

Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2019. Т. 2, № 2. С. 285—309.
Infocommunications and Radio Technologies, vol. 2, no. 2, pp. 285—309, 2019.
ISSN: 2587-9936 print / 0000-0000 online
DOI: 10.15826/icrt.2019.02.2.25

УДК 621.37-621.39(091)

Электрический конденсатор — инновационная технология XVIII века

Пестриков В. М.

*Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения
Россия, 191119, Санкт-Петербург ул. Правды, 13
pvm205@yandex.ru*

Получено: 13 августа 2019 г.

Отрецензировано: 9 сентября 2019 г.

Принято к публикации: 16 сентября 2019 г.

Аннотация: *Инновационные технологии прошлых веков, как не удивительно, играют немалую роль в современной науке и технике. Так, радиотехника не может обойтись без инновационной технологии 18 века — эффекта электрической емкости. Эффект был открыт соборным деканом Эвальдом Клейстом из городка Каммин в Померании. Несколько позже, в голландском Лейдене в лаборатории известного физика Питера Мушенбрука был проведен опыт, аналогичный опыту Клейста. Информация о Лейденском эксперименте благодаря французскому физику Жану Антуану Нолле получила широкую огласку в научных кругах Европы и затмила результаты Клейста. Это стало причиной последующих споров относительно признания приоритета данного открытия. В статье представлены и обсуждаются переплетения этой истории на основании исторических документов.*

Ключевые слова: *инновационные технологии 18 века, Эвальд Георг (Юрген) Клейст, бутылка Клейста, Питер Мушенбрук, лейденская банка.*

Для цитирования (ГОСТ 7.0.5—2008): Пестриков В. М. Электрический конденсатор — инновационная технология XVIII века // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2019. Т. 2, № 2. С. 285—309.

Для цитирования (ГОСТ 7.0.11—2011): Пестриков, В. М. Электрический конденсатор — инновационная технология XVIII века / В. М. Пестриков // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2019. Т. 2, № 2. С. 285—309.

Electric capacitor – innovative technology of the XVIII century

V. M. Pestrikov

St. Petersburg State University of Film and Television
13 Pravda St. Petersburg, 191119, Russia
pvm205@yandex.ru

Received: August 13, 2019

Peer-reviewed: September 9, 2019

Accepted: September 16, 2019

Abstract: *Innovative technologies of the past centuries, not surprisingly, play a significant role in modern science and technology. Thus, radio engineering cannot do without the innovative technology of the 18th century – the effect of electrical capacitance. The effect was discovered by Cathedral Dean Ewald Kleist of Cammin in Pomerania. A little later, in the Dutch Leiden in the laboratory of the famous physicist Pieter Musschenbroek was conducted an experiment similar to the experience of Kleist. Information about the Leiden experiment thanks to the French physicist Jean Antoine Nollet received wide publicity in scientific circles in Europe and eclipsed the results of Kleist. This led to subsequent disputes over the recognition of the priority of the discovery. The article presents and discusses the interweaving of this history based on historical documents.*

Keywords: *innovation technology of the 18th century, Ewald Georg (Jürgen) Kleist, Kleist bottle, Pieter Musschenbroek, Leiden jar.*

For citation (IEEE): V. M. Pestrikov, “Electric capacitor – innovative technology of the XVIII century,” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 2, no. 2, pp. 285–309, 2019. (In Russ.). doi: 10.15826/icrt.2019.02.2.25

1. Введение

Восемнадцатый век был эпохой удивительных электрических явлений. Увлечение электрическими опытами¹ в середине века охватило различные социальные слои общества и стало своеобразной модой. Основываясь на многовековых наблюдениях экспериментов, в которых объекты можно заряжать, просто потирая друг о друга, были созданы все виды электрических «машин». Всеобщему увлечению такого рода опытами

¹ Эксперимент (от лат. *experimentum* — проба, опыт) — является процедурой, выполняемой для поддержки, опровержения или подтверждения гипотезы, или теории. Любой эксперимент предполагает проведение тех или иных опытов. Опыт — воспроизведение исследуемого явления в определенных условиях проведения эксперимента при возможности регистрации его результатов.

поддались не только врачи, юристы, монахи и другие, но даже ученые в университетах. Экспериментаторы пытались наэлектризовать различные тела, как твердые, так и жидкие. Они верили, что после таких воздействий предметы станут обладать чудодействующей силой.

Публично на площадях и сценах театров демонстрировались эффектные и увлекательные опыты! В то время электричество было фактически синонимом зрелищ, с его новым акцентом на чудо и любопытство. Преисполненные достоинства ученые могли извлекать из наэлектризованных (заряженных) людей длинные искры, поднесением руки зажечь спирт или кучку пороха. Эти впечатляющие представления производились простыми средствами: стеклянной палочкой, натертой сухим мехом, вращающимися стеклянными шарами и цилиндрами, трущимися о ладони человека, изолированного от пола. Не случайно 1750—1780-е годы вошли в историю физики как «период электричества от трения».

Все это позволило развить науку об электростатическом заряде и совершить прорыв в области электричества и магнетизма. Первой такой инновацией стало открытие эффекта электрического сосуда, способного накапливать и хранить некоторое время статический электрический заряд, то есть в современном понятии — эффект электрического конденсатора.

Открытие эффекта связано с двумя именами: немецким соборным деканом Эвальдом Георгом фон Клейстом (нем. *Ewald Georg von Kleist*; 10.06.1700—11.12.1748) и голландским физиком профессором трех университетов: Дуйсбургского, Утрехтского и Лейденского Питером ван Мусшенброком (нидерл. *Pieter (Petrus) van Musschenbroek*, 14.03.1692—19.09.1761). Их взгляд на природу электричества основывался на том, что они рассматривали эту субстанцию как своего рода жидкость и надеялись создать особый сосуд для ее аккумуляции.

Это открытие позволило создать стабильный источник электричества. Инновационная технология сразу нашла применение в медицине. Она позволила создать новую отрасль науки, связанную с электростатической терапией, которая, правда, не оправдала возложенных на нее надежд.

2. Кафедральный собор Каммин

Чтобы понять, как непрофессиональный ученый Георг фон Клейст смог сделать свое открытие, необходимо знать духовную среду, в которой он находился. Собор Святого Иоанна Крестителя (польск. *Katedra św. Jana Chrzciciela*) в городе Каммине (нем. *Cammin*), как правило, называют Кафедральным собором (нем. *Kathedrale*, польск. *Katedra*, англ. *Cathedral*) Каммин, рис. 1. Обычно собор является общим названием главной церкви

города, которая служит резиденцией епископства. Этот термин от незнания его сущности также используют в обиходе для названия организационной единицы университета и даже для стола лектора.

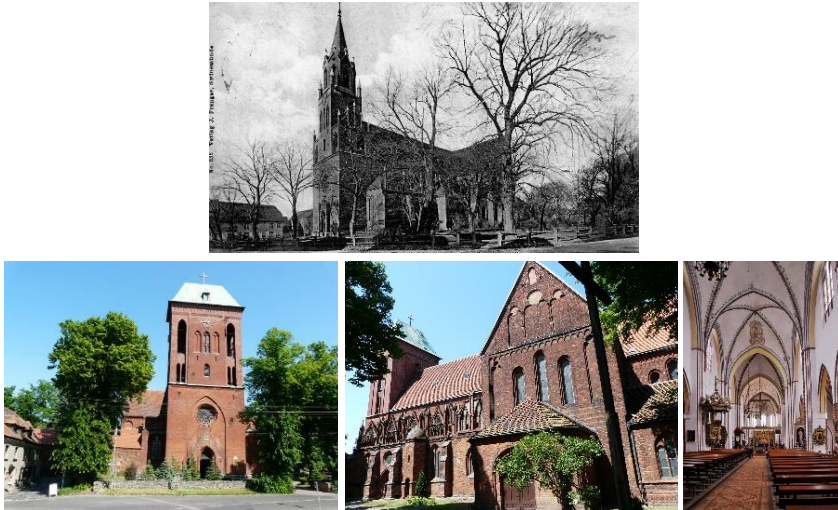


Рис. 1. Общий вид кафедрального собора Святого Иоанна Крестителя: сверху Каммин (1905—1910), внизу — три фото сегодняшнего дня Камień-Поморски (2019) [1].

Fig. 1. General view of the Cathedral of St. John the Baptist: on the top in Cammin (1905–1910) and on the bottom are three photos of the present day Kamień Pomorski (2019) [1]

Кирпичное здание собора Каммин считается самым большим церковным сооружением Померании. С 1176 г. Каммин служил церковной столицей Померании и резиденцией местного епископа. В 1534 году дворянство Померании перешло в лютеранство. Несмотря на использование протестантского церковного постановления, ранг собора церкви был сохранен, и до 19 века в церкви был глава собора. Собор оставался лютеранской церковью до 1945 года. В середине 18 века в Каммине проживало около 1000 жителей.

У каждой епархии обычно есть декан собора, отвечающий за кафедральный собор и контроль деканов области, в данном географическом районе. Рядом с собором Каммин было построено здание для низшего духовенства, которое называлось деканат (нем. *Kleisthaus*), в котором также проживал фон Клейст.

Декан избирался окружным синодом по предложению областного епископа. В обязанности декана входило:

— публичное представление церковного округа,

— контроль пастырей и других служащих в церковном округе,
— консультирование работников этого района по рабочему процессу,
— организация посещения приходов совместно с районным церковным советом.

После 1945 года решением Потсдамской конференции земли Померании, в том числе город Каммин, были переданы Польше. Жившее там немецкое население подверглось геноциду и было полностью изгнано. В их дома с находящимся там имуществом въехали переселенные поляки. Собор перешел в руки римско-католической церкви в качестве приходского храма. С 1972 года он был одним из кафедральных соборов Каменно-Щецинской епархии. Город Каммин был переименован в Камень-Поморски (польск. *Kamień Pomorski*). Сегодня город имеет статус городской-сельской гмины, с населением 9144 человек (2013).

3. Проблема хранения электрического заряда

Экспериментаторам во время электрических опытов требовались различной величины электрические заряды, которые нужно было не только производить, но хранить. Было очень трудно сохранять электрическое состояние. Для проведения успешных опытов требовалось большое искусство экспериментирования. Даже при соблюдении определенных предосторожностей не всегда удавалось довести опыт до конца. Попытки решить эту проблему долгое время не давали требуемого результата, до тех пор, пока этим вопросом в 1738 году не занялся, став профессором естественной философии Виттенбергского университета в Саксонии Георг Бозе (Georg Matthias Bose, 1710—1761). В рамках своего курса физики он возобновил эксперименты с электростатической машиной со стеклянным шаром по проекту английского физика Фрэнсиса Хауксби старшего (Francis Hauksbee the Elder, 1660—1713). Бозе позже значительно улучшил машину, добавив «главный проводник» (названный кондуктором), который позволял накапливать и хранить некоторое время генерируемый статический электрический заряд большой величины, рис. 2.

Бозе первым разработал способ временного хранения статических электрических зарядов с использованием изолированного проводника (кондуктора) [3]. Он заметил, что электрическое действие может быть усилено, если отводить электричество от шара генератора жестяной трубкой.

Первоначально кондуктор Бозе состоял из человека, стоящего на блоке смолы (эффективный изолятор), который держал металлическую трубку в одной руке, касаясь вращающегося шара электростатического

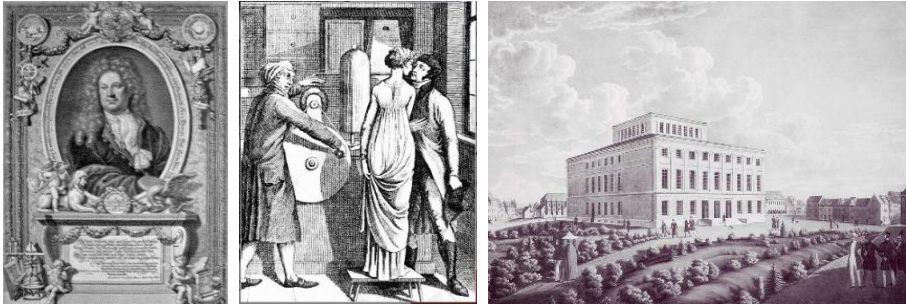


Рис. 2. Георг Бозе, электростатический генератор Бозе в опыте «Электрический поцелуй» и общий вид Галле-Виттенбергского университета в 1836 году [2].

Fig. 2. Georg Boscovich, the Boscovich electrostatic generator in the “Electric Kiss” experiment and a general view of the Halle-Wittenberg University in 1836 [2]

генератора другой. Генерируемый трением заряд протекал через помощника к металлической трубке и накапливался на ее поверхности. По сути, это напоминало демонстрацию эксперимента под названием «Летающий мальчик» (рис. 3) английским физиком Стивеном Греем (Stephen Gray, 12.1666—07.02.1736) в 1730 году, но только с использованием металлического проводника. Позже трубку стали подвешивать на шелковых шнурах и приводили ее в соприкосновение с шаром посредством пучка проводящих нитей, воткнутых одним концом в трубку, а другим — скользящих по шару. До открытия эффекта конденсатора кондуктор был единственным действенным устройством для хранения электрического заряда. Кондуктор обычно представлял собой один или несколько полых латунных цилиндров, укрепленных на стеклянных подставках.

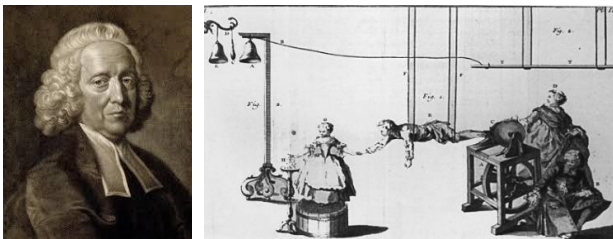


Рис. 3. Стивен Грей и его демонстрация статического электричества в эксперименте «Летающий мальчик» (1730 г.).

Fig. 3. Stephen Gray and his demonstration of static electricity in the “Flying Boy” experiment (1730)

Новизной в экспериментах Бозе было использование металлической трубки, хотя в то время считалось, что только изоляторы (тогда называе-

мые «электриками») могут эффективно накапливать статическое электричество. Известно, что металлические проводники рассеивают любой заряд относительно быстро, и необходимость изолировать заряженные объекты от электрического контакта с землей не была должным образом оценена. Более поздние эксперименты других экспериментаторов показали, что не масса главного проводника определяет предел накопления электростатики до определенной величины, а его внешние размеры, поскольку одноименные заряды отталкиваются и поэтому накопительный эффект существует только на внешней поверхности кондуктора.

В течение трех лет, с 1742 по 1745 год, Бозе продвигал исследования электричества в Германии и прославился своими впечатляющими экспериментами, в том числе теми, в которых он поджигал алкогольные напитки, плавающие на поверхности воды проходящей через нее искрой, генерируемой фрикционной машиной. Поскольку вода и огонь рассматривались как прямые противоположности, то это стало сенсацией среди наблюдателей и широко упоминалось в научной переписке.

В 1744 году Бозе опубликовал статью о разжигании «огня» из наэлектризованной воды, содержащейся в маленькой стеклянной бутылке. В этом же году Бозе опубликовал свои основные работы по электричеству в форме брошюр, выпущенных в Лондоне и Париже.

Демонстрации и эксперименты Бозе вызвали интерес немецкого научного сообщества и общественности к развитию электрических исследований.

4. Банка Клейста

Авторство первооткрывателя эффекта электрического конденсатора давно оспаривается. Похоже, что в хронологическом порядке эта честь принадлежит Эвальду фон Клейсту, декану собора города Каммин в области Померания Королевства Пруссия.

Живя в провинции, где не было особых развлечений, он все свое свободное время, остававшееся от выполнения обязанностей декана, посвящал экспериментам с электричеством, в то время очень модной научной областью. Для Клейста научные исследования были своеобразным хобби, обычным занятием для образованных людей того времени.

Эксперименты Клейста в период, *предшествовавший открытию эффекта накопления электроэнергии*, были известны научному сообществу. Профессор физики Лейпцигского университета Иоганн Генрих Винклер (Johann Heinrich Winckler, 12.03.1703—18.05.1770) был первым, кто сообщил об этом в своей трехтомной монографии *«Die Eigenschaften der*

electrischen Materie und des electrischen Feuers aus verschiedenen neuen Versuchen erklärt, und, nebst etlichen neuen Maschinen zum Electrisieren, beschrieben. Winkler 1744—1746» (Свойства электрического вещества и электрического огня с объяснением и описанием, исходя из различных новых экспериментов, наряду с несколькими новыми машинами для электризации), рис. 4. Во втором томе под названием «Мысли о свойствах, эффектах и причинах электричества» (нем. *Gedanken von den Eigenschaften, Wirkungen und Ursachen der Electricität. 1745. 164 s.*) приводится описание «прибора Клейста» как устройства для хранения и доставки очень мощного электрического удара [4]. Винклер усовершенствовал банку Клейста, намотав цепь вокруг бутылки, которой прикасался к металлической пластине (кондуктору) своего генератора с несколькими шарами. Электрический удар, производимый этим оборудованием, вызывал у него судороги, возбуждение крови и жар.



Рис. 4. Общий вид 1, 2 и 3 томов и титульные листы трех томов монографии Иоганна Вилклера «Die Eigenschaften der electricischen Materie und des electricischen Feuers aus verschiedenen neuen Versuchen erklärt, und, nebst etlichen neuen Maschinen zum Electrisieren, beschrieben» (1744, 1745, 1746).

Fig. 4. General view of volumes 1, 2, and 3 and title pages of three volumes of Johann Wickler's monograph "Die Eigenschaften der electricischen Materie und des electricischen Feuers aus verschiedenen neuen Versuchen erklärt, und, nebst etlichen neuen Maschinen zum Electrisieren" (1744, 1745, 1746)

Известие об алкогольном эксперименте Бозе быстро дошло до Померании. В это время декан Каминского собора экспериментировал с генератором трения. Эвальд фон Клейст подвешивал над своей машиной большую печную трубу на шелковых нитях, исходя из обстоятельств, а не из конструкции. Труба по форме и массе наиболее подходила для главного проводника и эффективно позволяла аккумулировать электрический заряд.

Клейст был заинтригован разрядами щетки, видимыми в темной комнате вокруг основного проводника электростатического генератора, и пытался «поймать» заряд гвоздем, выступающим из стеклянного пузырька из-под лекарств с небольшим количеством воды. На идею хранения электрической энергии фон Клейст натолкнул случай. Однажды он поставил на оловянную тарелку наэлектризованный стакан с водой, прикоснулся к нему и неожиданно получил сильный удар электрического разряда. В дальнейших опытах вместо оловянной тарелки он использовал алюминиевую фольгу. К 1745 году Клейст научился накапливать заряд, достаточный для того, чтобы во время ходьбы использовать его свечение, исходящее с конца гвоздя, в роли переносной лампы [5].

Фон Клейст решил провести эксперимент Бозе по передаче электричества через воду к воспламеняющейся жидкости, находящейся в стеклянной бутылке. Он знал, что стекло бутылки будет действовать как изолятор и предотвратит выход электричества.

11 октября 1745 года фон Клейст изготовил прибор в виде стеклянной бутылки с длинным узким горлышком, которая была частично заполнена водой и плотно закрыта пробкой, рис. 5. Оригинальную бутылку Клейст изготовил сам из синего стекла в виде цилиндра высотой около 1 фута (30 см) и диаметром 6 дюймов. В бутылке был закреплен массивный железный гвоздь, проткнутый сквозь пробку и опущенный в жидкость. Для получения некоторого заряда для проведения опыта фон Клейст брал рукой бутылку и прикасался гвоздем к кондуктору своей электрической стеклянной машине, сделанной из измельченного стеклянного шарика. При этом ничего особенного не происходило, но, взяв бутылку в темную комнату, он заметил небольшое пламя, которое указывало ему на то, что произошел заряд алкоголя огнем Святого Эльма² (англ. *Saint Elmo's fire*, *Saint Elmo's light*). Когда Клейст коснулся ногтя своей свободной рукой, то получил сильный удар и испугался. Позднее он установил, что этот удар бывает значительно сильнее, если бутылка наполнена спиртом или ртутью.

² Возникновение таких огней связано с наличием ионизированных частиц в воздухе. Их количество многократно увеличивается обычно во время грозы. При этом они создают свое электрическое поле в атмосфере. Во время столкновения ионных зарядов с обычными молекулами в атмосфере происходит разряд и появляется свечение, которое заметно человеческому глазу.



Рис. 5. Эвальд Георг фон Клейст и общий вид «бутылки Клейста» (1745 г.)

Fig. 5. Ewald Georg von Kleist and the general view of the “Kleist bottle” (1745)

Фон Клейст изобрел электрическую емкость, но он не понял значения своей руки в форме чаши, охватившей для удержания бутылку вокруг ее дна, которая обеспечивала один внешний проводящий элемент. Это, как оказалось, было необходимо для того, чтобы электрическая бутылка аккумулировала большое количество заряда. Испытав такой шок, он, естественно, не жаждал снова взять бутылку в руку, и похоже, что из-за этого он не смог повторить эксперимент.

Клейст по ощущениям прекрасно знал, какой силы электрический заряд дает его электростатический генератор, и не побоялся взяться за гвоздь в банке, и выдержать сильную встряску током. Из этого следовало, что банка накапливает, конденсирует электричество. С помощью изобретенного устройства Клейсту удавалось получать очень большие искры. Благочестивый клерик должным образом исследовал другие свойства своей бутылки, так как позже он писал коллегам, что шок (болевого удара) от усовершенствованных версий его устройства способен «сбить с ног ребенка восьми-девяти лет»!

5. Сообщение фон Клейста о своем открытии

Впервые фон Клейст сообщил о своем открытии в письмах от 4 ноября и 28 ноября 1745 года [6]. Он подробно описал свой опыт и отправил отчет 4 ноября 1745 года в Берлин доктору медицины Иоганну Либеркюну (нем. *Johann Nathanael Lieberkühn*, 05.09.1711—07.10.1756), который был членом Берлинской академии наук (*Berliner Akademie*) и секретарем ее секции физики. Либеркюн без задержки сообщил об этих опытах в Берлинскую академию. В конце следующего года Клейст стал ее членом по предложению выдающегося немецкого ученого Г. Лейбница (нем. *Gottfried Wilhelm von Leibniz*).

28 ноября было передано письмо Павлу Свитлицкому (*Swietlicki*), лютеранскому дьякону церкви св. Иоанна в Данциге (*Danzig*, ныне Гданьск,

Польша), который, будучи соучредителем Общества экспериментальной физики, доложил на его заседании о полученной информации. Письмо Павлу Свитлицкому сохранилось до наших дней, рис. 6 [7].

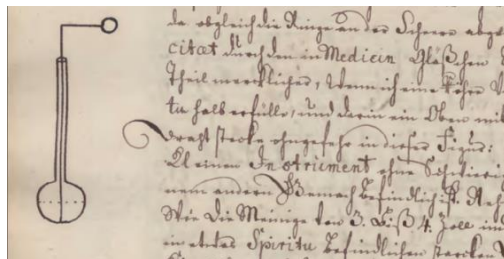


Рис. 6. Фрагмент письма фон Клейста с рисунком его конструкции электрической бутылки, которое было передано дьякону Павлу Свитлицкому. 28.11.1745 г. [8].

Fig. 6. A fragment of a von Kleist letter with a picture of his design of an electric bottle, which was transferred to Deacon Pavel Swietlitski. November 28, 1745 [8]

Клейст сообщил о своих результатах, по крайней мере, пяти различным экспериментаторам в области электричества [9].

В декабре 1745 года Клейст лично сообщил о своем опыте протодиакону³ в Данциге, который передал об этом информацию бургомистру этого города Даниэлю Гралату⁴ (Daniel Gralath, 30.05.1708—23.07.1767).

Ученые из Берлина и Галле ответили на письма Клейста через несколько месяцев, и сообщили, что они не смогли повторить описанный эксперимент. Это, возможно, одна из причин того, что Клейст остался малоизвестным ученым.

По всей видимости, только Гралату, одному из немногих, опыты удались. Вначале у него ничего не получалось, но вступив в контакт с Клейстом и получив соответствующие советы, он сумел преодолеть трудности. Уже 5 марта 1746 года Гралат провел успешные опыты со своим помощником Готфридом Рейгером (Gottfried Reuyer). Исследование проводилось в Данциге, в зале здания «Зеленые ворота» (нем. *Grünes Tor*), где располагалось Общество, рис. 7. С этой целью он наполнил водой стеклянную бутылку наполовину, поместил в нее железный стержень с шариком на верхнем конце и поднес этот шарик в соприкосновение с заряженным кондуктором электрической машины. Гралат после «заряда» бутылки

³ Протодиакон — первый или главный диакон в епархии при кафедральном соборе.

⁴ Гралат вместе со своим тестем Я. Т. Клейном (Jacob Theodor Klein, 15.08.1685—27.02.1759) были инициаторами создания в Данциге 2 января 1743 года Общества экспериментальной физики (Societas Physicae Experimentalis), с 1753 года оно стало называться Обществом естествоиспытателей (naturforschende Gesellschaft, латинское *Societas Physicae Experimentalis*).

решил продемонстрировать силу этого заряда следующим образом. Он образовал «цепь» из 20 человек, державшихся за руки. Первый человек держал в одной руке заряженную бутылку, а у последнего в цепи одна рука была свободна. Когда этот последний касался рукою шарика на железном стержне, то все 20 человек получали электрический удар. Удара не происходило, если последний человек касался самой бутылки, равно как и в том случае, когда шарика на железном стержне касался кто-нибудь, не стоявший в цепи. Гралат сделал из своих опытов важный вывод о том, что «заряженная» бутылка дает электрические удары только в том случае, если между железным стержнем и внешней поверхностью бутылки устанавливается соединение.



Рис. 7. Бургомистр Данцига Даниэль Гралат и здание Grünes Tor в Данциге, в котором он повторил опыты Клейста 5 марта 1746 г.

Fig. 7. Danzig burgomaster Daniel Gralath and the Green Gate building in Danzig, in which he repeated Kleist's experiments on March 5, 1746

Фон Клейст описал свои опыты также в письме, направленном 19 декабря 1745 года профессору медицины Иоганну Готтлобу Крюгеру (Johann Gottlob Krüger, 15.06.1715—06.10.1759) в Галле (Германия). Крюгер в этот период времени работал в Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina (Немецкая академия естествоиспытателей «Леопольдина», потом стала Национальной академией наук Германии), в которой занимались вопросами медицины и связанными с ней аспектами естественной философии, такими как ботаника и физиология.

В 1746 году Крюгер издал свое сочинение «Истории Земли с древнейших времен» (нем. *Geschichte der Erde in den allerältesten Zeiten*), в котором поместил информацию об опытах Клейста без его разрешения, обосновав их важность (на странице 176) следующим образом: «Среди писем, которые мне написали иностранные ученые в области электричества, есть два, которые заслуживают того, чтобы о них узнали, потому что они содержат новые исследования. Хотя у меня нет разрешения напечатать господина соборного декана фон Клейста, представленного выдаю-

щимися авторами, поэтому я не могу поверить, что они будут так же противостоят одному и тому же, поскольку они так умны в естествознании», рис. 8.



Рис. 8. Общий вид на здание Немецкой академии естествоиспытателей «Леопольдина» в Галле, Иоганн Готтлоб Крюгер и обложка его книги “Geschichte der Erde in den allerältesten Zeiten”, в которой помещена информация об исследованиях Клейста (1746).

Fig. 8. General view of the building of the German Academy of Naturalists “Leopoldin” in Halle, Johann Gottlob Krueger and the cover of his book “Earth History from Ancient Times”, which contains information on the studies of Kleist (1746)

В сочинении Иоганна Крюгера приведено описание восьми опытов Клейста, ниже приведем два из них [10]:

Опыт 3. Если вы положите толстую проволоку, гвоздь и т. д. в узкую стеклянную медицинскую бутылку и произведете ее заряд электричеством, тогда ощутите особенно сильные шокковые удары; бутылка должна быть сухой и теплой. Добавление ртути или спирта внутрь бутылки усиливает эффект. После отсоединения бутылки от электростатической машины на ней появляется светящийся язычок (электрический свет), такой, что я смог пройти 60 шагов, и в комнате было светло.

Опыт 7. Вы электризуете оловянную трубку — для меня это обычная 12-футовая трубка (вероятно, телескоп с фокусным расстоянием 12 футов), — и, не прекращая ее электризовать, касаетесь головки гвоздя в стеклянном сосуде. Трудно определить, какой величины электризации можно достичь, лучшим доказательством этого является сам опыт как таковой.

В этой первоначальной конструкции усилительной банки, как еще в то время называли в опытах электрическую емкость, внутренней обкладкой была жидкость, а внешней — рука или металлическая тарелка, на которую ставили стеклянную бутылку. Клейстом была предложена принципиальная схема конденсатора, содержащая два электрода (жидкость и рука), разделенных стеклянной стенкой бутылки. Стекло, в современном понимании, представляло собой диэлектрик.

6. Лейденская банка

Открытие в Каммине произвело сенсацию и живо обсуждалось в научных кругах Европы зимой 1745—1746 гг. Корреспонденты Клейста были вначале неспособны повторить его демонстрации, потому что они (и, вероятно, сам Клейст) изначально не осознавали важность удерживания рукой внешней поверхности бутылки как внешнего проводящего заземляющего электрода. Этот необычный электрод, как оказалось позже, был необходим для аккумуляирования большого количества заряда бутылкой Клейста.

Клейст о своем открытии известил письмами коллег физиков в разных университетах, в том числе и в Лейденском университете, выпускником которого являлся. Он переписывался со своими бывшими знакомыми студентами по учебе в университете, адвокатом Андреас Куней (Andreas Cunaeus, 1712—1788) и теологом Жаном Фредериком Фрэнсисом Луи Алламандом⁵ (Jean Frederique Francis Louis Allamand, 1736—1803).

Из немногих ученых, получивших письма Клейста о его открытии, опыты успешно повторили не только в Данциге, но и в голландском Лейдене. В 1746 году, подобный эксперимент был проведен независимо Куней в лаборатории своего знакомого, заведующего кафедрой философии Лейденского университета⁶ Питера ван Мушенбрука⁷. Во время опыта Куней провод от фрикционной машины опустил в стеклянную колбу с водой, которую держал в руке и случайно прикоснулся к отводящей проволоке. Условия опыта были те же, что и у опыта Клейста, поэтому произошло то, что и должно было случиться: Куней получил сильный электрический удар.

Куней сообщил о проведенном опыте Жану Алламанду, который передал информацию Мюссенбруку. Алламанд и Мушенбрук повторили опыты в лаборатории, рис. 9. Результат был тот же, экспериментаторы получили такой же мощный электрический удар.

Куней и Алламанду, которые работали совместно с Питером Мушенбруком над новыми электрическими экспериментами, потребовалось время, чтобы раскрыть секрет опытов Клейста. В конце концов они выяснили важность внешней проводящей поверхности, обеспечиваемой рукой.

⁵ Жан Алламанд приехал из Швейцарии, жил и работал в Нидерландах. Он занимался физикой и сотрудничал с Мушенбруком. В 1747 году он стал профессором физики в университете Франкена, а с 1749 года в университете Лейдена. В 1759—1760 гг. стал ректором этого университета. Автор нескольких книг по философии и физике.

⁶ Лейденский университет был основан в 1575 году Вильгельмом Оранжским как дар городу за его сопротивление испанским войскам. Статус города Лейден получил в 1266 г. Его население в середине 18 века составляло 40000 человек.

⁷ Мушенбрук был членом Лондонского Королевского общества (1734), членом Французской академии наук (1734), а также почетным профессором Императорской Академии наук в Санкт-Петербурге (1754).



Рис. 9. Общий вид корпусов Лейденского университета (1746), Питер ван Мушенбрук и его опыт с электрической стеклянной банкой (1746)

Fig. 9. General buildings of Leiden University (1746), Pieter van Musschenbroek and his experience with an electric glass jar (1746)

Будучи иностранным членом Академии наук в Париже, Ван Мушенбрук отправлял научные доклады члену этой академии наук Рене Антуану Фершо де Реомюру⁸ (фр. *René Antoine Ferchault de Réaumur*; 28.02.1683—17.10.1757). В Академии Реомюр был назначен корреспондентом Мушенбрука. Реомюр собирал и публиковал отчеты об измерениях температур воздуха с помощью предложенного им термометра в различных местностях и странах. Позднее он потерял интерес к термометрии.

Доклад, адресованный Реомюру в начале января 1746 г., касался в основном метеорологических наблюдений, проведенных в Лейдене [11]. В конце, однако, ван Мушенбрук добавил чрезвычайно интересный отрывок только потому, что, по его словам, «я увидел, что в конце этого текста есть свободное место». Его сообщение было прочитано аббатом Жаном Антуаном Нолле (фр. *Jean Antoine Nollet*, 1700—1770) и зафиксировано в протоколах на открытом заседании Академии в апреле 1746 г. [12]. Наука обязана этому первому сообщению о сделанном открытии в г. Лейден Мушенбруком, после того как он ощутил удар разряда банки, о чем не преминул написать на «свободном месте» в письме: «...Я занимался изучением электрической силы. Для этого повесил на двух шелковых голубых нитях железный стержень, который получал электричество от стеклянного шара, который быстро вращался вокруг своей оси и натирался руками. На другом конце был подвешен медный провод, конец которого опущен стеклянную цилиндрическую посудину, наполненную наполовину водой. Эту посудину я держал в правой руке, а левой рукой я пытался получить из электрического стержня искру. Вдруг правая рука получила удар такой силы, что все тело вздрогнуло, как будто ударила молния», рис. 10. Далее

⁸ В 1730 г. Реомюр описал изобретенный им спиртовой термометр, шкала которого определялась точками кипения и замерзания воды.

автор эмоционально пишет, что даже за корону Франции он не согласился бы еще раз получить такой удар. В письме Мушенбрука отмечается, что результаты проведенной большой исследовательской работы еще предстоит переосмыслить: «Я так много узнал об электричестве, что дошел до того, что ничего не понимаю и ничего не могу объяснить».

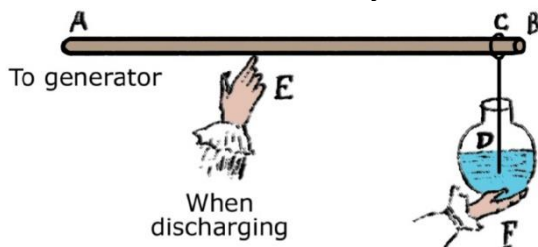


Рис. 10. Рисунок из письма Мушенбрука аббату Жану Нолле от 20 января 1746 г. [12].

Fig. 10. Drawing from the letter of Musschenbroek to Abbot Jean Nollet of January 20, 1746 [12]

Через несколько дней после прочтения этого письма Нолле получил от Жана Алламанд сообщения о том же эксперименте. Но, в последующем письме к Нолле Алламанд отметил, что первым обнаружил эффект, описанный в письме Мушенбрука, состоятельный любитель научных опытов Куней из Лейдена.

Алламанд сообщил об электрической банке также в письме в Королевское общество от 4 февраля 1746 года. Нолле оценил важность сообщения, перевел это письмо и опубликовал его в 1746 году в «Записках французской академии наук» [13].

В начале 1746 г. Мушенбрук после повторения опытов Клейста заявил, что еще в 1745 г. он случайно наткнулся на подобный эффект. При проведении своих электрических опытов он испытывал неудобства от того, что электричество исчезало очень быстро. Мушенбрук пытался устранить это явление тем, что накапливал электрический заряд в теле, окруженном «дурным проводником». Он налил в бутылку воду и пытался отвести электричество в нее по свисающей с кондуктора проволоке, однако, результат был неудовлетворительный.

Что касается даты объявленного открытия Мушенбруком, то в «Философских трудах» (Philosophical Transactions of the Royal Society of London) было опубликовано письмо мистера Абраама Трамбле⁹, сообщившего об одной из первых демонстраций лейденской банки 4 февраля 1745 г., почти за год до даты открытия Мушенбрука [14].

⁹Абраам Трамбле (фр. *Abraham Trembley*, 03.09.1710—12.05.1784) — швейцарский натуралист, член Лондонского королевского общества с 1743 г.

В этом письме, в частности, говорилось и о том, что сотрудник лаборатории Алламанд попытался повторить опыт Андреаса Куней, но с той лишь разницей, что вместо бутылки с водой он использовал полностью наполненный водой стакан. Эффект от заряда электричеством был тот же. Экспериментатор вырвал из устройства пальцем искру и получил сильнейший удар по всему телу. В эксперименте использовались емкости из различных типов стекла (английское стекло для линз очков и богемское стекло), но лучше всего эффект накопления электрических зарядов наблюдался при использовании пивного стакана. Мушенбрук повторил этот эксперимент, но с тем лишь отличием, что держал в руке тонкую стеклянную чашу полную воды, и тоже испытал ужасную боль от электрического удара. Он отметил, что в эксперименте стекло не должно быть мокрым снаружи.

Однако по-прежнему существует некоторое противоречие по этому поводу, но общепринятое мнение таково: «Трембле, как редактор или составитель письма в «Философских трудах» [15], либо неверно написал письмо, либо не смог должным образом перевести дату его написания в новый стиль (NS). До 1752 года англичане начинали свой узаконенный год 25 марта, так что, упрощено говоря, их даты на год отставали от континентальных для первой четверти каждого континентального года. Это похоже на правду, так как у Мушенбрука и его сотрудников не было никаких причин откладывать объявление на 11 месяцев, особенно с учетом потенциальной претензии на предварительное открытие фон Клейста.

Письмо Трамбле обращает на себя внимание тем, что это одно из самых ранних письменных сообщений из первых рук об этом новом открытии. Он случайно оказался в Голландии примерно в то время, когда произошло открытие, и его письмо было первым словом в Англии о чудесной новой банке-сосуде.

7. Окончательное название электрического сосуда

Опыт Мушенбрука получил широкую огласку благодаря аббату Жану Нолле. Он, будучи в переписке, так сказать, со всем ученым миром, получил известие об этой бутылке из Лейдена, а так как он переводил письмо Мушенбрука с латыни, то дал название изобретению «лейденская банка», в честь города, в котором она появилась [16]. Это несмотря на многочисленные просьбы назвать его бутылкой Клейста [17]. Нолле проигнорировал и письмо Гралата о приоритете Клейста. Электрическая бутылка почти повсюду стала известна под именем «лейденской» банки, тогда как Клейста редко называли ее изобретателем, рис. 11.

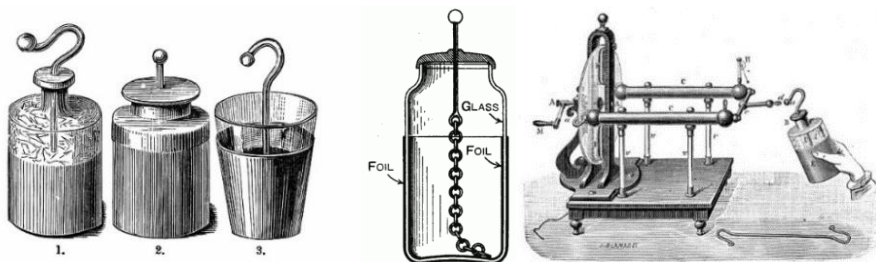


Рис. 11. Конструкции лейденских банок и их заряд от электростатического генератора. 18 век.

Fig. 11. Designs of Leiden jar and their charging from an electrostatic generator. 18 centuries

Можно предположить, что продвижение лейденской банки Нолле носило не случайный характер. Нолле и Мушенбрук были хорошими знакомыми, что сыграло не маловажную роль в предпочтении авторства открытия. Дело в том, что Мушенбрук был видным ученым не только в области экспериментальной физики, но также философии, механике и математике. Он, ко всему прочему, придерживался взглядов Ньютона и являлся его последователем. К нему ехали со всей Европы студенты, желающие изучить физические эксперименты. В 1736 году одним из них был Нолле из Франции, который в последствии стал известным ученым, воспитателем королевской семьи и ведущим представителем научной школы Мушенбрука во Франции.

В этот период времени они были связаны еще совместным бизнесом. Питер Мушенбрук, его отец и брат владели производством научных инструментов. Мушенбрук считается изобретателем нескольких физических измерительных приборов: трибометра (для измерения силы трения), атмометра (для измерения скорости испарения воды) и пирометра (для измерения высоких температур). Нолле во Франции представлял коммерческие интересы Мушенбрука и занимался реализацией продукции.

Нолле (рис. 12), был членом французской Академии и благодаря своей обширной переписке пользовался настолько огромным влиянием, которое нам теперь даже трудно представить, после того как место научной переписки везде заняла периодическая печать и Интернет. И то, что электрическая банка повсюду называется лейденской банкой, а не бутылкой Клейста, нужно приписать исключительно влиянию Нолле. Более объективный термин «бутылка Клейста» почти был вытеснен, а Мушенбрук, сообщивший Нолле новость открытия, удостоился чести первооткрывателя эффекта накопления электростатических зарядов электрической банкой.



Рис. 12. Французский священник (аббат) и физик Жан-Антуан Нолле и его книга лекций по экспериментальной физике (1770 г.).

Fig. 12. French priest (abbot) and physicist Jean-Antoine Nollet and his lecture book on experimental physics (1770)

Сообщения Мушенбрука взбудоражили Европу, каждый философ хотел исследовать «ужасную банку», хотя в целом признавал, что лучше наблюдать ее воздействие на ком-то другом! Упомянутый профессор Иоганн Винклер с увлечением взялся за повторением опытов, после которых у него были сильные конвульсии в теле, и кровь до того разгорячилась, что он опасался сильной горячки и принимал прохладительные лекарства. После одного из таких опытов у него в руках появились такие колющие боли, что он не мог писать в течение восьми дней. Винклер проводил эксперименты по разряду с лейденскими банками, а их физиологические эффекты испытал не только на себе, но также и на своей жене. Он сообщил, что его жена не могла ходить до конца дня, когда он использовал ее для короткого замыкания заряженной банки [4]. Нужно отметить, что Винклер с 1747 года был членом Лондонского королевского общества и его физические и философские лекции посещал Иоганн Вольфганг Гете.

Эти страшные явления заставили Винклера задуматься над вопросом разряда лейденской банки без участия человеческого тела. Для этого он придумал следующую конструкцию разрядника. Один конец железной цепочки наматывался на балку машины с кондуктором, а другой ее конец соприкасался с оловянной тарелкой, на которой был укреплен металлический кружок. Для электрического разряда кружок приближали к кондуктору, который находился в контакте с гвоздем банки. С помощью этого довольно сложного разрядника экспериментатор получал электрические удары, которые не причиняли боли. Винклер, для получения искр большой длины, которые можно было видеть и слышать на расстоянии двухсот шагов, использовал банки большого объема, вместо гвоздя стал употреблять железную проволоку с шариком на конце, а спирт заменил водой.

Заметим, что устройство и эксперимент Мушенбрука были очень похожи на то, что было у Клейста, однако с некоторыми исключениями. Во-первых, открытие сделал Андреас Куней, а не сам Мушенбрук. Во-вторых, Мушенбрук написал своим коллегам письма с объяснением всего, что касается устройства самой лейденской банки и методике проведения с ней опытов [18]. В-третьих, Мушенбрук внес много усовершенствований в конструкцию электрической емкости, среди них следует отметить, удаление воды из банки и использование металлической фольги для обертывания внутренней и внешней сторон банки. Мушенбруком была предложена конструкция электростатической машины для заряда электрической емкости (рис. 13), а также разрядник для нее с диэлектрическими держателями. Конструкция электростатической машины была приведена в переизданном популярном учебнике Мушенбрука «Сборник физических экспериментов для университета», который вышел после его смерти в 1762 году [19].

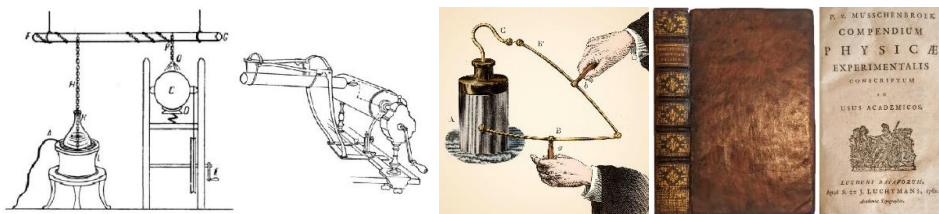


Рис. 13. Электростатическая машина Мушенбрука для зарядки электрической емкости, разрядник с диэлектрическими держателями (в центре) и учебник Мушенбрука «Сборник физических экспериментов для университета» (1762 г.).

Fig. 13. Musschenbroek's electrostatic machine for charging electric capacitance, spark gap with dielectric holders (in the center) and textbook Musschenbroek "Compendium Physicae Experimentalis Conscriptum in Usus Academicos" (1762)

Сделанные Мушенбруком усовершенствования электрической емкости и разработанные им методики обращения с ней, а также публикация результатов опытов сыграли немаловажную роль в прибавлении ему известности как автору инновационной технологии.

8. Кто же первооткрыватель эффекта электрического сосуда?

Мушенбруку обычно приписывают открытие лейденской банки, именно открытие, а не изобретение. Ему были известны работы Бозе и фон Клейста, которые предшествовали его опытам. Тем не менее, по прошествии столетий, считается, что исследования Клейста и Мушенбрука были проведены полностью независимо друг от друга и якобы имело место простое научное совпадение полученных результатов. Нужно отметить, что

сам же Мушенбрук никогда не утверждал, что открыл лейденскую банку, к тому же, он ни разу не упомянул имени Клейста в своих работах [20].

В различных исторических документах А. Куней упоминается как соавтор и друг Мушенбрука, в то время как другие ошибочно приравнивают Мушенбрука к Кунейю, ставя его имя в скобках [21]. В Германии, однако, это устройство называется «бутылка Клейста» (Kleistsche Flasche). Фон Клейст умер менее чем через три года после своего открытия и вероятно, он не уделил должного внимания тому, насколько оно значимо, рис. 14.



Рис. 14. Дом Клейста, бывшая деканская курия (1930). Памятный камень, установленный к 300-летию со дня рождения фон Клейста, в Камień-Поморском (2000 г.) [22].

Fig. 14. Kleist's House, former Deccan Curia (1930). A memorial stone erected for the 300th anniversary of the birth of von Kleist in Kamień Pomorski (2000) [22]

Фон Клейст был первым, кто обнаружил удивительные эффекты электрической стеклянной бутылки, но именно Мушенбрук и его помощники (Куней и Алламанд) достаточно четко сообщили о своих результатах, чтобы другие смогли повторить эксперимент, и поэтому заслуга в первенстве предмета открытия досталась ему. Нолле и Французская академия наук сформировали мнение научного мира об открытии эффекта накопления электричества, связав его с Мушенбруком. В большинстве европейских странах часто превалирует французская точка зрения в вопросе этого открытия.

При этом не последнюю роль играет соперничество стран в предпочтении своим соотечественникам в первенстве открытия эффекта электрической емкости. [23, 24].

9. Лейденская банка в искусстве

В Соединенных Штатах лейденскую банку с юмором называли «шок-бутылкой» (shock-bottle). Лейденскую банку высоко ценили за ее большую универсальность в экспериментах с электричеством. Бенджамин Франклин однажды ее назвал чудо-банкой Мушенбрука.

В Польше, менее чем через полвека после открытия, электрическая банка становится важным элементом театральной постановки, вокруг которого разворачивается сюжет оперы «Как будто чуд», известной как «Краковцы и Горцы» на музыку Яна Стефани (пол. *Jana Stefaniego*) к либретто Войцеха Богуславского (пол. *Krakowiacy i Górale Wojciecha Boguslawskiego*). Премьера состоялась 1 марта 1794 года в Национальном театре в Варшаве, после двух разделов Польши, в тот момент, когда над ней снова собирались черные тучи. На сцене в одной из сюжетных линий оперы предстает образованный студент и электрическая машина. Тем самым автор хочет показать, что наука не только эффективно борется с невежеством и суеверием, но также способствует национальному примирению. Широкая публика получила легкую комедию о новом изобретении, которое используется для благородной цели — предотвращению братоубийственной войны. В финале автор оперы просто призывает жить в гармонии и мире: берегите мир, нет прибыли в таком бою, который причиняет вред брату.

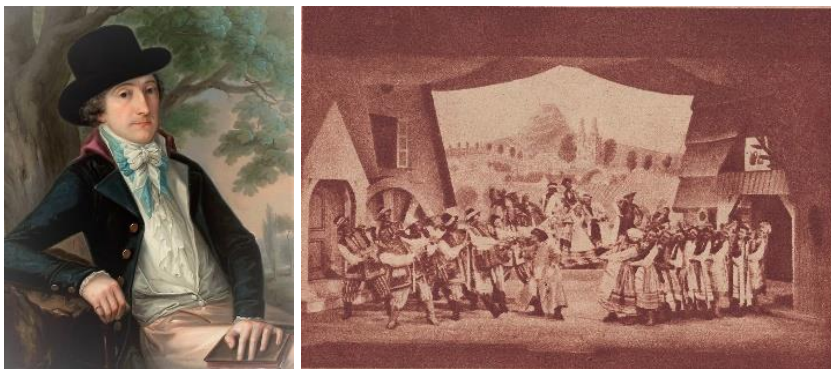


Рис. 15. Войцех Богуславский (1798 г.) и сцена из оперы «Как будто чудо» или «Краковцы и Горцы». Театр Войска Польского в Лодзи под руководством Леона Шиллера (1946).

Fig. 15. Wojciech Boguslawsky (1798) and a scene from the opera “As if a miracle” or “Krakow and Highlanders”. Polish Army Theater in Lodz under the direction of Leon Schiller (1946)

Лейденская банка привлекла внимание даже писателей, и была увековечена в научной фантастике Жюль Верном в его романе «Двадцать тысяч лье под морями» (1869 г., в старых русских переводах — «Восемьдесят тысяч верст под водой», в советских — «80 000 километров под водой»). В романе участники экспедиции во время подводной охоты использовали лейденские банки в качестве пуль, так называемые лейденские шары.

10. Заключение

Две великие инновации, электростатические генераторы и электрическая емкость, ознаменовали прогресс в изучении электричества в начале пятого десятилетия 18-го века. Они позволили производить электрические эффекты в большем масштабе, чем когда-либо прежде, что открыло возможности в создании совершенно новых типов экспериментов и зрелищных публичных демонстраций, которые привлекали внимание к науке об электричестве. Электростатические генераторы и электрическая емкость, хотя внесли свой вклад в теорию электричества, но были неадекватными.

Значение, приписывавшееся в то время электрической емкости (лейденской банке), которая рассматривалась как великая победа науки, было, конечно, сильно преувеличено. Однако это преувеличение оказалось благотворным, так как именно оно способствовало рождению целой армии физиков, убежденных в том, что исследование электрических явлений — достойное занятие для ученого.

Лейденская банка явилась предшественницей современных электрических батарей. Открытие эффекта лейденской банки (англ. *Leyden jar*) имело фундаментальное значение при изучении электричества. Банка работала, в принципе, как конденсатор для хранения электрической энергии и использовалась для проведения многих ранних экспериментов в электричестве.

До изобретения электрического сосуда исследователям приходилось для накопления заряда прибегать к изолированным проводникам больших размеров. Лейденская банка явилась гораздо более компактной альтернативой и положила начало так называемому раннему веку электричества.

Возможно, есть некоторая ирония в том, что, хотя сегодня больше нет необходимости хранить статическое электричество, первые научные исследования электричества стали возможными именно благодаря надежному устройству для его хранения.

Список литературы

1. Katedra URL: <https://polska-org.pl/7306537,foto.html?idEntity=7243183> (06.10.2019)
2. Georg Bose. URL: https://www.wikiwand.com/de/Georg_Bose (06.10.2019)
3. Georg Matthias Bose. The World's #1 Online Encyclopedia. URL: https://wikimili.com/en/Georg_Matthias_Bose (06.10.2019)
4. Winkler, Johann Heinrich. Die Eigenschaften der Electricischen Materie und des Electricischen Feuers, aus verschiedenen neuen Versuchen erkläret, und, nebst etlichen neuen Maschinen. Leipzig, 1745. 164 с.
5. Лакур П., Аппель Я. Историческая физика. Т. II. Одесса. Mathesis. 1908. С. 232—234.

6. D. Gralath, "Geschichte der electricität – Zweite anschnitt," *Versuche Abhandlungen Naturforschenden Gesellschaft Danzig*. 1754. T. 2. C. 355—460.
7. Schreiben das herr von Kleist, decanus des domcapituls in camin [dean of the cathedral chapter in kammin] an herr swietlicki von 20 Nov, 1745 // *Acta Societatis Physicae Experimentalis (Danzig)*. 1745, T. 3.
8. Flaszki Kleista i butelki lejdejskie: elektryczny szok uczonej Europy (1745—1746). URL: <https://kierul.wordpress.com/tag/du-chatelet/>
9. Heilbron J. L. *Electricity in the 17th and 18th Centuries: A Study of Early Modern Physics*. University of California Press. 1979. C. 311.
10. Krüger, Johann Gottlob: *Geschichte der Erde in den allerältesten Zeiten*. Halle, 1746. C. 175—181.
11. "Letter from Pieter van Musschenbroek to René Antoine Ferchault de Réaumur, dated January 20, 1746," in *Procès Verbaux. Academie Royale des Sciences (Paris)*. 1746. T. 65. C. 4—6.
12. Here is Nollet's own account of the event. *Observations sur quelques nouveaux phénomènes d'Électricité. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences De l'Année 1746*. Paris, 1751. C. 1—3. The account from the Academy of Sciences only refers to the "Leyden experiment" (l'expérience de Leyde): *Sur l'Électricité Histoire de l'Académie Royale des Sciences De l'Année 1746*. Paris, 1751. C. 1—17.
13. Nollet J. A. *Mémoires de l'Académie impériale des sciences*. 1746. 2.
14. XI. Part of a Letter from Mr. Trembley, F. R. S. to Martin Folkes, Esq; Pref. R. S. concerning the Eight caused by Quicksilver sbaken in a Glass Tube, proceeding from Electricity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. January and December, 1746. T. 44. Iss. 478. C. 58—60.
15. The First Condenser – A Beer Glass. Pieter Van Musschenbroek (1692–1761). URL: http://www.sparkmuseum.com/BOOK_LEYDEN.HTM (23.09.2019)
16. Here is Nollet's own account of the event. *Observations sur quelques nouveaux phénomènes d'Électricité, Mémoires de l'Académie Royale des Sciences De l'Année 1746*. Paris, 1751. C. 1—3. The account from the Academy of Sciences only refers to the "Leyden experiment" (l'expérience de Leyde): *Sur l'Électricité. Histoire de l'Académie Royale des Sciences De l'Année 1746*. Paris, 1751, C. 1—17.
17. Wiedemann G. *Die Lehre von der Elektrizitdt*. 1893. T I. Vieweg und Sohn. Braunschweig. C. 137.
18. Capacitors – Invention History and the Story of Leyden Jar. Website "CircuitsToday". URL: <http://www.circuitstoday.com/capacitors-invention-history-and-the-story-of-leyden-jar> (23.09.2019).
19. Musschenbroek, Petrus van. *Compendium Physicae Experimentalis Conscriptum in Usus Academicos. Lugduni Batavorum: Apud S. et J. Luchtman, 1762*. 515 c.
20. Heilbron J. L. *Electricity in the 17th and 18th Centuries: A Study of Early Modern Physics*. University of California Press, 1979. C. 314.
21. Sawicki Jerzy. Kleist vs. Musschenbroek – trudna droga do prawdy // *Studia Historiae Scientiarum (SHS)*. 2018. №.17. C. 275—340.
22. Klasik Marian. Von Kleist czy Musschenbroeck? Website ikamien.pl, *Poniedziałek, Kamień Pomorski*. URL: <http://ikamien.pl/artykuly/2186/> (24.09.2019).
23. Feldhaus F. M. *Die Erfindung der Elektrischen Verstärkungsflasche durch Ewald Jürgen von Kleist*. Heidelberg, Germany: Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, 1903.
24. Dorsman C., Crommelin C. A. He invention of the Leyden Jar // *Janus*. 1957. T. 46. C. 275—280.

Информация об авторе

Пестриков Виктор Михайлович, д. т. н., профессор Санкт-Петербургского государственного института кино и телевидения, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация. ORCID 0000-0003-0466-881X.

Information about the authors

Viktor M. Pestrikov, Dr. Tech. Sc., Professor, St. Petersburg State University of Film and Television, St. Petersburg, Russian Federation. ORCID 0000-0003-0466-881X.