в С.-Петербургский университет

магистерскую диссертацию „О термоэлектричестве". 8 января 1865 года состоялся диспут, и М. П. был признан магистром физики.

Еще раньше того он получил приглашение в Киев, где осенью 1865 г. истекал срок службы проф. М. И. Талызина и кафедра физики становилась вакантною. 16 марта 1865 г. Авенариус утвержден доцентом университета св. Владимира, в котором и протекла вся его дальнейшая деятельность. „Его привлекательная наружность, интересная, прекрасно прочитанная вступительная лекция по новому еще тогда вопросу о спектральном анализе и применении его к изучению солнца сразу завоевали ему расположение студентов, не изменявшееся и не ослабевавшее до последних дней его профессорской деятельности", — пишет один из старейших слушателей Авенариуса, В. И. Заиончевский. Осенью (26 ноября) Авенариусу поручена кафедра физики и заведывание метеорологической обсерваторией. 10 мая 1866 г. он защитил (опять в Петербурге) докторскую диссертацию „Об электрических разностях металлов при различных температурах", после чего был промовирован в экстраординарные профессора (21 сентября 1866 г.), а в следующем году (11 ноября 1867 г.) — в ординарные.

В 1866 г. М. П. женился на Варваре Николаевне Терпигоревой (сестре известного писателя, недавно скончавшегося) и со временем стал отцом довольно большой семьи (сын и пять дочерей). Некоторое время он жил на казенной квартире при университете, как директор метеорологической обсерватории, а после обзавелся собственным домом (на Мариинско-Благовещенской улице), который был заботливо им устроен в смысле удобств и санитарных условий. Из Киева несколько раз ездил по России и за границу; из числа съездов русских естествоиспытателей (не считая киевского, 1871 г., где был председателем распорядительного комитета), посетил второй (в Москве, 1869 г.) и пятый (в Варшаве, 1876 г.) *. Последние годы болезнь заставляла отказаться от далеких поездок, и лето проводилось обыкновенно в деревне.

Долгое время на Авенариусе безраздельно лежало и чтение всей физики (как опытной, так и теоретической),

* На шестом съезде (в Петербурге, 1879 г.) участвовал заочно, присылкой реферата.

и чтение метеорологии, и заведывание метеорологической обсерваторией; позже к этому присоединилось руководство практическими занятиями (которые он впервые здесь организовал). Помимо того, изредка читал он и публичные лекции, всегда ясные и интересные, всегда привлекавшие многочисленную аудиторию. Только с 1876 г. обязанности М. П. несколько облегчились: на кафедру теоретической физики поступил Н. Н. Шиллер, а метеорологию преподавал некоторое время, в качестве приват-доцента, ученик Авенариуса, А. В. Клоссовский (который впрочем вскоре перешел в Петербург, а потом в Одессу).

Практические занятия для учащихся удалось устроить не ранее 1875 г., когда произошло некоторое расширение физического кабинета, дотоле помещавшегося в двух не особенно больших комнатах. Эти занятия еще более сблизили студентов с профессором руководителем. С этого же времени начинается и выдающаяся научная деятельность киевской физической лаборатории: под руководством Авенариуса она дала ценные материалы по вопросам, занявшим его лично еще с 1873 г., — по вопросам о критическом состоянии, о расширении жидкостей и проч. В числе учеников и сотрудников профессора следует назвать: В. И. Заиончевского, О. Э. Страуса, А. И. Надеждина, К. Н. Жука, И. И. Косоногова. Работы лаборатории печатались преимущественно в „Киевск. Унив. Известиях“ и в „Журнале Русского Физ.-Хим. Общества“; о некоторых сам М. П. составлял рефераты для немецких журналов. Кульминационным пунктом деятельности лаборатории было первое в науке прямое определение критической температуры воды, сделанное Надеждиным (7 марта 1885 г.)*.

Обстановка для экспериментальных работ была крайне скромная. Всего для лаборатории имелась площадь в 56 кв. саж. Для работ профессора, вместе с ассистентом и оставленными при университете кандидатами, уделялось меньше 20 кв. саж. „Если принять в соображение“ (писал мне покойный в 1883 г., сообщая эти данные), „что комнаты имеют высоту 8 фут, что окна соответственно тому очень малы, — то приходим к убеждению, что помещение нашей лаборатории мизерно до невозможности“. Но энергический кружок,

* „Спешу вас уведомить о полученном (сегодня) результате Надеждина“... писал мне в этот день М. П.

одушевляемый своим руководителем, не отступал перед затруднениями. „Я помню то время“, пишет один из учеников Авенариуса, Э. К. Шпачинский, „когда он по несколько часов подряд проводил ежедневно в одной из комнат своей лаборатории среди зажженных газовых горелок и накаленных жестяных магнусовских ванн, в невыносимо высокой температуре, в сухой переполненной углекислотой атмосфере, все время на ногах, терпеливо следя за показаниями термометров, с карандашем в руке для записывания изменений объема и пр.“ Годы таких занятий не могли пройти без вреда для здоровья, и уже в начале 80-х годов силы М. П. стали ослабевать. А в 1886 г. скончался в 28-летнем возрасте талантливый ученик его Надеждин...

Среди этих напряженных занятий Авенариус продолжает руководить метеорологическими наблюдениями университетской обсерватории. Специально метеорологией он не занимался, но по соприкосновенным с нею вопросам напечатал несколько небольших статей; под его руководством были сделаны также определения элементов земного магнитизма для Киева. Но главною заслугой М. П. в этой области была подготовка нашего известного метеоролога А. В. Клоссовского.

С 70-х годов более и более растет ученая известность Авенариуса: он становится членом Русского Физико-Химического Общества, Берлинского физического, Киевского Общества Естествоиспытателей (и членом-учредителем выделившегося потом Киевского Физико-Математического Общества), членом-корреспондентом Петербургской Академии Наук, почетным членом Московского Общества Любителей Естествознания.

С 1880 г., в памятную эпоху расцвета электротехники, М. П. увлекается электротехнической темой: он разрабатывает и пропагандирует придуманный им способ канализации переменного электрического тока для целей освещения (преимущественно — свечами Яблочкова). Проверив свою систему в небольшом масштабе дома, он испытывает и демонстрирует ее в Париже в лабораториях „Société générale d'électricité (procédé Iablochkoff)“, во время электрической выставки 1881 г. и получает, как экспонент, серебряную медаль*

* Золотая медаль (единственная на долю России), к сожалению, присуждена была системе гораздо менее оригинальной, но выставленной в более полном виде.

(сверх того, за участие на выставке и на конгрессе электриков, офицерский крест Почетного Легиона). В следующем (1882) году он старается пустить в ход свою систему на электротехнической выставке в Петербурге. На свое изобретение он взял привилегии в России и за границей.

Эти электротехнические увлечения стоили больших трудов Авенариусу, и некоторая холодность, с какою встречен был его прием в среде практиков, сильно огорчала его. Настоящего практического испытания в больших размерах система так и не получила. Одно время явилась надежда продать французскую привилегию за 200 000 фр., но сделка почему-то расстроилась.

Ожидания получить таким путем значительную сумму не были преувеличенными: в ту эпоху электротехнической горячки, изобретения гораздо менее практичные сбывались по дорогой цене (вспомним хотя бы, например, свечу Жамена). И не ьзя ставить в упрек покойному эти старания. Помимо естественного интереса к своей идее и к проведению ее в практику, он был бы рад хорошим средствам; но, конечно, не простая жажда стяжания волновала эту чистую душу. В мечтах М. П. уже рисовались планы будущих широких работ, для выполнения которых личный большой достаток был бы необходимым условием. Он давно следил за всеми попытками в области воздухоплавания и надеялся, получив средства через продажу привилегий, употребить их на опыты по вопросу об управлении аэростатом.

Около 1881 г., по свидетельству Э. К. Шпачинского, у Авенариуса зародилась мысль о существовании электрических волн и лучей. „На эту тему мы много беседовали с незабвенным М. П.“, пишет г. Шпачинский, „тогда же он и поручил мне приготовить один из предварительных опытов, при посредстве которого он ожидал получить электрический луч“. Попытка не дала определенного результата, и сущность опыта, к сожалению, нам неизвестна.

А между тем, к исходу 80-х годов, силы более и более изменяли Михаилу Петровичу, и приходилось ограничивать свои любимые занятия. Внешние условия для работ вскоре изменились к лучшему. „У нас теперь новая, огромных размеров, физическая лаборатория“, писал он мне весной 1890 г.: „есть где поработать и студентам и самому профессору“. Но уже не себя разумеет он здесь под „профессором“, а своего предполагаемого преемника. Давняя болезнь, более

и более обостряясь, постепенно подтачивала силы еще не старого летами, но преждевременно дряхлевшего человека. Осенью 1891 г., вскоре по выслуге зв ния заслуженного профессора (16 марта 1890 г.), М. П. прекратил чтение лекций.

Все больше и больше приходилось прибегать к домоседству в кругу семьи, к воздержанию от физического и умственного утомления. „Сам я для научных работ уже не гожусь (всякое несколько усиленное сосредоточение вызывает нервные боли), и живу я теперь только в своих детях", писал М. П. осенью 1892г. Эти боли он выносил с редким стоицизмом, и в обращении с домашними не давал чувствовать, как ему тяжело. Для облегчения приходилось употреблять большие дозы антифебрина, опиума и т. п. При последних наших свиданиях, во время моей поездки в Киев весной текущего года, я нашел М. П. совершенно седым, физически вполне развалившимся человеком, который без помощи даже не мог ходить по комнатам, но сохранил живость мысли и интерес к новостям науки. Позже — он едва уже мог читать, но до последних дней решал, для развлечения, шахматные задачи из журналов. Незадолго перед кончиной он перенес нетрудную и (как думали врачи) удавшуюся операцию; после нее чувствовал утомление и упадок сил, две ночи не спал. Скончался внезапно: весело разговаривал с женой, потом взял ее руку, приложил к своему давно слабевшему сердцу — и умер (4 сентября 1895 г.). Погребение происходило 7 сентября — в день рождения М. П. (трех дней не дожил он до 60-летнего возраста). Надгробные речи говорили профессор Н. Н. Шиллер и ассистент И. И. Косоногов.

Два раза в жизни пришлось мне быть в близких отношениях к покойному. Впервые познакомились мы во время нашей первой заграничной командировки, в Берлине, где я проводил зимний семестр 1863—1864 г. Мой новый приятель был стройный брюнет, с очень изящными и симпатичными чертами лица, прекрасно владевший немецким языком, любитель музыки (он сам недурно пел), страстный и искусный шахматист (с успехом подвизался в Париже в знаменитом Café de la Régence), охотник до лошадей. Таково было первое внешнее впечатление.

Весной 1864 г. мы оба переехали в Гейдельберг; здесь поселились на общей квартире, вблизи от Friedrichsbau, и так прожили несколько месяцев, до отъезда М. П. Вместе слу-

шали лекции и работали в институте Кирхгофа, вместе бродили по прелестным окрестностям города; жили душа в душу, — ни разу не было размолвки. На другой год, уже по защите магистерской диссертации и по получении места доцента в Киеве, Авенариус еще раз приезжал в Гейдельберг на лето и застал меня еще там.

Затем наши пути разошлись, видеться приходилось редко. Только в 1881 г., в эпоху Парижской электрической выставки и конгресса электриков, случилось еще раз несколько месяцев жить вместе, в одном небольшом отеле, еще раз совместно работать (в Palais de l'Industrie) и ежедневно делиться мыслями и впечатлениями.

Эти личные воспоминания представляют нам образ покойного товарища в самом симпатичном свете. Это был человек мягкого и в то же время прямого характера; он никогда не кривил душой, говорил и действовал всегда по убеждению, и на его слово можно было положиться. К науке и к профессорским обязанностям относился с благоговением, как к делу святому.

Свидетельства родных, сослуживцев и учеников дополняют это личное впечатление. Они единогласно рисуют покойного как отличного семьянина, горячо любимого в родном кругу; как стойкого и высоко честного члена коллегии; как друга и любимца учащейся молодежи. — В среде служебной, в кругу товарищей он внушал уважение даже людям другого лагеря, был чужд оппортунизма и ненавидел формалистику. Студенты ценили в нем и увлекательного лектора, и неутомимого работника-руководителя, и надежного заступника в правом деле. Всегда деликатный, снисходительный без поблажки, он умел щадить молодое самолюбие, умел воодушевить даровитого и ободрить слабого; подавал собою высокий нравственный пример, а при нужде не отказывал и в материальной помощи.

Сделаем беглый обзор главных работ Авенариуса. Они сводятся к трем группам: 1) термоэлектричество, 2) тепловые явления в жидкостях, 3) электрическая канализация.

1. М. П. дебютировал в науке исследованиями о термоэлектричестве, произведенными в 1863—1864 гг. в лаборатории Магнуса*. Результатом явилось несколько статей (I—V)**,

* Первая мысль о задуманной работе встречается в „Отчете" от 22 ноября 1862 г.

** Римские цифры относятся к помещенному ниже списку трудов.

в том числе обе диссертации. Рядом опытов над несколькими термоэлектрическими батареями (частью с гальванометром, частью с электрометром Делльмана-Кольрауша)* Авенариус показал, что электродвижущая сила такой цепи с достаточной точностью может быть изображена формулой:

$$E = (t_2 - t_1)\, b + c\,(t_1 + t_2), \qquad (\alpha)$$

где t_1, t_2 — температуры спаев, b и c — постоянные для данной пары металлов.

Эта формула, правильно изображающая ход явлений (в том числе и факт „инверсии"), была впоследствии вновь найдена Тэтом и проверена обширным рядом опытов; потому некоторые, особенно в Англии, называют ее формулой Тэта. Но первенство Авенариуса бесспорно.

Это выражение (α) Авенариус принял не наугад, не в качестве чисто эмпирического: он подошел к нему, исходя из мысли, что термоэлектричество есть особый способ проявления „контактных" электрических разностей, которые должны изменяться с температурой. Эта мысль сквозит уже в самом заглавии первой статьи М. П. (I). Мысль оригинальная и здравая; но при первоначальной ее формулировке автор допустил некоторую неточность, которая несколько портила дело и подрывала доверие к новой точке зрения. Авенариус исходит из двух предположений: 1) что электрическая разность на спае двух металлов, имеющем температуру t, может быть представлена в виде

$$e = a + bt + ct^2, \qquad (\beta)$$

2) что электродвижущая сила E термоэлектрической цепи обусловлена *только* разностями потенциала, имеющимися на двух спаях. Отсюда и следует формула (α), где b и c имеют то же значение, как в выражении (β).

Легко однакож показать, что с такой точки зрения факт инверсии тока хотя и объясняется *формально*, но представляет противоречие второму закону термодинамики. В рассуждениях Авенариуса не были приняты в расчет факты, открытые В. Томсоном и заставляющие допустить непрерывное изменение потенциала в каждом *однородном* проводнике,

* Электрометры В. Томсона, ведущие начало с 1857 г., но подробно описанные лишь десять лет спустя, в ту пору еще не были известны вне Англии.

как скоро температура его не одинакова на всем протяжении (что и бывает в термоэлектрической цепи). Принимая в расчет „явления Томсона“, мы опять придем к формуле вида (α), но b и c в ней будут уже иные, чем в (β); вместе с тем устранится и сказанное противоречие с термодинамикой*. Впоследствии сам Авенариус отказался от своей первоначальной постановки вопроса и попытался дать иной вывод своей формулы (α). И в этой поправке (необходимость которой была позже замечена Тэтом) первенство принадлежит русскому автору. В его новом выводе (IX, X), как и в выводе Тэта, допущены некоторые гипотезы; они оправдываются успехом формулы, подтвержденной множеством наблюдений.

2. Вторым и особенно важным научным делом Авенариуса были исследования о жидкостях, вскоре занявшие (как мы уже видели) всю киевскую лабораторию и обогатившие физику весьма многими данными.

В 1873 г., конечно под свежим впечатлением знаменитых работ Андрюса над углекислотой, Авенариус обращается к некоторым жидкостям, условия испарения которых исследованы у Реньо. По наблюдениям Реньо, Цейнер между прочим представил эмпирическими формулами ход так называемой „внутренней теплоты испарения“ ρ в зависимости от температуры. При критической температуре, рассуждает Авенариус, величина ρ должна обращаться в нуль**. Хотя наблюдения Реньо не доходили до критических температур, но убывание ρ везде заметно по таблицам и можно через экстраполяцию найти, при какой температуре для той или другой жидкости ρ обратится в нуль. Найденные таким путем цифры для эфира и двусернистого углерода довольно плохо соответствовали тем „температурам полного улетучения“, какие были получены из наблюдений Каньяром. Это побуждает Авенариуса — с одной стороны, предпринять новое опытное определение критических температур для четырех из жидкостей Реньо, употребляя способ Каньяра с усовершенствованиями; а с другой стороны — сделать новое вычисление ρ по данным Реньо, подвергая их критической

* Особенно ясно указано различие между первоначальным и исправленным выводом в заметке Лоджа. (Lodge, Reply to the Note of Prof. M. Avenarius, *Phil. Mag.*, (5), 3, p. 349, 1877 г.)

** Ту же мысль высказал ранее Д. И. Менделеев; Авенариус, очевидно, не знал об этом.

оценке. При сличении результатов, полученных тем и другим путем, оказалось очень близкое согласие (XI).

Это были первые прямые определения критических данных, сделанные после того, как исследования Андрюса прочно установили самое понятие о критическом состоянии. Рассмотренная нами работа надолго определила деятельность Авенариуса и его учеников. Около четвертой доли всего того запаса цифр критических температур, который собран в „Physikalische Tabellen“ Ландольта и Бёрнштейна (2-е изд. 1894 г.), добыто в молодой киевской лаборатории. Из нее же вышли между прочим первые точные показания о критической температуре воды — сперва косвенным путем, из наблюдений г. Страуса над растворами, потом — прямым остроумным способом Надеждина.

В своей следующей работе на ту же тему (XII) Авенариус временно уклоняется с правильной точки зрения. Вопреки естественному заключению Андрюса, что при критической температуре жидкость отождествляется со своим насыщенным паром, М. П. думает, что такого отождествления не происходит. В опору такого мнения он приводит и теоретическую возможность, и опытные данные. С одной стороны, останавливаясь на термодинамическом выводе:

$$\rho = \frac{1}{J} pu \left(\frac{T}{p} \frac{\partial p}{\partial T} - 1 \right)$$

(где J — механический эквивалент теплоты, T — абсолютная температура, p — давление, u — разность удельных объемов пара и жидкости), — Авенариус замечает, что обращение ρ в нуль может быть обусловлено соотношением:

$$\frac{T}{v} \frac{\partial p}{\partial T} - 1 = 0,$$

хотя бы u в нуль не обращалось. С другой стороны, производя опытные определения удельных объемов жидкости и пара (для этилового эфира) почти вплоть до критической температуры, он находит, что полного равенства они не достигают, т. е. что u остается конечным. Против такого вывода возражали Ансделль (пришедший к иным заключениям для ацетилена и соляной кислоты) и пишущий эти строки, — указывая на те обстоятельства, которые могли ввести экспериментатора в обман. По свидетельству В. И. Заи-

ончевского *, Авенариус и сам вскоре убедился в своей ошибке; а в 1885 г. его ученик Надеждин уже прямо основал свою новую методу нахождения критической температуры именно на исчезании u. Известно, однакож, что подобные соображения о нетождественности жидкости и ее пара при критической температуре возникали у различных авторов и долгое время спустя, и только теперь затуманенный горизонт начинает, повидимому, расчищаться.

В связи с исследованиями о критическом состоянии, Авенариуса занимает вопрос о законе термического расширения жидкостей (XIII, XIV, XXII). Он ставит задачу — проследить расширение на всем пути от точки плавления до критической температуры (t_c), под постоянным давлением, равным критическому давлению жидкости. Оказалось, что в случае эфира объем v, как функция температуры t, может быть весьма точно выражен формулой

$$v = a - b \log (t_c - t),$$

предложенной в дифференциальной форме Уотерстоном; a и b — характеристичные для данной жидкости, положительные постоянные. (При $t = t_c$ формула дает однако $v = \infty$.) Авенариус находит кроме того, что та же формула, с другими постоянными a и b, точно выражает изменения объема жидкости, находящейся все время под давлением (переменным) своих насыщенных паров.

После того учениками Авенариуса были сделаны исследования нескольких других жидкостей, и формула прилагалась везде с успехом. К тому же заключению пришел позже итальянский физик Гримальди **.

3. С 1880 г., вскоре после того как изобретение Яблочкова дало толчок практике электрического освещения, Авенариуса занимает вопрос о канализации переменного тока. Известно, что свечи Яблочкова, питаемые током альтернативных машин, не допускали распределения параллельными ветвями (par dérivation). Чтоб одновременно получать горение свечей в параллельном пучке, предлагались различные способы. Сам Яблочков, не останавливаясь на брошенной им вскользь

---

* *Журн. Ф. Х. О.*, **14**, p. 386 (1882 г.).

** По вопросу о расширении жидкостей возникала полемика между Д. И. Менделеевым и Авенариусом. Автор этого очерка имел случай высказаться по поводу ее в *Wied. Beiblätter* (**8**, p. 806, 1884 г.) по просьбе издателей.

идее о распределении тока путем индукции, предлагал вводить в каждую ветвь конденсатор большой емкости. Неудобства этой системы понятны. Авенариус указывает, что той же цели можно достигнуть дешевле и удобнее, заменяя конденсатор вольтаметром („поляризатором") или системою соединенных вольтаметров. В качестве такого вольтаметра может служить пара угольных пластинок, погруженных в водный раствор „жидкого (натрийного) стекла". Известно, что на всякий вольтаметр можно смотреть как на конденсатор большой емкости; будучи заряжаем альтернативною машиной то в одном, то в другом направлении, он своими поляризационными и деполяризационными токами может питать лампу с вольтовой дугой. Сравнительно с собственно конденсатором соответственной емкости, „поляризатор" имеет преимущества компактности и дешевизны.

Эту мысль Авенариус развивает в ряде статей (XVII—XXI) и оправдывает опытами в Киеве, Париже, Петербурге. Идея несомненно правильная, хотя употребление поляризаторов должно представлять своего рода неудобства, которые едва ли достаточно взвешивает изобретатель, не имевший возможности долго и в больших размерах испытывать свой прием. Мы уже замечали, что изобретение не вошло в практику. Помимо затруднений, связанных с установкой и исправным содержанием вольтаметров, этой неудаче были и другие причины. С одной стороны, самые свечи, этот простейший, но не наилучший тип дугового снаряда, отслужив свою великую службу электротехнике, стали сходить со сцены, и временно явился поворот в пользу постоянных (прямых) токов. С другой стороны, разработка индуктивной канализации переменного тока (системы „трансформаторов") дала вскоре прекрасные результаты и заставила помириться с некоторою долей опасности, которая присуща этой методе. Во всяком случае жаль, что система Авенариуса ни разу не была испытана в тех размерах, как он желал и старался ее испробовать.

Мы сделали краткий обзор главных трудов покойного. Во всех этих работах видна та инициатива, та vis a tergo, которая отличает истинного исследователя. Авенариус умел найти тему, умел настойчиво ее расследовать и добыть новый и важный результат. Он был экспериментатором по вкусу и призванию; собственно-теоретическая физика мало его интересовала: это помогало сосредоточивать силы.

Некоторые теоретические недосмотры, сделанные при первой схватке с предметом, вскоре признавались и исправлялись добросовестным искателем; они не повредили ценности полученных им результатов: верное чутье истины, в конце концов, всегда его выручало.

Темы, затронутые Авенариусом в его работах, не многочисленны. Но не забудем, что сколько-нибудь удобные условия для его экспериментальной деятельности существовали недолго, — не считая берлинской эпохи, всего десяток лет, примерно от 1875 г. до 1885 г.: раньше — не было лаборатории, позже — стало изменять здоровье.

В скромных летописях русской физики Михаилу Петровичу Авенариусу принадлежит почетное место — и как исследователю, и как учителю. Имя его не должно быть забыто и в науке всемирной.

Октябрь 1895 г.