



18 февраля – 275 лет
со дня рождения
итальянского физика
Алессандро Вольты
(1745–1827)

«Провозвестник
эпохи электротехники
Алессандро Вольты»





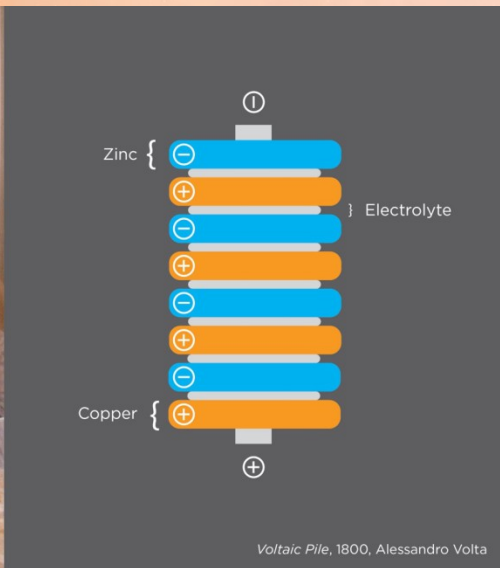
Алессандро Вольт был, как теперь принято говорить, знаковой фигурой в истории электричества, электротехники, электросвязи.

К последней четверти XVIII века многое уже было известно о свойствах таинственной "электрической силы". Конструировались электростатические машины трения для получения электрических зарядов (Фрэнсис Гауксби, Англия), было открыто явление электропроводности (Стефен Грей, Англия) и дано понятие о двух видах электричества - "стеклянном" и "смоляном" - впоследствии "положительном" и "отрицательном" (Шарль Дюфе, Франция). Был создан накопитель электрических зарядов - первый конденсатор, так называемая "лейденская банка" (Эвальд Клейст, Померания, и Питер ван Мюссенбрук, Голландия), "укрощена" молния (Б. Франклин, США) применением молниеотвода (в бытовой лексике "громоотвод"). Наконец, установлен Первый закон электростатики (Шарль Кулон, Франция).





Но эпохальное открытие Вольты - **"контактного электричества"** - как бы подвело итог всем достигнутому ранее результатам и дало мощный импульс новым, более глубоким исследованиям природы электричества и возможности его практического применения.





Алессандро Вольта родился 18 февраля 1745 г. в родовом имении предков, близ небольшого городка Комо на севере Италии. Он выходец из аристократической семьи, его матерью была герцогиня Маддалена Инзаи. В самые ранние годы Алессандро страдал замедленным физическим и умственным развитием, говорить он начал только в четыре года. Затем его развитие пошло очень быстро.

Вопреки уготованной ему карьере священнослужителя он увлекся физическими опытами и уже в 18 лет вел переписку с одним из наиболее видных физиков-электриков того времени, демонстратором эффектных публичных электрических опытов аббатом Жаном Нолле.





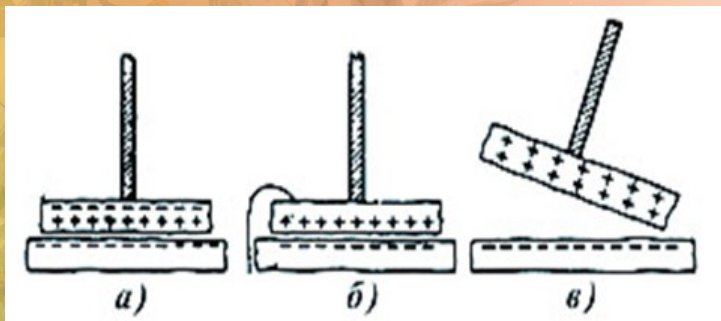
С 1774 по 1779 гг. Вольта - преподаватель физики в Королевском училище в Комо. В 26-летнем возрасте выпускает первый научный труд "Эмпирические исследования способов возбуждения электричества и улучшения конструкции машины".

Свое первое серьезное изобретение он сделал в 1772 г. Это был так называемый **конденсаторный электроскоп** с расходящимися соломинками (соединение электроскопа с конденсатором), обладавший гораздо большей чувствительностью, чем прежние электроскопы с подвешенными на нитях пробковыми или бузиновыми шариками. Прибор обладал метрическими свойствами, так как отклонение соломинок на угол до 30° оказалось пропорциональным заряду электроскопа. Электроскоп многие годы был основным измерительным прибором, которым пользовались сам Вольта и другие исследователи.





В тридцать лет Вольта стал знаменитым. Он изобрел **смоляной электрофор**, или, как назвал его сам изобретатель, "elettrophoro perpetuo", что значит "постоянный носитель электричества". В электрофорной машине использовалось явление электризации посредством индукции, в то время как в применявшихся электростатических машинах электричество получалось путем трения. Прибор исключительно прост и так же исключительно оригинален. Он состоит из двух металлических дисков. Один, допустим нижний, покрыт слоем смолы. При натирании его рукой, кожаной перчаткой или мехом диск заряжается отрицательным электричеством.



Если поднести к нему верхний диск, последний зарядится так, как показано на *рис. а*. При отведении несвязанного электричества в землю (*рис. б*), хотя бы пальцем экспериментатора, верхний диск окажется заряженным положительно. Можно его поднять и снять с него заряд (*рис. в*). Повторяя цикл опускания-подъема верхнего диска многократно, можно столь же многократно увеличивать заряд.





Вольта указывал, что его электрофор "продолжает работать даже спустя три дня после зарядки". И далее: "Моя машина дает возможность получить электричество во всякую погоду и производит эффект более превосходный, чем лучшие дисковые и шаровые (электростатические - прим. авт.) машины".

Итак, электрофор - прибор, позволяющий получать мощные разряды статического электричества. Вольта извлекал из него "искры в десять или двенадцать толщин пальцев и даже более...". Электрофор Вольты послужил основой для сооружения целого класса индукционных, так называемых "электрофорных", машин.





Полемический комментарий.

Некоторые историки физики и электротехники считают, что Вольта не изобрел электрофор, а лишь усовершенствовал прибор, изобретенный ранее петербургским академиком Францем Эпинусом.

Действительно, Эпинус в 1758 г. предложил теорию передачи "электричества через влияние" - методом электростатической индукции, т. е., по современной терминологии, изобрел способ. Он же соорудил первое устройство, доказывающее такую возможность. Оно представляло собой металлическую чашу, в которую вставлялась сформованная масса наэлектризованной серы и затем вынималась из нее. И чаша, и сера оказывались электрически заряженными.





Однако Эпинус дальше лабораторной демонстрации не пошел, и изобретенное им устройство не получило практического применения. Вольт же на основе изобретенного Эпинусом способа изобрел оригинальный электрофор, дающий по сравнению с прототипом новый технический эффект, что по всем канонам патентного права признается изобретением. Подобное характерно для истории техники. Изобретенный единожды способ позволял на его принципе создавать, т. е. изобретать, различные устройства.

Так, например, П. Шиллинг изобрел способ электромагнитного телеграфирования и первое устройство для его осуществления. Затем на этом же принципе Ч. Уитстон и У. Кук изобрели стрелочный телеграф, а Морзе - печатающий телеграф. Все они с полным правом считаются изобретателями.





Сам Вольта признавал, что Эпинус осуществил идею электрофора, но не сконструировал законченного прибора.

В 1776 г. Вольта изобрел газовый пистолет - "**пистолет Вольты**", в котором газ метан взрывался от электрической искры.

В 1779 г. Вольту пригласили занять кафедру физики в университете с тысячелетней историей в городе Павия, где он проработал 36 лет.

Прогрессивный и смелый профессор, он порывает с латинским языком и учит студентов по книгам, написанным на итальянском.





Вольта много путешествует: Брюссель, Амстердам, Париж, Лондон, Берлин. В каждом городе его приветствуют собрания ученых, отмечают почестями, вручают Золотые медали. Однако "звездный час" Вольты еще впереди, он настанет через два с лишним десятилетия. А пока на целых пятнадцать лет он отдаляется от исследований электричества, живет размеренной профессорской жизнью и занимается различными интересующими его вещами. В возрасте сорока с лишним лет Вольта женился на знатной Терезе Пеллегрине, которая родила ему трех сыновей.

И вот - сенсация! Профессору попадает на глаза только что вышедший трактат Гальвани "О силах электрических при мышечном движении". Интересна трансформация позиции Вольты. Вначале он воспринимает трактат скептически. Затем повторяет опыты Гальвани и уже 3 апреля 1792 г. пишет последнему: "... с тех пор, как я стал очевидцем и наблюдал эти чудеса, я, пожалуй, перешел от недоверия к фанатизму. "





Однако это состояние длилось недолго. 5 мая 1792 г. в своей университетской лекции он превозносит опыты Гальвани, но уже следующую лекцию - 14 мая проводит в полемическом плане, высказывая мысль, что лягушка скорее всего - только индикатор электричества, "электромтр, в десятки раз более чувствительный, чем даже самый чувствительный электромтр с золотыми листочками."

Вскоре острый взгляд физика подмечает то, что не привлекло внимания физиолога Гальвани: содрогание лапок лягушки наблюдается лишь тогда, когда ее касаются проволоками из двух различных металлов. Вольт предполагает, что мышцы не участвуют в создании электричества, а их сокращение - вторичный эффект, вызываемый возбуждением нерва. Для доказательства он ставит знаменитый опыт, в котором обнаруживается кисловатый привкус на языке при приложении к его кончику оловянной или свинцовой пластинки, а к середине языка или к щеке - серебряной или золотой монеты и соединении пластинки и монеты проволочкой. Аналогичный вкус мы ощущаем, лизнув одновременно два контакта батарейки. Кисловатый привкус переходит в "щелочной", т. е. отдающий горечью, если поменять на языке местами металлические предметы.





В июне 1792 г., всего через три месяца после того, как Вольта начал повторять опыты Гальвани, у него уже не оставалось никаких сомнений: "Таким образом, металлы - не только прекрасные проводники, но и двигатели электричества; они не только предоставляют легчайший путь прохождению электрического флюида, ... но сами же вызывают такое же нарушение равновесия тем, что извлекают этот флюид и вводят его, подобно тому, как это происходит при натирании идиоэлектриков" (так называли во времена Вольты тела, электризующиеся при трении).

Так Вольта установил **закон контактных напряжений**: два разнородных металла вызывают "нарушение равновесия" (по-современному - создают разность потенциалов) между обоими, после чего предложил называть полученное таким путем электричество не "животным", а "металлическим". С этого начался его семилетний путь к подлинно великому творению.

Первая серия уникальных экспериментов по измерению контактной разности потенциалов (КРП) завершилась составлением известного "**ряда Вольты**", в котором элементы располагаются в следующей последовательности: цинк, оловянная фольга, свинец, олово, железо, бронза, медь, платина, золото, серебро, ртуть, графит (Вольта ошибочно отнес графит к металлам).



Каждый из них, придя в соприкосновение с любым из последующих членов ряда, получает положительный заряд, а этот последующий - отрицательный. Например, железо (+) / медь (-); цинк (+) / серебро (-) и т. п. Силу, возникающую при контакте двух металлов, Вольт назвал электровозбудительной, или электродвижущей силой. Эта сила перемещает электричество так, что получается разность напряжений между металлами. Далее Вольт установил, что разность напряжений будет тем больше, чем дальше расположены металлы один от другого. Например, железо/медь - 2, свинец/олово - 1, цинк/серебро - 12.

В 1796-1797 гг. был выявлен важный закон: разность потенциалов двух членов ряда равна сумме разностей потенциалов всех промежуточных членов:

$$A/B + B/C + C/D + D/E + E/F = A/F.$$

Действительно, $12 = 1 + 2 + 3 + 1 + 5$.

Кроме того, опыты показали, что разности напряжений в "замкнутом ряду" не возникает: $A/B + B/C + C/D + D/A = 0$. Это означало, что посредством нескольких чисто металлических контактов нельзя достичь больших напряжений, чем при непосредственном контакте только двух металлов.



С современной точки зрения теория контактного электричества, предложенная Вольтой, была ошибочной. Он рассчитывал на возможность непрерывного получения энергии в виде гальванического тока без затраты на это какого-либо другого вида энергии.

Все-таки в конце 1799 г. Вольте удастся добиться желаемого. Сначала он установил, что при соприкосновении двух металлов один получает большее напряжение, чем другой. Например, при соединении медной и цинковой пластин медная имеет потенциал 1, а цинковая 12. Последующие многочисленные эксперименты привели Вольту к выводу, что **непрерывный электрический ток может возникнуть лишь в замкнутой цепи, составленной из различных проводников - металлов (которые он называл проводниками первого класса) и жидкостей (названных им проводниками второго класса).**

Таким образом, Вольта, сам того до конца не осознавая, пришел к созданию **электрохимического элемента, действие которого основывалось на превращении химической энергии в электрическую.**





Значительные напряжения Вольта смог получать, располагая столбиком кружки одинаковых контактных пар металлов, одинаково ориентированных и разделенных влажными прокладками из ткани. Суть этого сам Вольта проиллюстрировал на примере своей чашечной батареи (рис. 2). В левой чашке находится одна медная пластина, ее потенциал 1. В трех последующих чашках левые пластины - цинковые, правые - медные; в последней чашке - цинковая; каждая цинковая в одной чашке соединена металлической дужкой с медной в соседней чашке. Первая цинковая пластина имеет потенциал 12. Вольта допустил, что две металлические пластинки, разделенные жидкостью, приобретают одинаковые потенциалы. Следовательно, вторая медная будет иметь потенциал также 12, а вторая цинковая $12 + 11 = 23$; третья цинковая $12 + 2 * 11 = 34$; четвертая $12 + 3 * 11 = 45$ и т. д. Например, 10-я цинковая приобретет потенциал $12 + 9 * 11 = 111$.

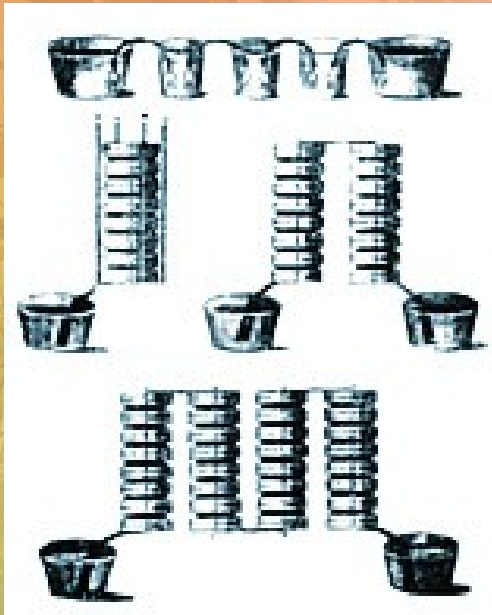


Рис. 2. Виды гальванических элементов, изображенных Вольтой в письме к Бэнксу: вверху - чашечная батарея, внизу - варианты "вольтовых столбов".



О своем открытии Вольта сообщил в письме от 20 марта 1800 г. президенту Лондонского Королевского общества Джозефу Бэнксу. В сообщении "Об электричестве, возбуждаемом простым соприкосновением простых проводящих веществ" он пишет: "... Я ... имею удовольствие сообщить о некоторых поразительных результатах, полученных мною. Главный из этих результатов ... создание прибора, который действует непрерывно..., создает неуничтожаемый заряд, дает непрерывный импульс электрическому флюиду".

И далее: "Снаряд, о котором я говорю, - и это удивит Вас - ... есть не что иное, как собрание хороших проводников разного рода, расположенных определенным образом. Двадцать, сорок или шестьдесят кружков меди или, еще лучше, серебра, сложенных каждый с кружком олова или лучше цинка, и такое же количество слоев воды или какой иной жидкости, лучше проводящей, чем вода, например, соляного раствора, щелока и т. п., или кусков картона, кожи и т. п. хорошо смоченных этими жидкостями, причем эти слои располагаются между обоими разнородными металлами каждой пары. Вот все, что составляет мой новый инструмент". Сам Вольта первоначально предлагал назвать свой прибор, или снаряд, или инструмент "искусственным электрическим органом", затем переименовал в "электродвижущую колонну". Позже французы стали называть этот прибор "гальваническим столбом", или "вольтовым столбом".





Вольте принадлежит **введение понятий**:
"емкость",
"цепь",
"электродвижущая сила",
"разность напряжений".

К изобретателю пришли почет и слава. Во Франции в его честь чеканится медаль, а первый консул Директории генерал Бонапарт основывает фонд в 200000 франков для "гениальных первооткрывателей" в области электричества и первую премию вручает автору столба. Вольта становится рыцарем Почетного легиона, Железного креста, получает звание сенатора и графа, становится членом Парижской и Петербургской академий наук, членом Лондонского Королевского общества, которое награждает его Золотой медалью Коплея.

Создание "вольтова столба" было революционным событием в науке об электричестве, оно подготовило фундамент для зарождения современной электротехники и оказало огромное влияние на всю историю человеческой цивилизации. Неудивительно, что современник Вольты французский академик Д. Араго считал вольтов столб "...самым замечательным прибором, когда-либо созданным людьми, не исключая телескопа и паровой машины".





"Вольтов столб" в первую треть XIX века оставался единственным источником электрического тока, который успешно использовали для своих опытов и открытий крупнейшие ученые - В. Петров, Х. Дэви, А.-М. Ампер, М. Фарадей.

Среди них первым, кто усовершенствовал "вольтов столб", был профессор физики петербургской Медико-хирургической академии Василий Петров. Он указал на то, что более интенсивный ток можно получить от более мощной батареи. В 1802 г. он создал уникальный источник тока высокого напряжения (около 1700 В), названный им "огромной наипаче батареей". Эта батарея состояла из 2100 медно-цинковых элементов (в существовавших тогда в Европе батареях было 15-20 элементов). В своем сочинении "Известие о гальвани-вольтовых опытах", изданном в 1803 г., В. Петров описал открытое им явление электрической дуги и указал, что ее "ярким светом, подобным солнечному или пламени, темный покой довольно ясно освещён быть может". Так было положено начало двум направлениям: электроплавке металлов и восстановлению их из руд и созданию дуговых электрических ламп.





Вольте посчастливилось дожить до важнейших открытий, сделанных с использованием его изобретения: это действие тока на магнитную стрелку, взаимное вращение проводников с током и магнитом (прообраз электродвигателя), разработка Ампером основ электродинамики. В 1819 г. Вольта оставил профессию.

Он скончался в своем родном городе в 1827 г. в возрасте 82 лет.





Научный вклад Вольты был высоко оценен современниками - он считался самым великим физиком Италии после Галилея. На основе изобретения Вольты до конца XIX века было предложено около двухсот разновидностей "вольтова столба" - электрохимических источников тока.

Легенды о Вольте ходили еще при его жизни. В доказательство своей теории о "контактном электричестве" он в 1794 г. произвел **опыт "Квартет мокрых"**. Четверо мужчин с мокрыми руками становились в круг. Затем первый правой рукой брал цинковую пластинку, а левой касался языка второго; второй касался глазного яблока третьего, который держал за лапки препарированную лягушку, а четвертый правой рукой охватывал ее тельце, а левой подносил серебряную пластинку к цинковой, которую держал правой рукой первый. В момент касания первый резко вздрагивал, второй морщился от "лимонного" вкуса во рту, у третьего сыпались искры из глаз, четвертый чувствовал неприятные ощущения, а лягушка будто оживала и трепетала. Это зрелище потрясало очевидцев.





Память о Вольте была увековечена в 1881 г. на Международном конгрессе электриков в Париже, где одной из важнейших электрических единиц - единице напряжения было присвоено наименование "вольт".

Созданием "вольтова столба" завершилась эпоха электростатики и было положено начало эпохи электротехники.

Так на рубеже XVIII-XIX веков произошел переход от электричества для науки к электричеству для человечества - для промышленности, быта, культуры.





Литература:

- Льюцци, М. История физики / М. Льюцци ; пер. с итал. - М. : Мир, 1970.
- Лебедев, В. Электричество, магнетизм и электротехника в их историческом развитии / В. Лебедев. - М.-Л. : Н.-т. изд-во НКТП СССР, 1937.
- Карцев, В. Приключения великих уравнений / В. Карцев. - М. : Знание, 1978.
- Дорфман, Я. Г. Всемирная история физики с древнейших времен до конца XVIII века / Я. Г. Дорфман. - М. : Наука, 1974.
- Самарин, М. С. Вольт, Ампер, Ом и другие единицы физических величин в технике связи / М. С. Самарин. - М. : Радио и связь, 1988.
- Розенберг, Ф. История физики. Ч. III, вып. I. / Ф. Розенберг. - М.-Л.: Н.-т. изд-во НКТП СССР, 1935.
- Веселовский, О. Н. Очерки по истории электротехники / О. Н. Веселовский, Я. А. Штейнберг. - М.: Изд-во МЭИ, 1993.
- Штейнберг, Ян. Провозвестник эпохи электротехники Алессандро Вольты: к 200-летию первого источника электрического тока / Ян Штейнберг, Д. Шарле // «Электросвязь». - №6, 2000 г., стр. 50. -
URL: <https://computer-museum.ru/connect/volta.htm>
- Dictionary of scientific biography. Vol. 14 / Charles Coulston Gillispie. - American Council of Learned Societies, 1976.

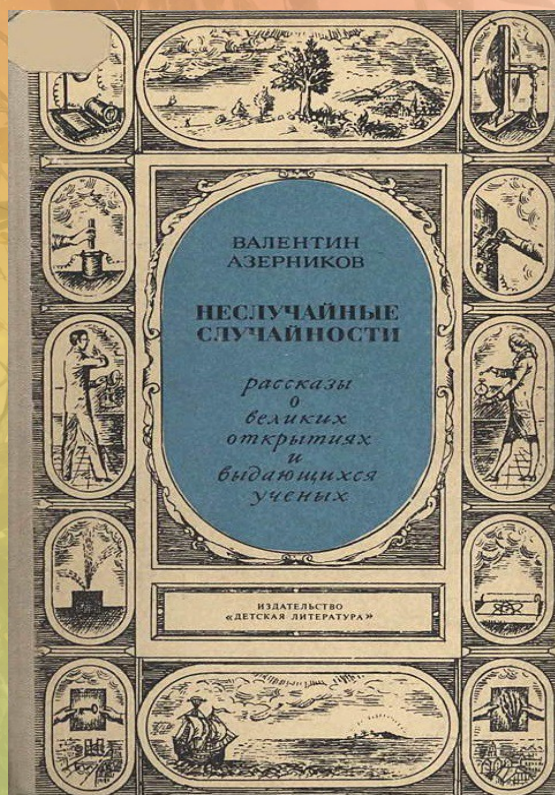


Рекомендуем книги:

53(09)

А 35

Азерников, Валентин Захарович.
Неслучайные случайности [Текст] :
рассказы о великих открытиях и
выдающихся ученых / В. З. Азерников ;
худож. Ю. Лышко. - М. : Детская
литература, 1972. - 272 с. : ил.
Имеются экземпляры в отделах:
ОБИМФИ (1)





53(09)

Г 60

Голин, Генрих Моисеевич.

Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.) [Текст] :

справочное пособие / Г. М. Голин, С. Р.

Филонович. - М. : Высш. шк., 1989. - 576 с. :

ил. - Библиогр.: с. 576.

Имеются экземпляры в отделах:

ОБИМФИ (14)





53(09)

Г 60

Голин, Генрих Моисеевич.

Хрестоматия по истории физики.

Классическая физика [Текст] : хрестоматия /

Г. М. Голин ; сост., автор вступ. статей

Г. М. Голин. - Мн. : Вышэйшая школа, 1979.

- 272 с. : ил. - Библиогр.: с. 264.

Имеются экземпляры в отделах:

ОБИМФИ (10)





53(092)

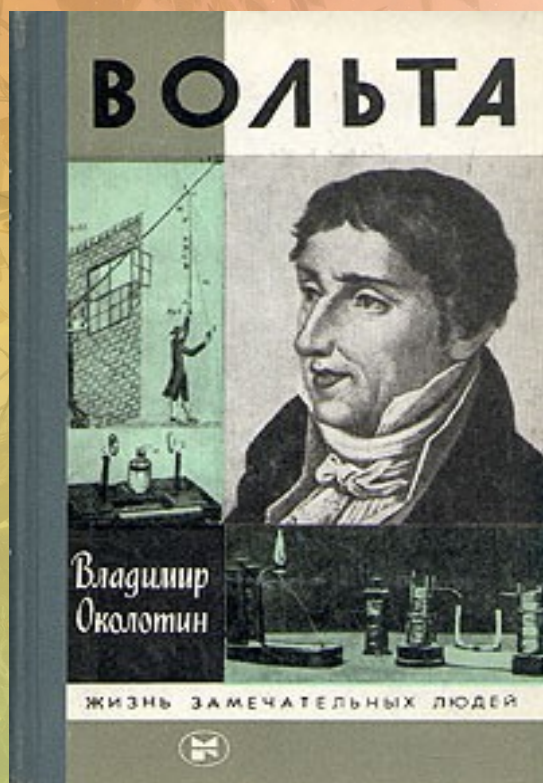
О-51

Околотин, Владимир Степанович.

Вольта [Текст] : биография отдельного лица /
В. С. Околотин. - М. : Молодая гвардия,
1986. - 320 с. : ил. - ("Жизнь замечательных
людей". Серия биографий ; вып. 10).

Имеются экземпляры в отделах:

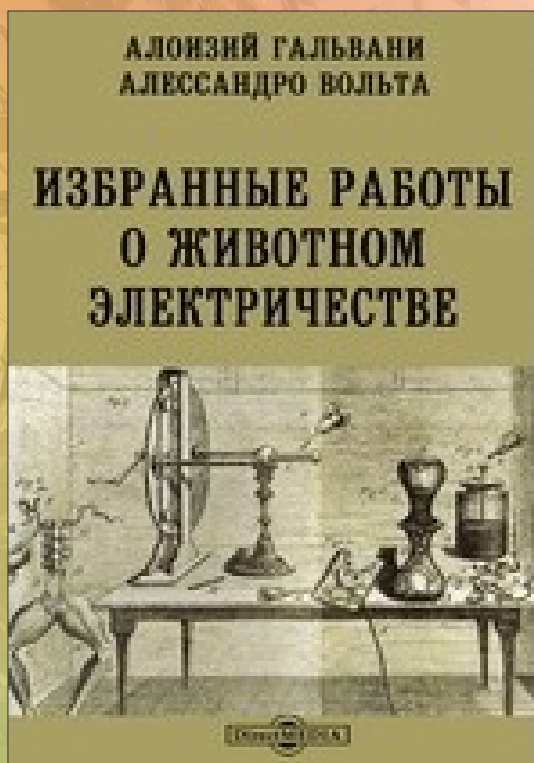
ОБИМФИ (14)





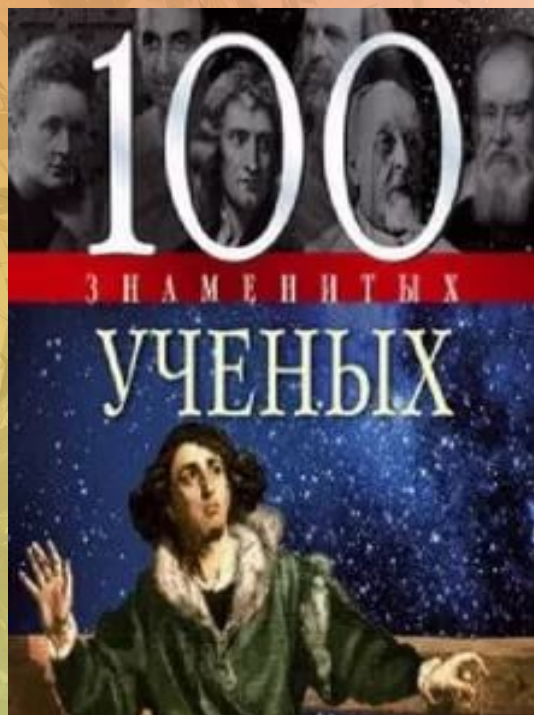
Гальвани, А. Избранные работы о животном электричестве / А. Гальвани, А. Вольта ; пер. Е. Э. Гольденберг. – Москва ; Ленинград : Государственное издательство Биологической и Медицинской литературы, 1937. – 420 с. – (Классики биологии и медицины). –

// ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: по подписке.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=134220>



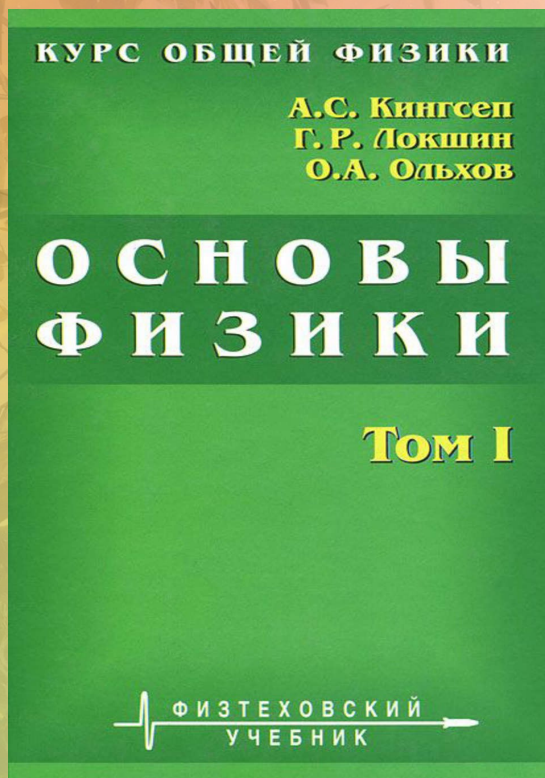


100 знаменитых ученых / А.В. Фомин, В. Л. Карнацевич, В. Ю. Матицин, В. М. Складенко. – Харьков : Фолио, 2008. – 507 с. – (100 знаменитых). –
// ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: по подписке.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222686>





Кингсеп, А. С. Основы физики: курс общей физики : в 2-х т. / А. С. Кингсеп, Г. Р. Локшин, О. А. Ольхов. – 2-е изд., испр. – Москва : Физматлит, 2007. – Т. 1. Механика, электричество и магнетизм, колебания и волны, волновая оптика. – 704 с. – // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: по подписке. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82178>





Шустов, М. А. История электричества : научно-популярное издание / М. А. Шустов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2019. – 568 с. : ил. –
// ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: по подписке.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=498554>





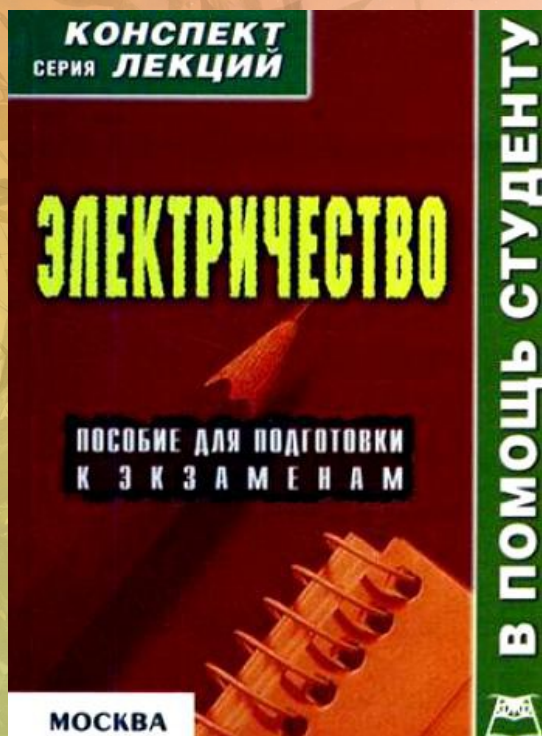
Калашников, С. Г. Электричество : учебное пособие / С. Г. Калашников. – 6-е изд., стереотип. – Москва : Физматлит, 2004. – 624 с. –

// ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: по подписке.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83226>





Постников, Е. Б. Электричество : учебное пособие / Е. Б. Постников. – Москва : Приор-издат, 2007. – 208 с. – (Конспект лекций. В помощь студенту). – // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: по подписке.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=56353>





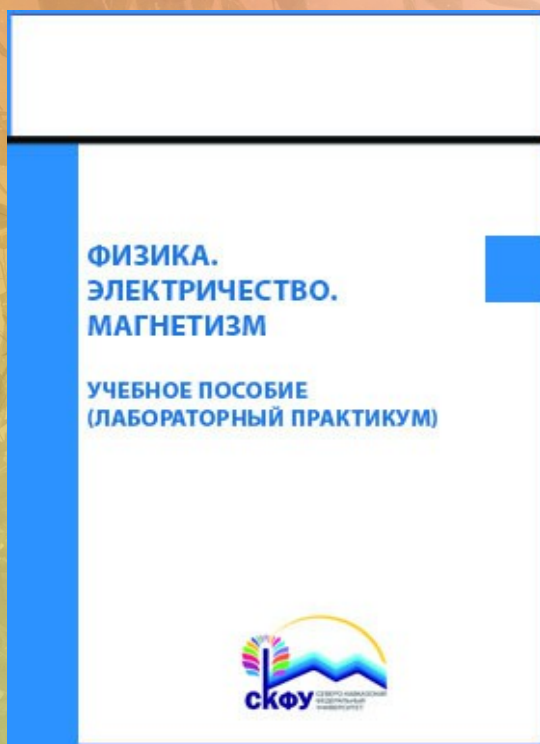
Ташлыкова-Бушкевич, И. И. Физика :
учебник : в 2 ч. / И. И. Ташлыкова-
Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск :
Вышэйшая школа, 2014. – Ч. 1. Механика.
Молекулярная физика и термодинамика.
Электричество и магнетизм. – 304 с. : ил.,
схем. –

// ЭБС «Университетская библиотека
онлайн» [Электронный ресурс]. - Электрон.
дан. - Режим доступа: по подписке.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=235732>





Физика. Электричество. Магнетизм :
лабораторный практикум [16+] / авт.-сост.
Н. В. Жданова, В. Г. Зубрилов, В. В.
Мизина ; Министерство науки и высшего
образования РФ и др. – Ставрополь : СКФУ,
2018. – 131 с. : ил. –
// ЭБС «Университетская библиотека
онлайн» [Электронный ресурс]. - Электрон.
дан. - Режим доступа: по подписке.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=562868>





Абдрахманова, А. Х. Физика. Электричество: тексты лекций / А. Х. Абдрахманова ; Министерство образования и науки РФ, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет, 2018. – 120 с. : схем., табл., ил. –

// ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: по подписке.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500426>





Даминов, Р. В. Опыты с электричеством и магнетизмом : учебное пособие / Р. В. Даминов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 196 с. : ил., схем. – // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: по подписке. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482432>





Ларина, М. П. Электричество и магнетизм : учебное пособие / М. П. Сарина. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. – Ч. 1. Электричество. – 152 с. – // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: по подписке. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228921>





Целебровский, Ю. В. Первокурсникам об электричестве : учебное пособие / Ю. В. Целебровский. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. – 48 с. – // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. Режим доступа: по подписке. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=22860>





СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!



*Алессандро Вольта демонстрирует
Наполеону свои изобретения —
Вольтов столб и гелиевую пушку*