

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Ю. П. КОЛОНТАЄВСЬКИЙ

КОРОТКИЙ НАРИС ІСТОРІЇ ЕЛЕКТРИКИ
В ОСОБИСТОСТЯХ

МОНОГРАФІЯ

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2017

УДК 537:93/94:929

К61

Автор

Колонтаєвський Юрій Павлович, кандидат технічних наук, доцент

Рецензенти:

Скляр Володимир Миколайович, доктор історичних наук, професор, завідувач кафедри історії науки і техніки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

Грицунов Олександр Валентинович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри мікроелектроніки електронних приладів та пристроїв Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ)

Рекомендовано на засіданні Вченої ради Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова, протокол № 10 від 03.03.2017 р.

Колонтаєвський Ю. П.

К61 Короткий нарис історії електрики в особистостях : монографія / Ю. П. Колонтаєвський ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 111 с.

ISBN 978-966-695-430-8

У монографії представлено результати дослідження, що мало за мету створення короткого ілюстрованого викладу головних етапів розвитку електрики як науки, що виникла на основі ідей і відкриттів визначних особистостей цієї галузі знань, – від Фалеса до О. С. Попова, Г. Марконі і Дж. Дж. Томсона, з наведенням портретів філософів, вчених, винахідників та інженерів, деяких їхніх здобутків, що забезпечили перетворення електрики з окремих понять та розумінь, які спочатку часто межували з мракобіссям, у струнку систему наукових знань, що сформувалася на кінець XIX століття, а з початку XX століття стала науковою і технічною основою сучасних енергетики, електромеханіки, інформатики та ще багатьох і багатьох галузей техніки й науки.

УДК 537:93/94:929

ISBN 978-966-695-430-8

© Ю. П. Колонтаєвський, 2017

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017

ЗМІСТ

Вступ	4
Замість передмови	5
Короткий нарис історії електрики в особистостях	15
Післямова	85
Алфавітний покажчик імен	87
Список використаних джерел	88
Додаток А Хронологія викладених подій	104

ВСТУП

У монографії представлено результати дослідження, що мало за мету створення короткого ілюстрованого викладу головних етапів розвитку електрики як науки, що виникла на основі ідей і відкриттів визначних особистостей цієї галузі знань, – від Фалеса до О. С. Попова, Г. Марконі і Дж. Дж. Томсона, з наведенням портретів філософів, вчених, винахідників та інженерів, деяких їхніх здобутків, що забезпечили перетворення електрики з окремих понять та розумінь, які спочатку часто межували з мракобіссям, у струнку систему наукових знань на кінець XIX століття, а з початку XX століття у наукову і технічну основу сучасних енергетики, електромеханіки, інформатики та ще багатьох і багатьох галузей техніки й науки.

Починалося все понад десять років тому зі спроби викласти історію електрики конспективно, для ознайомлення студентів, і зайняло менше шести з половиною сторінок друкованого тексту. Потім виникло бажання впорядкувати записи із зазначенням дат і доданням зображень. Планувалося впоратись за два-три дні. А вийшло – місяць. Надалі матеріал доповнювався, особливо ілюстраціями, викладався студентам з застосуванням мультимедійних засобів (підібрано так, що розповідається протягом двох академічних годин). Багато хто пропонував його видати. Отже, ще два місяці на впорядкування і, нарешті, маємо результат.

Доцільність цього видання вбачаю в формуванні у читача цілісного уявлення про історію становлення й розвитку електрики як науки.

Зазначу, що існують й інші трактування викладених у цьому виданні подій, де автори підкреслюють значущість вкладу в історію електрики окремих особистостей чи країн. Звісно тих, хто їм ближчий. Чого вартують, наприклад, деякі положення англійського науково-популярного серіалу «Електрика». У цій монографії наведено ті факти, що найбільше привернули увагу і видалися найімовірнішими мені. Події викладено згідно до європейської традиції, хоча й

відомі, наприклад, невстановленого призначення «загадкові» глечики з електродами, що їх знайшли біля Багдаду і відносять до III ст. н. е.

А взагалі у царині електрики, звісно, працювала дуже велика, неймовірна кількість людей. Тому пропоноване видання ні в якому разі не претендує на вичерпність інформації з зазначеної теми.

Порядок викладення матеріалу, в основному, запозичено із джерел [1–3; 167–169], звідти взято й деякі факти з історії електрики. Хронологію подій місцями дещо порушено з тематичних міркувань. Послідовно її наведено у додатку А.

Висловлюю глибоку вдячність рецензентам цього дослідження професору, доктору історичних наук В. М. Скляру, професору, доктору фізико-математичних наук О. В. Грицунову, а також колегам В. П. Федоренку, Д. В. Тугаю і Н. С. Завгородній за конструктивні критичні зауваження та цінні поради й пропозиції.

ЗАМІСТЬ ПЕРЕДМОВИ

Оскільки автор більшу частину життя працював і надалі працює на кафедрі теоретичної і загальної електротехніки Харківського національного університету імені О. М. Бекетова, то розпочати хотілося б з розповіді про людину, яка у 1902 році створила першу в Європі кафедру електротехніки [62]. Відкритим залишається й питання про те, хто ж, власне, винайшов рентген?

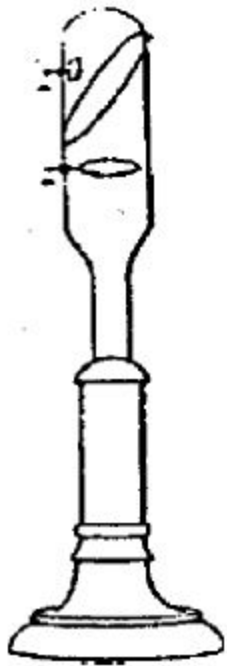


Отже, *Іван Павлович Пулюй* народився 2 лютого 1845 року в містечку Гримайлів Галицького округу Королівства Галичини та Володимирії Австрійської імперії [4–7; 72]. Нині це селище міського типу Гусятинського району Тернопільської області (можливо, хтось пам'ятає досить успішну команду Клубу веселих і кмітливих з селища Гримайлів).

Після закінчення гімназії, 1865 року Іван Пулюй вступив до Греко-католицької духовної семінарії у Відні. В останній рік навчання у семінарії відвідував лекції з математики, фізики та астрономії у Віденському університеті. Ці науки настільки захопили його, що він вирішив не висвячуватися на священика, а стати студентом філософського факультету цього університету. Навчання тривало упродовж 1869–1872 років.

У 1874–1875 роках він викладав фізику, механіку та математику у Військово-морській академії в місті Фіюме (нині Рієка, Хорватія). Там сконструював прилад для вимірювання механічного еквівалента теплоти, який став широко відомим у науковому світі й у 1878 році був відзначений срібною медаллю на Всесвітній виставці в Парижі. У 1875–1876 роках Пулюй, як стипендіат австрійського Міністерства освіти, навчався й працював у Страсбурзькому університеті та фізичному інституті професора Августа Кундта. У 1876-му захистив дисертацію «Залежність внутрішнього тертя газів від температури» і здобув ступінь доктора філософії Страсбурзького університету.

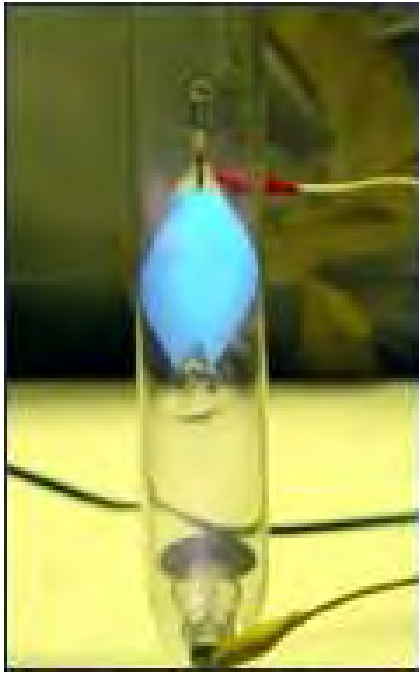
Повернувся до Відня, де в 1876–1883 роках працював асистентом і приват-доцентом у Віденському університеті, приділяючи багато часу проблемам електротехніки, продовжує вивчати явища в трубках. Фізик винаходить так звану «лампу Пулюя» (мал. 1) [8; 63; 64], де утворювалося невидиме випромінювання, яке можна було зробити видимим за допомогою барієво-платиново-ціаністого екрану. Прилад виготовлявся в заводських умовах і протягом деякого часу випускався серійно. За його допомогою Пулюй отримав перші високоякісні світлини.



Малюнок 1 – Креслення лампи і сама лампа Пулюя, що стала прообразом рентгенівської трубки

Стверджували, що Пулюй подарував декілька екземплярів приладу *Рентгену*, з яким був знайомий особисто і активно листувався. На світовій електротехнічній виставці 1881 року в Парижі прилад Пулюя був нагороджений срібною медаллю. У 1880–1882 роках у «Доповідях Віденської академії наук» було надруковано чотири важливі статті Пулюя, присвячені катодним променям, які визвало значний резонанс у середовищі фізиків.

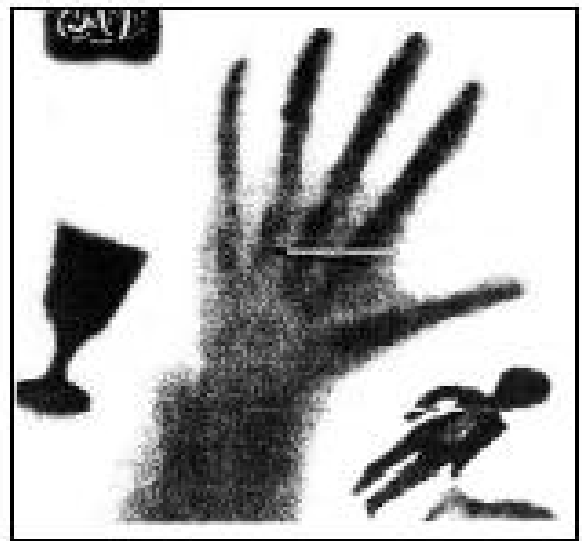
Після електротехнічної виставки у Відні 1883 року винаходи Пулюя викликали велике зацікавлення, внаслідок чого він отримав запрошення відомого підприємця Верндля, власника знаної у Європі фірми, переїхати до міста Штайра (Австрія), де в 1883–1884 роках Пулюй працював консультантом і директором фабрики освітлювальних ламп власної конструкції (мал. 2) [65; 66].



Малюнок 2 – Газосвітна лампа Пулюя і вдосконалена ним лампа розжарювання

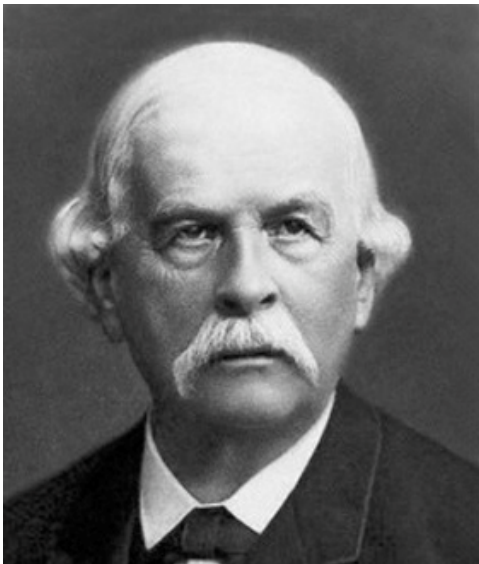
Невдовзі його заслуги було визнано і на урядовому рівні: на запрошення міністерства освіти Австро-Угорщини восени цього ж року Пулюя обійняв посаду професора експериментальної і технічної фізики Німецької вищої технічної школи в Празі, де він почав читати лекції, окрім фізики, і з окремого курсу електротехніки, розробив системний план з організації відповідних досліджень у празькій політехніці. На 1888–1889 навчальний рік Пулюя було обрано ректором політехніки, а 1890 році – деканом машинобудівного факультету.

Особливим для Пулюя був початок 1896 року, коли він провів фундаментальні дослідження природи та властивостей щойно відкритих X-променів (мал. 3) [67], результати яких опублікував у двох статтях в «Доповідях Віденської академії наук».



Малюнок 3 – Один з перших пулюєвих знімків (1896)

Німецький фізик *Вільгельм Конрад Рентген* (1845–1923) [9; 68] 28 грудня 1895 року випадково, як він зазначав, звернув увагу на світіння флуоресцентного екрану, розташованого поблизу трубки навіть тоді, коли вона була обгорнута непрозорим для видимого світла папером. Реагували на невидиме випромінювання і фотопластини. Тобто, Рентген з'ясував, що назовні з трубки виходять якісь промені, названі ним унаслідок відсутності чіткого уявлення про їхню природу X-променями. Пізніше це випромінювання, за



Альберт фон Коллікер
(1817–1905)



Альберт Ейнштейн
(1879–1955)

пропозицією анатома *Альберта фон Коллікера* [10; 69], отримало назву рентгенівського.

Рентген не вказав, якою трубкою він користувався, коли виявив невідоме випромінювання. Газетна публікація у *Bohemia* посилалася на статтю Рентгена під назвою «Про новий тип випромінювання» опубліковану 28 грудня 1895 року в журналі Вюрцбургського фізико-медичного товариства.

Отримавши примірник статті, Пулюй із здивуванням побачив, що його давній знайомий Рентген жодним словом не згадав про нього. Він написав Рентгену лист, у якому запитав, чи використовував той у своїх дослідженнях над X-променями його лампу, але це питання з підтекстом (якщо використовував, то чому він не послався на Пулюя?) залишилося без відповіді.

Сусіда й друг Пулюя *Альберт Ейнштейн* [70], дізнавшись про історію з X-променями, сказав: «Не можу Вас нічим утішити: що відбулося – не змінити. Хай залишається при Вас сатисфакція, що і Ви

вклали свою частинку в епохальне відкриття. Хіба цього мало? А якщо на тверезу голову, то все має логіку. Хто стоїть за Вами, русинами, – яка культура, які акції? Прикро Вам це слухати, але куди подінешся від своєї долі? А за Рентгеном – уся Європа». Втішив (!?).

Тут згадуються слова нашого філософа Григорія Савича Сковороди [11; 12; 71]:

*Всякому городу нрав і права,
Всяка імієт свой ум голова,
Всякому серцю своя єсть любов,
Всякому горлу свой єсть вкус каков.*

Як не було важко, але Пулюй визнав першість за Рентгеном і не став заперечувати навіть після того, як у 1901 році того було оголошено першим з вчених світу нобелівським лауреатом із фізики.

До речі, Рентген заперечував існування щойно відкритого електрона та навіть забороняв про нього згадувати у своїй присутності.

Невідомо як склалися їхні стосунки після 1896 року, чи вони спілкувалися? За деякими джерелами всі особисті листи Івана Павловича після його смерті залишилися у його доньки Наталії, яка, опинившись в СРСР, безслідно зникла в сталінських таборах. Вільгельм Рентген же в своєму заповіті розпорядився знищити всі свої записи щодо відкриття X-променів.

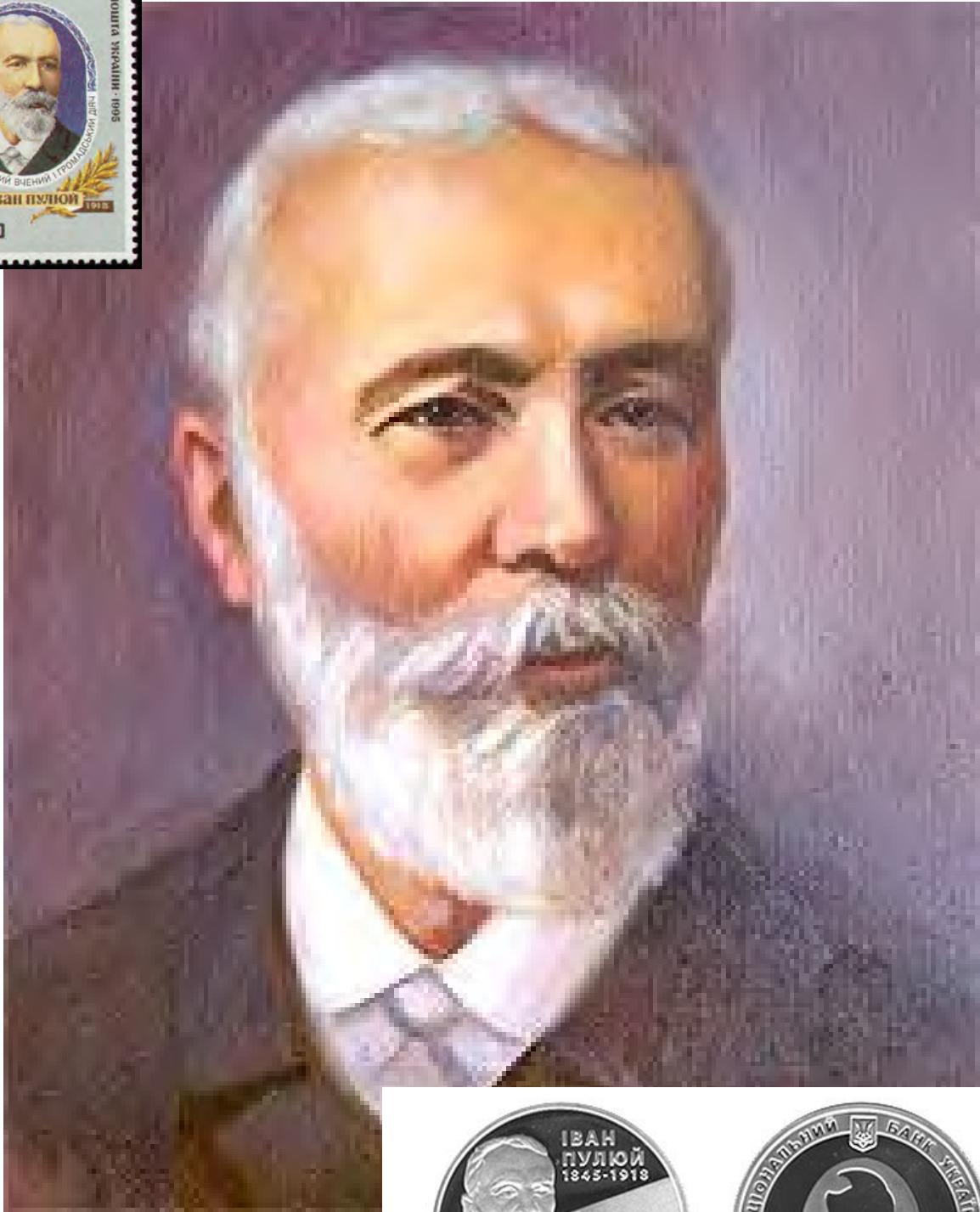
Серед учених-фізиків XIX століття Пулюй користувався заслуженим авторитетом і визнанням, але чому наукова громадськість «не помітила» його відкриття, зроблене на 14 років раніше Рентгена не зрозуміло. Дехто пояснює це тим, що при описі в наукових публікаціях винайденої лампи він неясно висловлював свої ідеї і використовував застарілу термінологію. Праці Пулюя в оригіналі можна знайти в архівах Празького університету, в багатьох європейських університетах збереглися підшивки наукових журналів тих часів, існують переклади його статей англійською і українською мовами.



**Григорій Савич
Сковорода
(1722–1794)**



Вільгельм Конрад Рентген
(1845–1923)



Іван Павлович Пулюй
(1845–1918)

У 90-х роках XIX століття Пулюй відіграв вирішальну роль як керівник проектування і будівництва електростанцій на змінному струмі в Чехії. Мешканці Праги й досі отримують електроенергію «Пулюєвої» електростанції.

У 1902 році він *заснував і очолив кафедру електротехніки* Німецької політехніки в Празі.

З нагоди 100-літнього ювілею Німецької політехніки в Празі за наукову та викладацьку діяльність Пулюя відзначено орденом Залізної корони (1906), а у 1910 він отримав хрест ордена Франца-Йосифа і титул Радника двору. У 1913 році Пулюя обирають почесним членом Віденського електротехнічного товариства, а у 1916 році пропонують посаду міністра освіти Австрійської монархії, від якої він відмовився за станом здоров'я і вийшов на пенсію.

Пулюй був не лише визнаним лідером у багатьох напрямках фізики й електротехніки. Працюючи майже все свідоме життя за межами України, саме він узяв на себе обов'язок розбудови системи освіти — від початкової школи до українського університету у Львові.

У 1869 році Пулюй видає український переклад «Молитвослова», а у 1871 починає працювати з Пантелеймоном Кулішем над перекладом Біблії українською. Повне видання Нового Заповіту вийшло 1880 року у Львові. Над перекладом Старого Заповіту працював Куліш до кінця життя (1897), а для завершення перекладу Пулюй запросив Івана Нечуя-Левицького.

Повністю Біблія у перекладі Куліша, Пулюя та Нечуя-Левицького, була видана у Відні 1903 року. У 1904 році Пулюй звернувся до російської влади і до Петербурзької Академії наук з клопотанням про дозвіл на поширення Біблії, перекладеної українською, в Російській імперії, однак йому було відмовлено. Натомість він добився дозволу від японського військового керівництва на поширення духовного слова українською серед вояків-українців, взятих у полон під час російсько-японської війни.

Помер Іван Павлович Пулюй 31 січня 1918 року у Празі (нині Чехія, тоді – Королівство Богемія, Австро-Угорщина), де й похований на Мальвазінках.

*КОРОТКИЙ НАРИС
ІСТОРІЇ ЕЛЕКТРИКИ
В ОСОБИСТОСТЯХ*

* **Фалес (Фалес Мілетський)** (близько 625 до н. е. – близько 546 до н. е.) жив у місті Мілеті в Малій Азії [13; 73;74].

Фалеса вважають фундатором стародавньої грецької філософії і європейської науки.

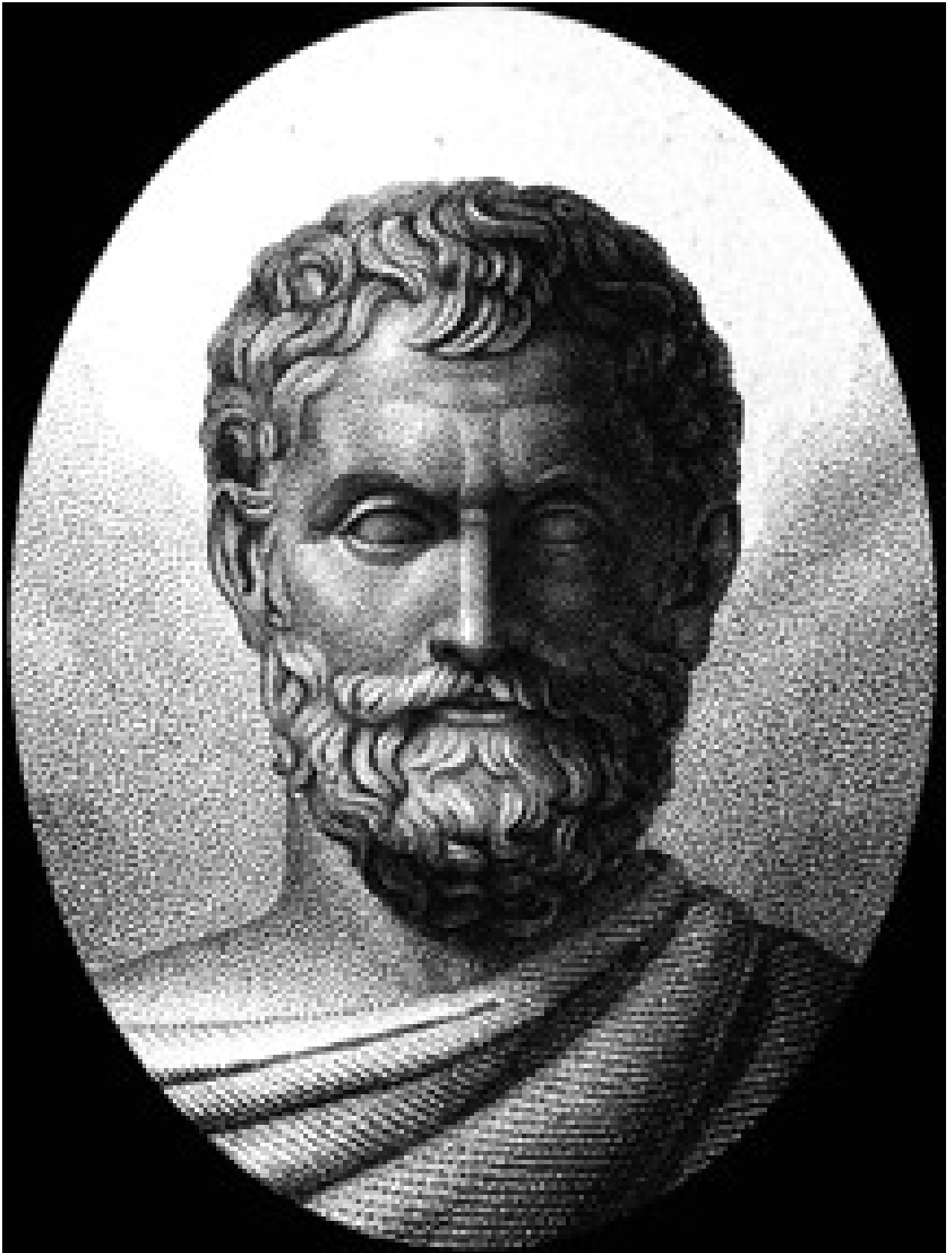
Звісно, і до Фалеса люди знали, що бурштин притягує порошинки, якщо його потерти об вовну. Але саме Фалес назвав силу, що притягає порошинки **електрикою** (грецькою *електрон* – *притягуючий* – одна з назв бурштину). А римляни називали його *харпакс* – «грабіжник».

Бурштин притягує і **магніт** (грецькою – *магnezійський камінь* – камінь з *магnezійського родовища* в Малій Азії; за іншими свідченнями назву, як твердив Платон, дав Еврипід) теж притягує.

За Фалесом: «Камінь (магніт) має душу й тому рухає залізо».

Отже, електрика – це «бурштинова сила».





Фалес Мілетський

(близько 640 до н. е. – близько 546 до н. е.)

* **Вільям Гілберт** (1544–1603) був придворним лікарем англійської королеви Єлизавети I і короля Якова I [14; 15; 75; 76].

Саме Гілберт проголосив **дослід критерієм істини** й усі твердження перевіряв експериментально. Його експериментальний метод досліджень завдав помітного удару по містицизму й різноманітних вигадках і забобонах.

Після тривалих експериментів над тим, що ж саме і до чого притягується (оскільки на той час «було відомо» багато різновидів магнітів, зокрема дерев'яні, золоті, дорогоцінних каменів, м'ясні...), як результат своїх вісімнадцятирічних дослідів, у 1600 році Гілберт опублікував книгу **«Про магніт, магнітні явища і великий магніт – Землю»**, де було викладено перший науковий погляд щодо електричних і магнітних явищ. Взагалі-то, як на ті часи, хоча це вже й була епоха Відродження, за такі експерименти можна було при нагоді отримати великі неприємності, а він, один з перших, навіть книгу своїм ім'ям підписав.

Гілберт увів термін **«ЕЛЕКТРИКА»**, а відповідні явища назвав **електричними** (знову ж таки від слова «електрон»): «Електричні тіла – це ті, котрі притягують так само, як і бурштин». Він **розділив електричні і магнітні явища на два класи**.

Ним встановлено, що нагрівання магніту (мал. 4) вище певної температури приводить до втрати ним властивостей (пізніше цю температуру у 588 °C було названо точкою Кюрі – на честь П'єра Кюрі). Вивчаючи властивості намагніченої залізної кулі, він довів, що куля діє на стрілку компаса так само, як і Земля, та дійшов висновку – Земля є гігантським магнітом.



Малюнок 4 – Магніт з дослідів Гілберта

Але пояснити Гілберт на той час нічого не зміг.



Вільям Гілберт
(1540–1603)

* *Отто фон Геріке* (1602–1686) – бургомістр німецького міста Магдебург [16; 77]. Близько 1645 року він створив електричну машину (мал. 5) [78], що забезпечувала нагромадження електричних зарядів: куля із сірки, що обертається, яку натирають руками. Якщо натирати довго, то куля так наелектризується, що в темряві навколо неї починає світитися повітря.

Геріке звернув увагу на те, що заряджені кулі можуть не тільки притягуватися, а й **відштовхуватись**.

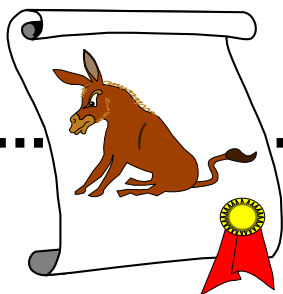
Його ж винаходами є магдебурзькі напівсфери з викачаним повітрям, що їх не могли роз'єднати десятеро коней (мал. 6, 7), повітряний насос (1650 рік) [79–81], манометр, водяний барометр, термометр, гігрометр.

Як тут не згадати такі слова:

**Усе, що можна було
винайти,
вже винайшли.**

Charles H. Duell

Американське
Бюро патентів.
1899 р.





Отто фон Герике
(1602–1685)



Малюнок 5 – Машина Геріке
для накопичення електричного заряду



Малюнок 6 – Півкулі й насос Геріке



Малюнок 7 – Пам'ятник Отто фон Геріке в Магдебурзі

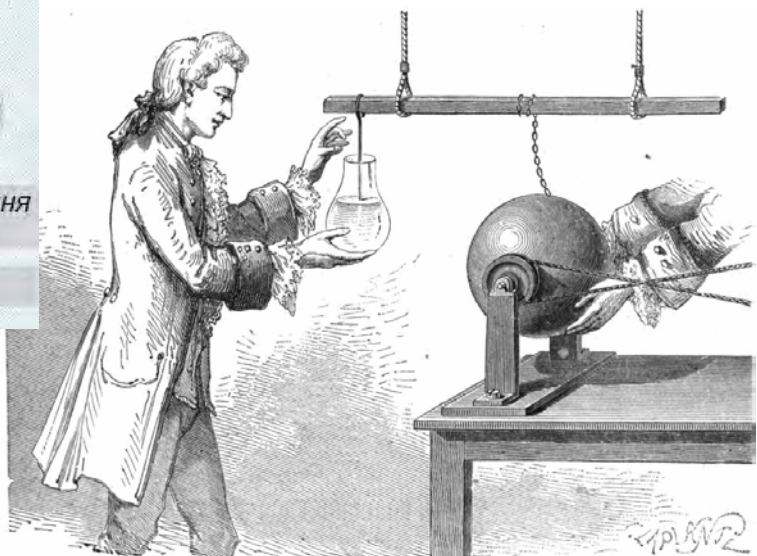
* *Пітер ван Мушенбрук* (1692–1761) – нідерландський фізик, професор з Лейдена [17; 82]. Він, а скоріше, його студент *Андреас Кунеас* створив у 1745 році *лейденську банку* – конденсатор (мал. 8): якось спроба Кунеаса зарядити за допомогою машини Геріке воду в скляній банці закінчилася тим, що у момент відключення електрода-ланцюжка Кунеас отримав такий страшний удар сили незрозумілої природи, що ледве не вмер (мал. 9) [83].

Наслідком цієї події і стало винайдення лейденської банки.

Після цього модно було ставити «досліди»: наприклад, сто вісімдесят королівських мушкетерів або сімсот (!!!) ченців бралися за руки, крайнім давали у долоні електроди лейденської банки і з цікавістю спостерігали, як всі падають у корчах. Дуже науково й неймовірно «пізнавально».



Малюнок 8 – Схема лейденської банки



Малюнок 9 – Лабораторна установка, за допомогою якої Мушенбрук і його учень Андреас Кунеас (на малюнку) досліджували властивості електричного заряду (1746 р.)



Пітер ван Мушенбрук
(1692–1761)

* *Бенджамін Франклін* (1706–1790) [18; 84]. Це саме той Франклін, якому належать відомі слова: «Час – це гроші», «Великому кораблеві – велика й дорога», «Не відкладай на завтра те, що можна зробити сьогодні»; той, що у 1754 році запропонував план об'єднання англійських колоній у Північній Америці, на основі якого було створено США як державу, а у 1775 брав участь у написанні Декларації незалежності і тепер нам більше відомий за таким зображенням:



А фізикою Франклін займався з 1747 по 1753 рік – усього лише сім років. Саме він увів такі терміни й поняття: «батарея», «конденсатор» (пояснив принцип дії лейденської банки), «провідник», «заряд», «розряд», **створив теорію статичної електрики**, єдиним недоліком якої на сьогодні є положення: *«тіло, що накопичує заряд – скляна електрика – має позитивний знак, а те, що втрачає – смоляна електрика – негативний»*. До відкриття електрона було ще 150 років, тому за часів Франкліна *«надлишок електричної рідини у тілі призводив до виникнення позитивного заряду, а її нестача – до негативного»*.



Малюнок 10 – Дослід з повітряним змієм

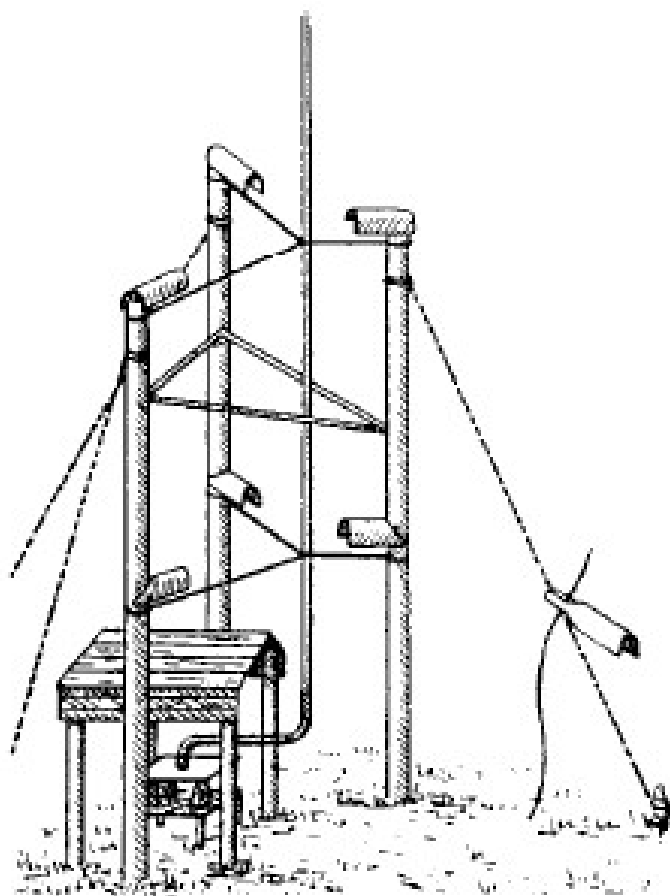
Провівши свої знамениті дослід з повітряним змієм, якого він запускав у грозові хмари (мал. 10) [85], Франклін писав: *«Коли змій і мотузок змокнуть під дощем і внаслідок цього почнуть проводити електрику, то потік її щедро надходить з ключа (прив'язаного до мотузка), якщо наблизити суглоби пальців»*.

Сьогодні подібні дослід ми вважали б за безрозсудство!



Бенджамін Франклін
(1706–1790)

Франклін довів електричну природу блискавки і в 1760 році винайшов *гromовідвідник* (головний винахід його життя). Та зробив це настільки добротнo, що й сьогодні його роблять так само, тільки ми його правильніше називаємо *блискавковідвідником*. Після досить тривалого і нелегкого періоду до загального визнання цього винаходу широким загалом, певний час навіть паризькі дами й денді вважали дуже модним мати на капелюшку або парасольці маленький громовідвідник – і сучасно, і вишукано (зазвичай ми все намагаємось звести до абсурду) (мал. 11) [86; 87]. До речі, подібну конструкцію майже на 25 років раніше було встановлено на Нев'янській башті Демидова на Уралі, а ще в 1754 році подібне застосував чеський священик *Проконій Дівиш* (щоправда, забобонні селяни його зруйнували). Так хто ж винайшов блискавковідвідник?



Малюнок 11 – Конструкція громовідвідника Франкліна

На бюсті Бенджаміна Франкліна, створеному видатним французьким скульптором *Жаном-Антуаном Гудоном* [88], викарбовано:

«Eripit coelo fulmen scemprumgue turannis» –

«Він відібрав блискавку у небес і владу у тиранів» (лат.).



Жан-Антуан Гудон
(1741–1828)



Бенджамін Франклін

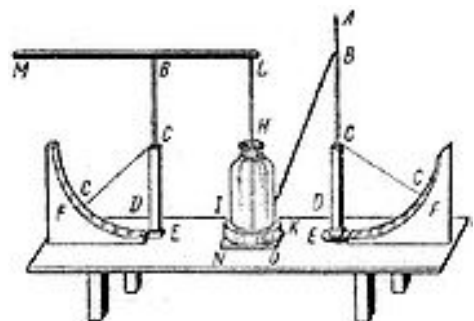
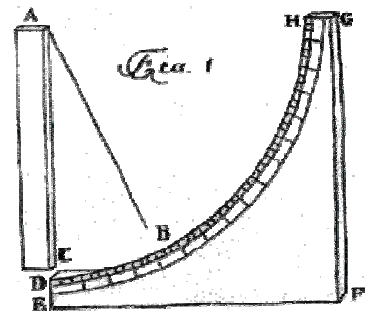
Скульптор – Гудон Жан-Антуан
(близько 1880 р., Гарвард, Художній музей Фогга)

* *Георг Вільгельм Ріхман* (1711–1753) – російський фізик [19; 89–91], один з перших (якщо не перший) хто перетворив електрику у науку, створивши в 1743 році перший у світі електричний вимірювальний прилад – *електрометр* для вимірювання статичної електрики.

Ріхману в дослідах з електрикою поталанило менше, ніж Франкліну. Він загинув 26 липня 1753 року під час проведення чергового досліду. Найімовірніше – від кульової блискавки.

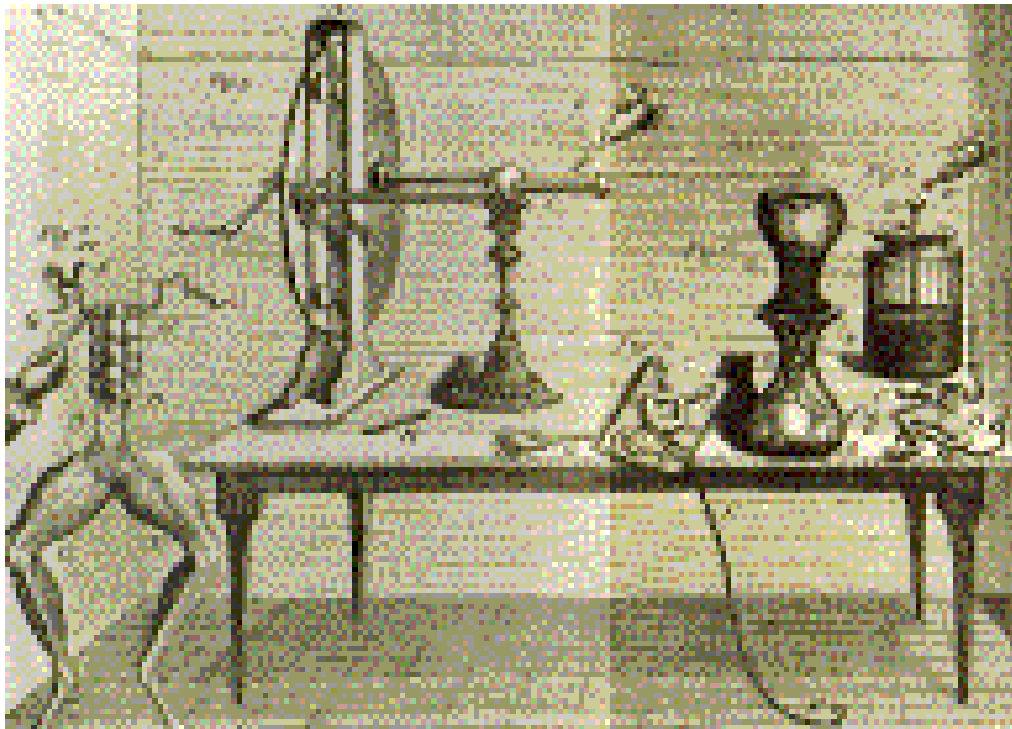


Георг Вільгельм Ріхман
(1711–1753)



* *Луїджі Гальвані* (1737–1798) жив в Італії у місті Болонья, займався спочатку богослов'ям, а потім медициною (з 1792 року – професор акушерства) [20; 92]. У 1770–1781 роках (упродовж одинадцяти років!) проводив відомі досліди з жаб'ячими лапками, що смикались під впливом електрики (ото бідна жаб'яча спільнота постраждала!).

До речі, подекують, ніби випадково звернула увагу на такий факт його дружина: якось, зайшовши до лабораторії чоловіка саме коли він готував суп з отих самих лапок, вона з жахом помітила, електричний розряд (поруч лаборант проводив досліди) супроводжується сіпанням лапки, яка лежить на плиті електричної машини, у момент дотику до неї скальпелем (мал. 12) [93].



Малюнок 12 – Лабораторія Гальвані

Але Гальвані так і не здогадався, що розряд тут ні до чого. Це відбувається в разі дотику до лапки *двох різнорідних металів* (потім такі метали стали називати *гальванічними парами*).

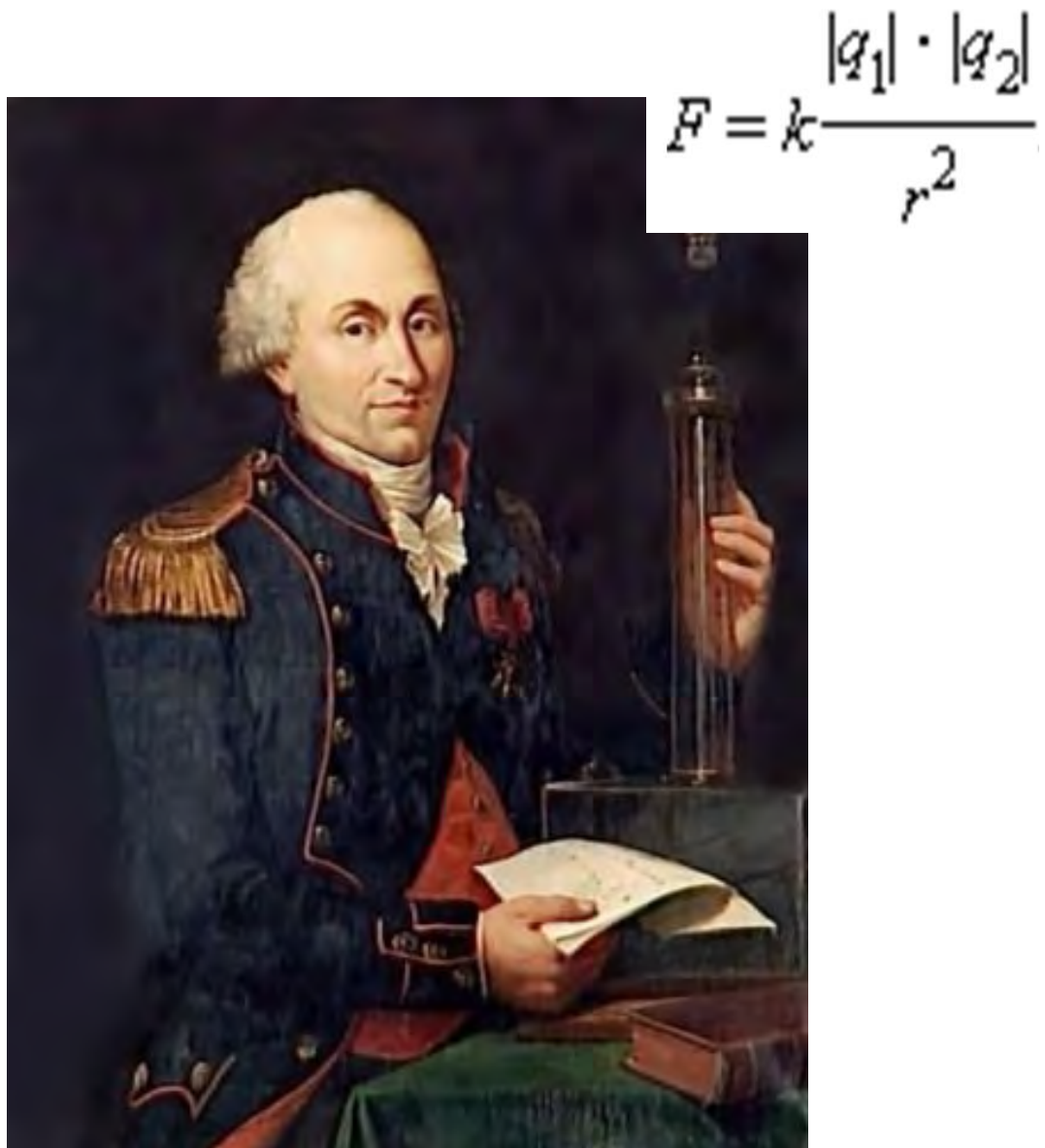
Тим не менш, досліди Гальвані та його уявлення (тваринна електрика) за півтора століття розвинулись у вчення про біоструми живих організмів.



Луїджі Гальвані
(1737–1798)

* *Шарль Огюстен де Кулон* (1736–1806), французький військовий інженер і вчений-фізик [21; 94; 95], після тривалих експериментів у 1785 році відкрив закон взаємодії заряджених електрикою тіл: дві кількості електрики взаємно відштовхуються одна від одної, якщо вони однойменні, і взаємно притягуються, якщо вони різнойменні, з силою, пропорційною добутку цих кількостей і зворотно пропорційною квадрату (як на здивування виявилось – *саме квадрату!*) відстані між ними. Цей закон дуже придасться, наприклад, при розробці електронновакуумних приладів.

Іменем Кулона названо одиницю вимірювання кількості електрики.



Шарль Огюстен де Кулон
(1736–1806)

* *Алессандро Вольта* (1745–1827) – італійський фізик і фізіолог [22; 96] звернув увагу на специфіку взаємодії саме двох різнорідних металів: якщо на язик покласти мідну монетку а під язик срібну та з'єднати їх провідником – у роті з'явиться присмак купоросу – «смак електрики». У 1799 році двадцять дисків із міді та срібла (пізніше з цинку) діаметром приблизно тридцяти сантиметрів він переклав змоченим солоною водою сукном (замість язика) і отримав **вольтів стовп** (мал. 13) [97].



Малюнок 13 – Вольтів стовп

У результаті – вперше здобуто можливість **спостереження довготривалого протікання електричного струму!**

Перший Консул Франції *Наполеон* був так вражений та захоплений досягненням Вольта, що коли побачив у бібліотеці Французької Академії лавровий вінок з написом «*Великому Вольтеру!*», підійшов і витер дві останні літери. Стало: «*Великому Вольтэ!*» (мал. 14) [98].



Малюнок 14 – Алессандро Вольта демонструє перед Наполеоном своє відкриття – Вольтів стовп
Художник Дж. Бертіні. 1801 рік



Алессандро Вольт
(1745–1827)

А на початку своєї наукової діяльності Вольта створив пристрій для нагромадження електричних зарядів – електрофор: окрім сургучевого круга, металевого диска з ручкою для обертання і пальця оператора, одною з його «деталей» була кішка або, що гірше за ефектом, котяча шкурка. Наукова спільнота і тоді була дуже вдячна йому, оскільки цей пристрій був незрівнянно досконалішим за використовувану до цього часу машину Геріке та подібних до неї.

Іменем Вольта названо одиницю вимірювання електричної напруги – *вольт*, а його портрет (разом із вольтовим стовпом) прикрашає італійську банкноту у 10 000 лір випуску 1984 року [170, с. 28]. На зворотному боці банкноти бачимо його музей із мавзолеєм.



* **Василь Володимирович Петров** (1761–1834) [23; 99] – вчений, «відкритий у бібліотеці»: його книгу про гальвано-вольтівські досліди, видану в 1803 році, була випадково знайдено студентом петербурзького університету, майбутнім професором О. В. Гершуном, у бібліотеці міста Вільно (зараз – Вільнюс) у 30-ті роки XIX століття.

Петров є **першим електротехніком**: подивився на електрику з технічної точки зору – вольтова дуга, її застосування для освітлення, заклав засади дугової електрометалургії. Усе це – завдяки побудові найпотужнішого на той час велетенського вольтового стовпа: 4200 мідно-цинкових дисків, висота – 12 метрів. Застосував революційне технічне рішення: оскільки за такої висоти стовпа прокладки між нижніми пластинами під вагою верхніх неодмінно мали б продавитися і спричинити коротке замикання, Петров поклав вольтів стовп на бік і розділив його на декілька ящиків! Це дало змогу вільно з'єднувати їх послідовно або паралельно, отримуючи різні значення напруги та допустимого струму. І от в 1802 році Петров уперше отримав розряд у вигляді **електричної дуги** (мал. 15) [100].

До речі, оцінку значень напруги Петров робив чуттєво, доторкаючись провідниками до спеціально зроблених на своїх пальцях надрізів (електромеханічні вимірювальні прилади з'являться тільки після відкриттів Фарадея більш ніж через тридцять років потому).

Низький рівень науки в тогочасній Росії та нескінченні чвари у Санкт-Петербурзькій Академії призвели до того, що відкриття Петрова залишилось на той час невідомими. Та ще й писав він свої праці російською. Якби писав їх латиною, то ймовірно відразу став би всесвітньо відомим фізиком тогочасності. Бо яка ж пристойна людина в Росії вживала тоді російську? Мову рабів. Загальноживаними були німецька, французька, англійська... То вже потім з'явився **О. С. Пушкін**.

Лише 1808 року великий англійський вчений **Гемфрі Деві** [24; 101] отримав дугу від батареї з 8000 вольтових стовпів, що займали цілий підвал Королівського хімічного товариства, і вважається її винахідником.



Василь Володимирович Петров
(1777–1851)



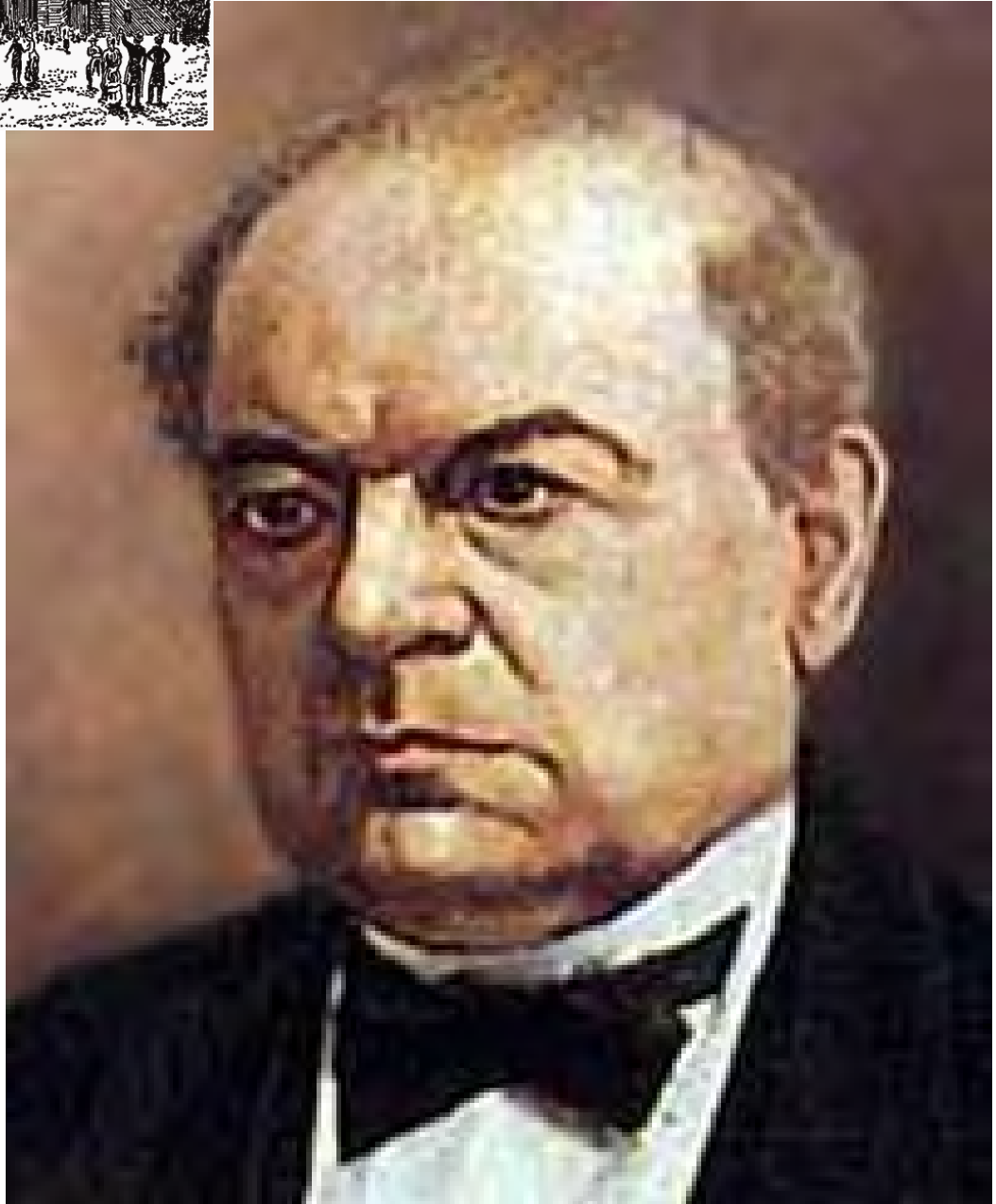
Малюнок 15 – Електрична дуга



Гемфрі Деві
(1778–1829)

А дугову лампу **Борис Семенович Якобі** [25; 26; 102; 103] застосував у 1846 році для освітлення вулиць Петербурга. Пізніше, у 1876 році, її вдосконалив **Павло Миколайович Яблочков** (1847–1931) [27, 104–106]. Першу ж електричну лампу розжарювання створив аж у 1872 році **Олександр Миколайович Лодигін** (1847–1923) [28; 107; 108], а вже потім – **Томас Алва Едісон** (1847–1931) [29; 109; 110], якого і вважає «усе прогресивне людство» її винахідником (продемонстрував у 1879 році, патент від 27.01.1880, тоді ж спалахнули електричні вогні на Бродвеї).

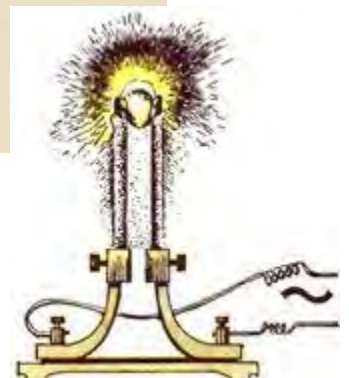
Отже, *першим практичним, корисним для людини застосуванням електрики було освітлення.*

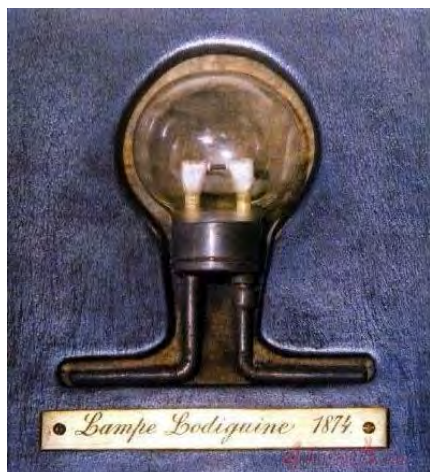


Борис Семенович Якобі
(1801–1871)

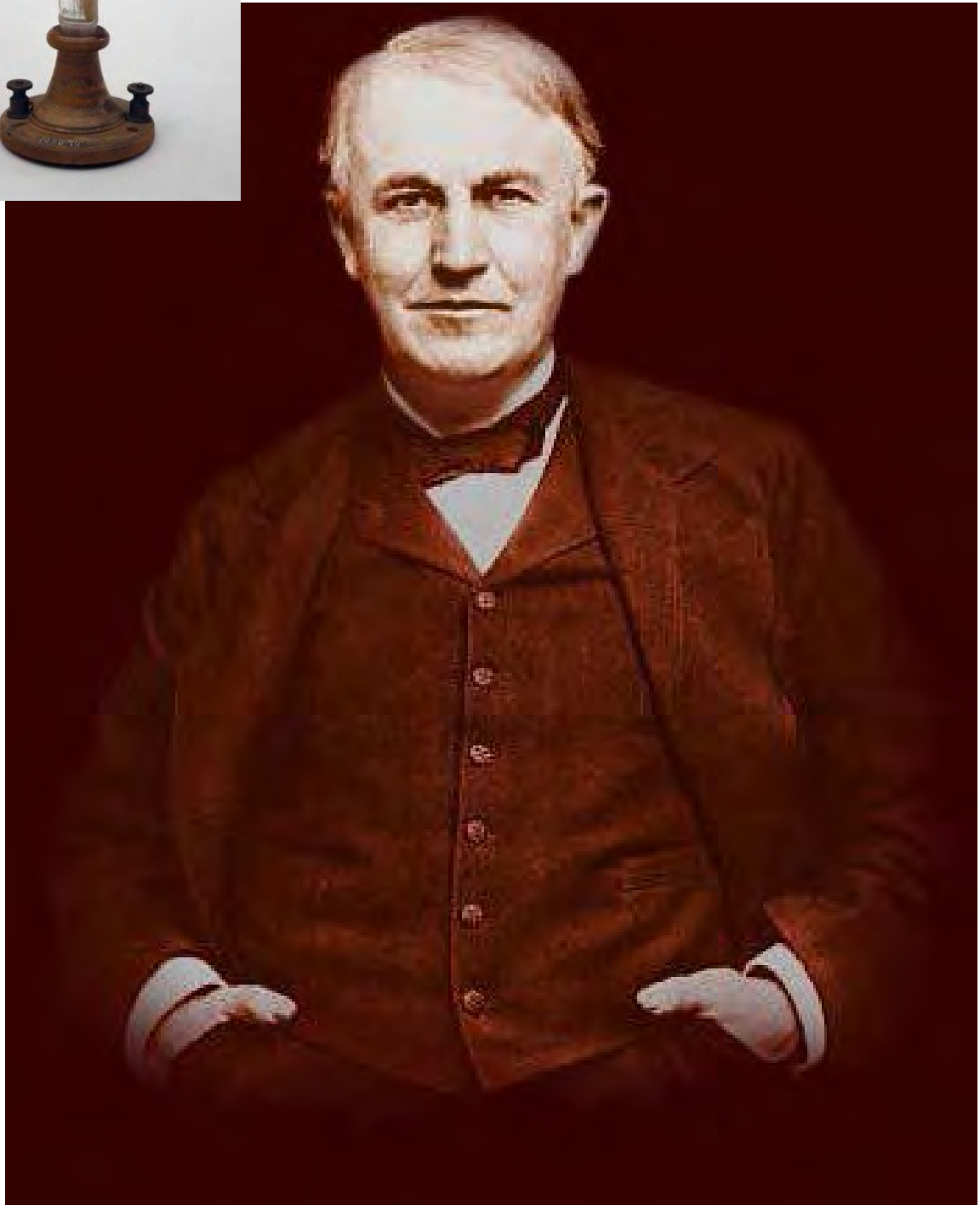


Павло Миколайович Яблочков
(1847–1894)





Олександр Миколайович Лодигін
(1847–1923)



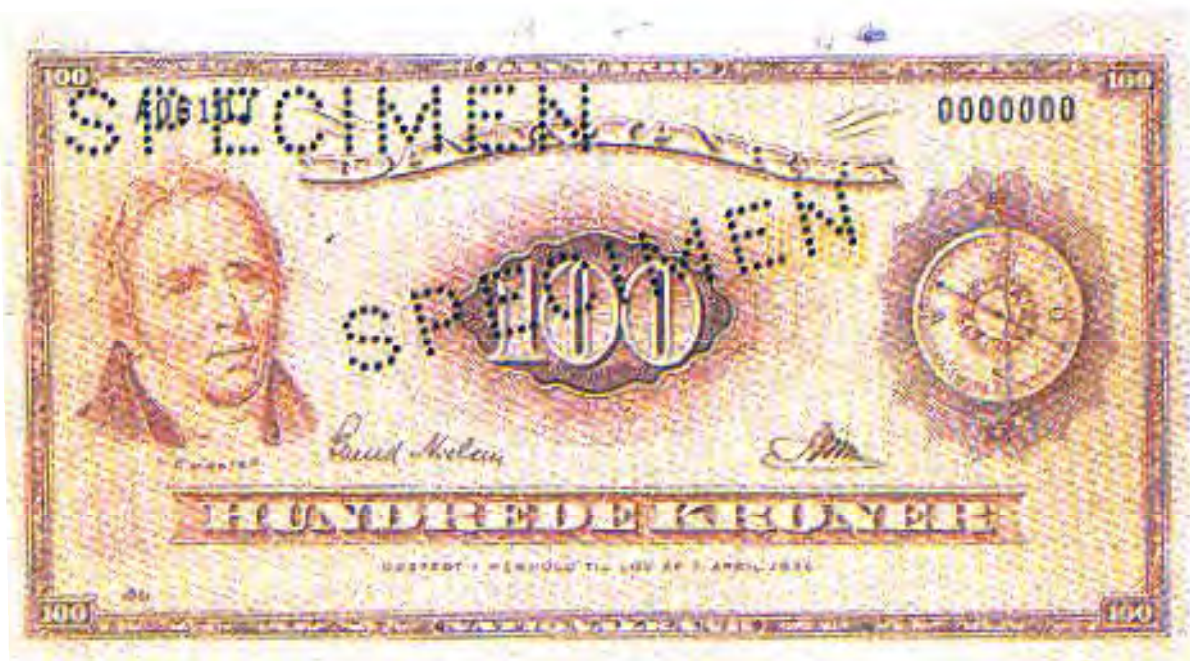
Томас Алва Едісон
(1847–1931)

* *Ганс Крістіан Ерстед* (1777–1851), данський фізик [30; 111], у 1820 році *виявив зв'язок між електричними і магнітними явищами* (вірніше, спочатку – його студент, ім'я якого в історії не збереглося): під час досліду з розігрівання провідника електричним струмом 15 лютого 1820 року поява струму в провіднику при вмиканні рубильника супроводжувалась відхиленням стрілки компаса, що ніби випадково був на столі поблизу провідника (точніше, не зовсім випадково, бо в тодішніх лабораторіях використовувався традиційний набір приладів і предметів для дослідів з електрикою: вольтів стовп, провідники, лапки жаби, магніти, компас).

Отже, як було встановлено пізніше, *при протіканні струму в провіднику навколо провідника виникає магнітне поле!*

Таким чином, випадково було виявлено *спорідненість двох фізичних сил – електричної і магнітної*, що їх раніше розділив *Гілберт*.

Портрет фізика Ерстеда розміщено на банкноті у 100 крон Королівства Данія випуску 1961 року [170, с. 36] і на його честь називано одиницю вимірювання напруженості магнітного поля – *ерстед*.





Ганс Крістіан Ерстед
(1777–1851)

* *Андре-Марі Ампер* (1775–1836) – французький фізик і математик [31; 112], займався фізикою і математикою у Паризькому політехнічному інституті (на портреті він такий сумний може тому, що мав дуже вредну дружину).

Довідавшись про досліди Ерстеда, протягом четвертого – двадцять четвертого вересня 1820 року Ампер *створив електродинаміку* (взаємодія провідників зі струмом між собою). Та створив настільки добряче, що потім до неї нічого істотного вже не було додано.

У 1893 році на засіданні Міжнародного конгресу електриків термін «ампер» введено як одиницю вимірювання сили електричного струму (Ампер ще у 1820 вимовив слова «*сила струму*»).



Андре-Марі Ампер
(1775–1836)

* *Майкл Фарадей* (1791–1867) – англійський фізик і хімік [32; 113], у 1821 році на основі теорії Ампера *створив електродвигун*: провідник зі струмом обертався навколо магніту (мал. 16) [114], а через дев'ять років – *генератор*: відкрив виникнення е.р.с. у провіднику, що обертається навколо магніту (мал. 17) [115]. Міг відкрити це явище й відразу. Оскільки провідник зі струмом діє на магніт, то, за законом симетрії, повинна бути і зворотна дія. Та виявилось, що магніт повинен бути рухливим. Щоб це зрозуміти, упродовж дев'яти років Фарадей проводив експерименти з різним взаємним розташуванням (не переміщенням!) котушок і магнітів різної конфігурації. Кажуть, він увесь цей час носив у кишені шматок дроту й магніт, щоб, у разі виникнення нової ідеї, одразу ж спробувати її втілити.

Це ж відкриття – виникнення струму в замкнутому провіднику при поміщенні його в магнітне поле, що змінюється, тобто *електромагнітну індукцію* – міг би зробити й Ампер. У своїх дослідах для чистоти експерименту, як і Фарадей, він вставляв магніт у котушку в одній кімнаті, а реєструючий прилад розміщував у іншій. І поки Ампер переходив з одного приміщення в інше, результат впливу вже припинявся.

Фарадей же експериментував з асистентом (лаборантом – відставним артилерійським сержантом Андерсеном, який, до речі, щиро вважав, що саме він усе робить в лабораторії, а Фарадей лише патякає). Одного разу, 17 жовтня 1831 року (після дев'яти років експериментів!), коли Фарадей вкотре ввів магніт у котушку, асистент зафіксував тимчасову реакцію приладу. Було не зрозуміло, чому реакція відбувається не безперервно. Ще більш незрозумілим було, чому така сама реакція виникає також і при виведенні магніту з котушки?

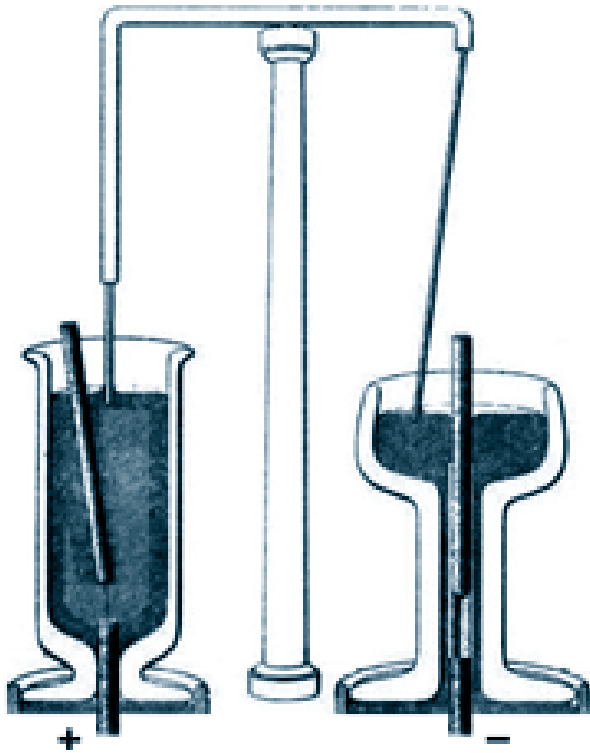
Зазначимо, що Фарадей був видатним експериментатором, але нікчемним математиком, бо не здобув, взагалі-то, систематичної освіти – був самоуком: замолоду, працюючи у палітурній майстерні, старанно читав усі книги, що переплітав, а у 1813 році за рекомендацією фізика *Гемфрі Деві* отримав місце асистента у Королівському інституті. В 1836 році Фарадея призначили науковим співробітником управління маяків. І пропрацював він там тридцять років, протягом яких опублікував дев'ятнадцять томів наукових праць.



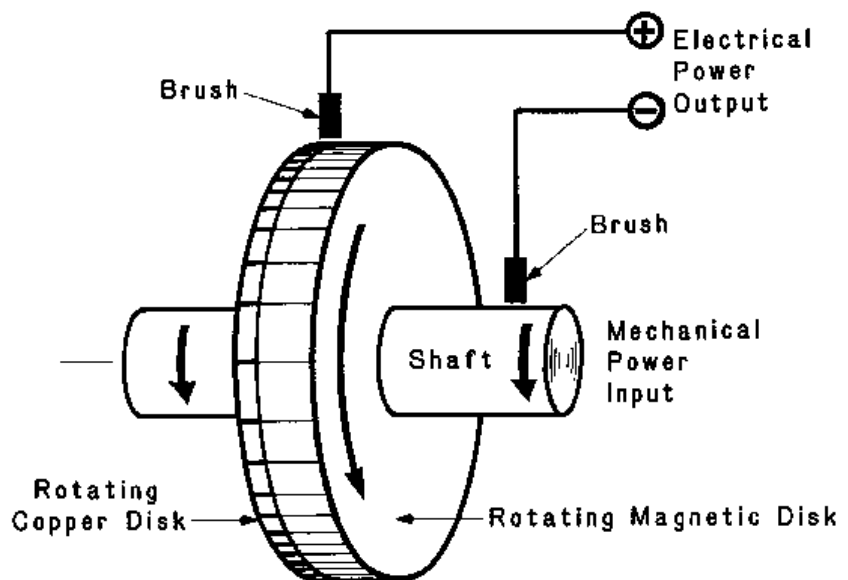
Майкл Фарадей
(1791–1867)

*Ніколи з часів Галілея світ не бачив
стількох разючих і різноманітних
відкриттів, що вийшли з однієї голови,
і навряд чи скоро побачить іншого Фарадея.*

О. Г. Столетов



Малюнок 16 – Електричний двигун
Фарадея
(електромагнітне обертання)



Малюнок 17 – Електричний генератор
Фарадея

Фарадей ввів поняття «катод», «анод», «іони», «електроліз», «електроди», терміни «поле», «магнітне поле» (1845 рік). *Поле* – це середовище, через яке передаються електрична та магнітна дії, і яке, як він вважав, пронизане електричними та магнітними *силовими лініями*. Винайшов вольтметр (1833 рік).

На честь Фарадея одиницю вимірювання електричної ємності названо *фарада*, а його портрет є на звороті банкноти у 20 фунтів стерлінгів [170, с. 8]. На чоловому боці – портрет королеви Великобританії Єлизавети II.



Однак, як писав великий популяризатор науки американський вчений **Роберт Ендрюс Міллікен** (у 1925 році відкрив космічні промені, лауреат Нобелівської премії) [33; 116], «формалісти шкіль Ампера-Вебера [34, 117] та Маха-Авенаріуса [35; 36; 118–120] з презирством дивилися на «грубі матеріальні» силові лінії, породжені плебейською фантазією палітурника та лабораторного сторожа Фарадея», бо вони, бачте, були позбавлені витонченої та стрункої математичної мішури.



Роберт Ендрюс Міллікен
(1868–1953)



*Вільгельм Едуард
Вебер*
(1804–1891)




Ернст Мах
(1838–1916)



*Михайло Петрович
Авенаріус*
(1835–1895)

* **Георг Симон Ом** (1787–1854) – німецький фізик [37; 38;121], у 1826 році сформулював свій знаменитий закон співвідношення електричних величин. Ом обрав для вимірювання струму його магнітну дію, відкриту **Ерстедом**. У приладі Ома струм, що плив по провіднику, спричиняв поворот магнітної стрілки, підвешеної на розплющеній пружній золотій дротинці. Експериментатор, повертаючи мікрометричний гвинт, до якого кріпився верхній кінець дротинки, домагався компенсації повороту, спричиненого магнітним впливом, і кут повороту цього гвинта був мірилом струму.

Відкриття Ома, що дало змогу кількісно розглядати явища електричного струму, мало і має величезне значення для науки [122].


$$I=U/R$$

Незважаючи на важливість робіт Ома, вони залишилися непоміченими і були сприйняті навіть вороже (зазначимо, що ні вольтметра, ні амперметра тоді ще не було). За публікацію цієї «ересі» Ом за особистим розпорядженням Міністра освіти був звільнений з посади викладача математики в школі Кельна (подейкують, з мотивацією, що той не дозволить будь-кому спотворювати струнке тіло сучасної фізики безпідставними домислами).



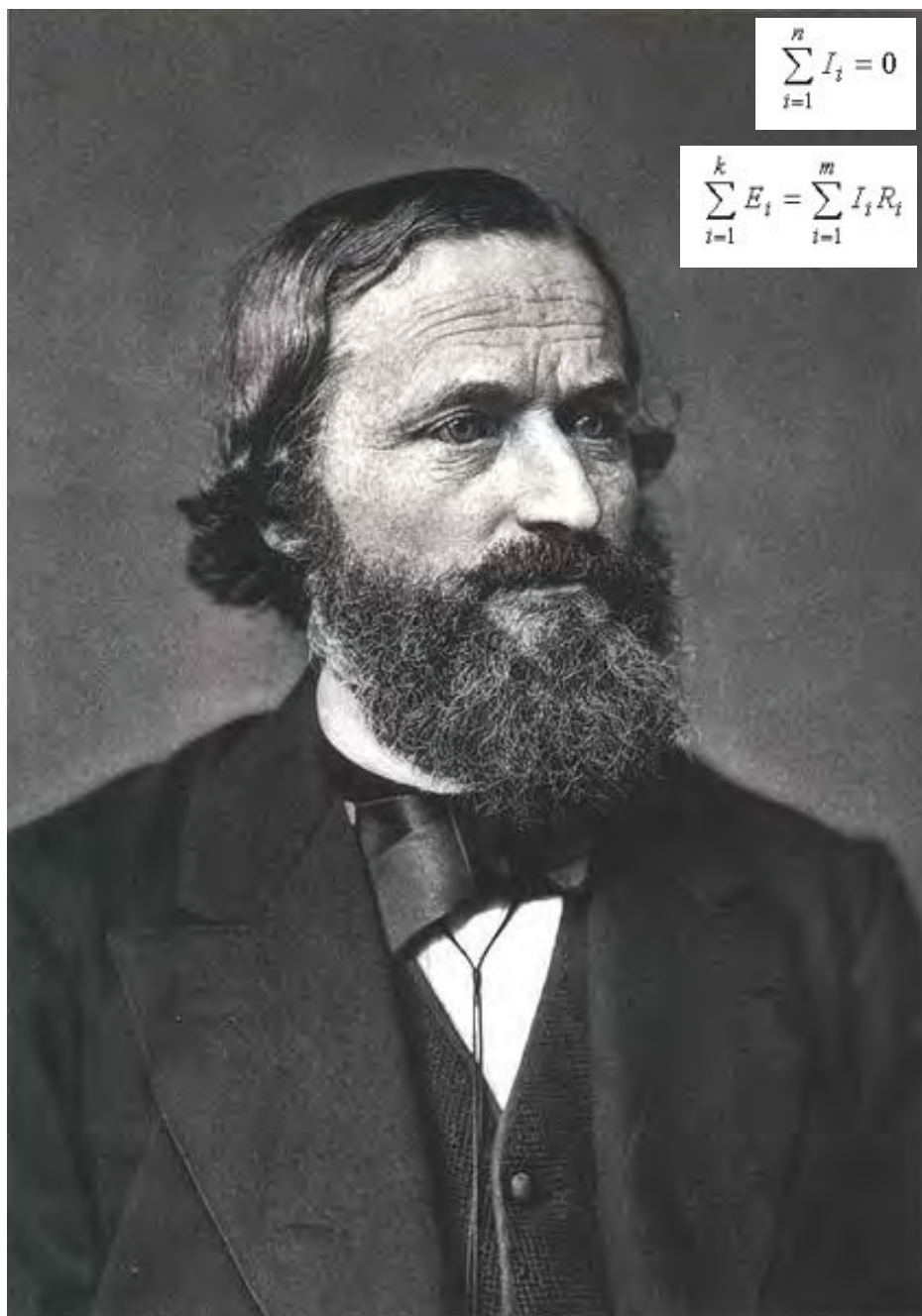
Клод Пульє
(1791–1868)

Лише коли **Клод Пульє** (1791–1868) [39; 123] у Франції дослідним шляхом теж прийшов до тих самих висновків (1831–1837), закон Ома було сприйнято вченим світом. Лондонське королівське товариство на засіданні 30 листопада 1841 нагородило Ома медаллю Коплі. На міжнародному конгресі електриків у Парижі було вирішено назвати його ім'ям тепер усіма визнану одиницю електричного опору – *ом*.



Георг Симон Ом
(1789–1854)

* *Густав Роберт Кірхгоф* (1824–1887) – німецький фізик [40; 124], встановив і в 1845 році сформулював теоретичні закони (правила), що дозволили розраховувати будь-які електричні кола [41; 42]. Увів поняття «вузол», «гілка» і «контур» електричного кола. Кірхгоф є одним із фундаторів теоретичної електротехніки.



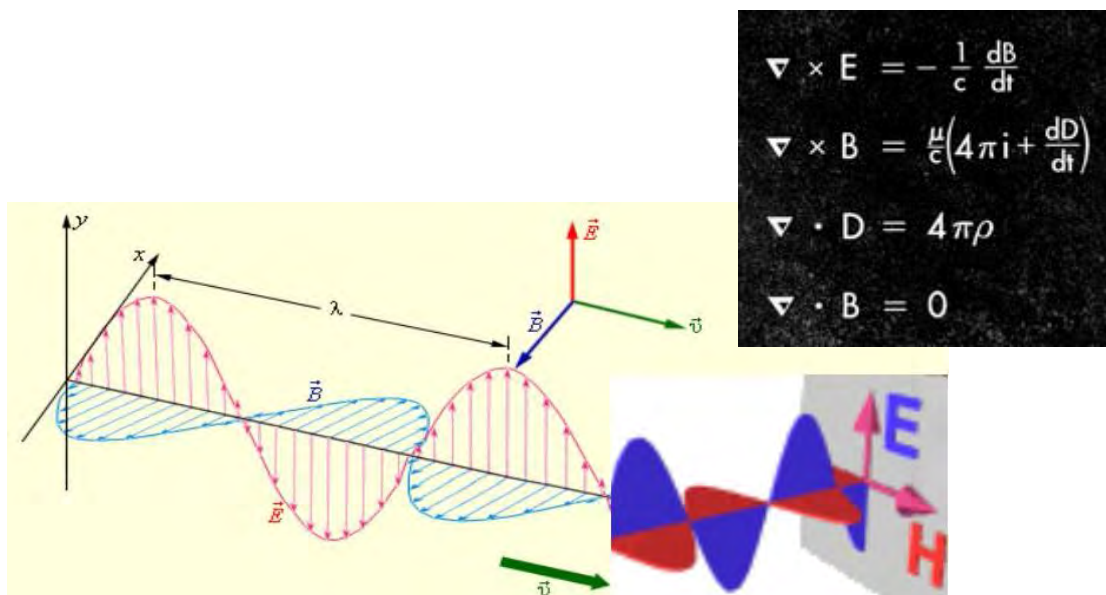
Густав Роберт Кірхгоф
(1824–1887)

* *Герман Людвіг Фердінанд фон Гельмгольц* (1821–1894) – німецький вчений [43; 125], у 1881 році на засіданні Лондонського хімічного товариства, присвяченому пам'яті Фарадея, висловив думку про те, що існує атом електрики (найменша неподільна частка). і запропонував називати його *електроном*.



Герман Людвіг Фердінанд фон Гельмгольц
(1821–1894)

* *Джеймс Клерк Максвелл* (1831–1879) – англійський вчений [44; 126], на відміну від Фарадея, був дуже високоосвіченою людиною. У другій половині XIX століття він створив *теорію електромагнітного поля* (опубліковано у 1861–1865 роках), що була представлена у вигляді чотирьох диференціальних (або інтегральних) рівнянь (мал. 18) [127; 128].



Малюнок 18 – Графік електромагнітної хвилі – змінного електромагнітного поля, що поширюється у просторі

Максвелл довів, що світло – це електромагнітне збурення.

Він помер від раку у сорок вісім років, так і не дочекавшись визнання своєї теорії.

Про результати своїх досліджень він сповіщав Фарадея.

Зауважимо, що про існування електромагнітного поля *Фарадей* здогадався ще в 1832 році, про що писав у записці, залишеній на збереження Лондонському Королівському товариству, прохаючи повідомити про неї через сто років (чомусь вважав, що раніше про це людству знати передчасно):

«Я дійшов висновку, що на поширення магнітної дії потрібен час, який, очевидно, виявиться зовсім незначним. Я вважаю, що поширення магнітних сил від магнітного полюса схоже на коливання схвильованої поверхні води... За аналогією я вважаю можливим застосувати теорію коливань до поширення електричної індукції», – прочитали у 1938 році.



Джеймс Клерк Максвелл
(1831–1879)

* *Генріх Рудольф Герц* (1857–1894) – німецький фізик [45; 129; 130]. Із 1886 року, намагаючись довести справедливість теорій свого вчителя *Гельмгольца* стосовно взаємодії електричних і магнітних тіл, що ґрунтувалися



на теорії далекодії *Вільгельма Едуарда Вебера* (іменем Вебера названо одиницю вимірювання магнітного потоку) та теорії непізнаваності світу *Іммануїла Канта* [131] (а отже виходить, спростувати Максвелла), у 1887 році *відкрив електромагнітні хвилі*, прогнозовані саме Максвеллом (чим остаточно підтвердив його теорію).

Герц використовував контур з розрядником та *Іммануїл Кант* (1724–1804) джерелом електричної енергії (вібратор) на передавальному боці і контур з розрядником без джерела (резонатор) на прийомному боці. Розряд в одному контурі спричиняв розряд і в іншому, хоч електрично контури не були поєднані [132].

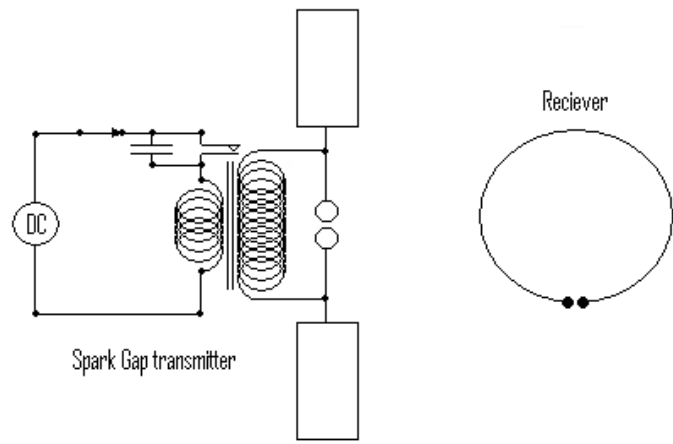
Саме завдяки теоретичним обґрунтуванням Герца рівняння Максвелла набули майже того ж вигляду, що мають і сьогодні.

Зазначимо, що незважаючи на припущення сучасників, Герц категорично заперечував можливість застосування радіохвиль для далекого зв'язку (понад за 20 метрів).

Унаслідок проведення нескінченних дослідів спостереження в темряві за слабенькою іскоркою-розрядом, у Герца значно погіршився зір. А в 1892 році у нього було діагностовано інфекцію. Його декілька разів прооперували, намагаючись вилікувати, але марно. Він помер від зараження крові у віці 36 років у Бонні. Похований в Гамбурзі на кладовищі Ольсдорф.

Хоча Герц був лютеранином і навряд чи вважав себе євреєм, його портрет було знято нацистами з почесного місця в міській ратуші Гамбурга, оскільки він був «частково єврейського походження».

На честь Герца названо одиницю вимірювання частоти електричних коливань – *герц*.

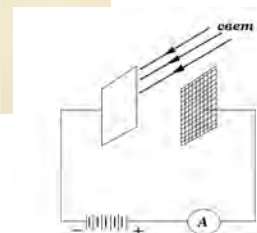


Генріх Рудольф Герц
(1857–1894)

* *Олександр Григорович Столетов* (1791–1867) – російський вчений [46; 133–135], професор фізики Московського університету, у 1888–1890 роках відкрив *фотоефект*: якщо у вакуумі паралельно розмістити металеві сітку і пластинку (такий собі конденсатор) та підімкнути їх до електричної батареї, а потім освітити (бажано ультрафіолетовими променями, наприклад від електричної дуги), то у колі з'явиться електричний струм.



Олександр Григорович Столетов
(1839–1896)



* **Павло Львович Шілінг** (1786–1838) – російський дипломат, історик-сходознавець і винахідник-електротехнік [47; 136; 137], балтійський німець за походженням, у 1832 році запропонував перший роботоздатний електромагнітний телеграф (з індикатором – стрілкою гальванометра) (мал. 19) [48; 139].

У 1835 році Росію відвідав американський винахідник і художник **Семюел Фінлі Бріз Морзе** [49; 144; 148]. Побачивши телеграф Шілінга, він дуже засмутився, оскільки схема Шілінга була дуже подібною до тієї, що сам Морзе ще тільки збирався створити! Демонстрація його телеграфу Морзе відбулася тільки 6 грудня 1838 року [50; 146; 147].

Англієць **Уїльям Кук** [140], який побачив телеграф Шілінга у Росії разом з відомим фізиком **Чарльзом Уїтстоном** [51; 142; 143] (мал. 20) у 1837 році, повернувшись до фатерлянду, одержав англійський патент на телеграф (мал. 21) [141], що по суті дублював винахід Шілінга.

За деякими свідченнями, **Олександр Сергійович Пушкін** саме під враженням від робіт Шілінга, якого вважав своїм другом, написав рядки [138] :



**Олександр
Сергійович
Пушкін
(1799–1837)**

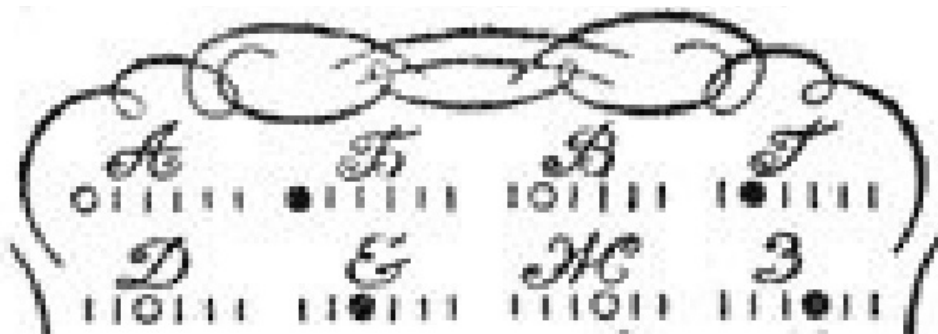
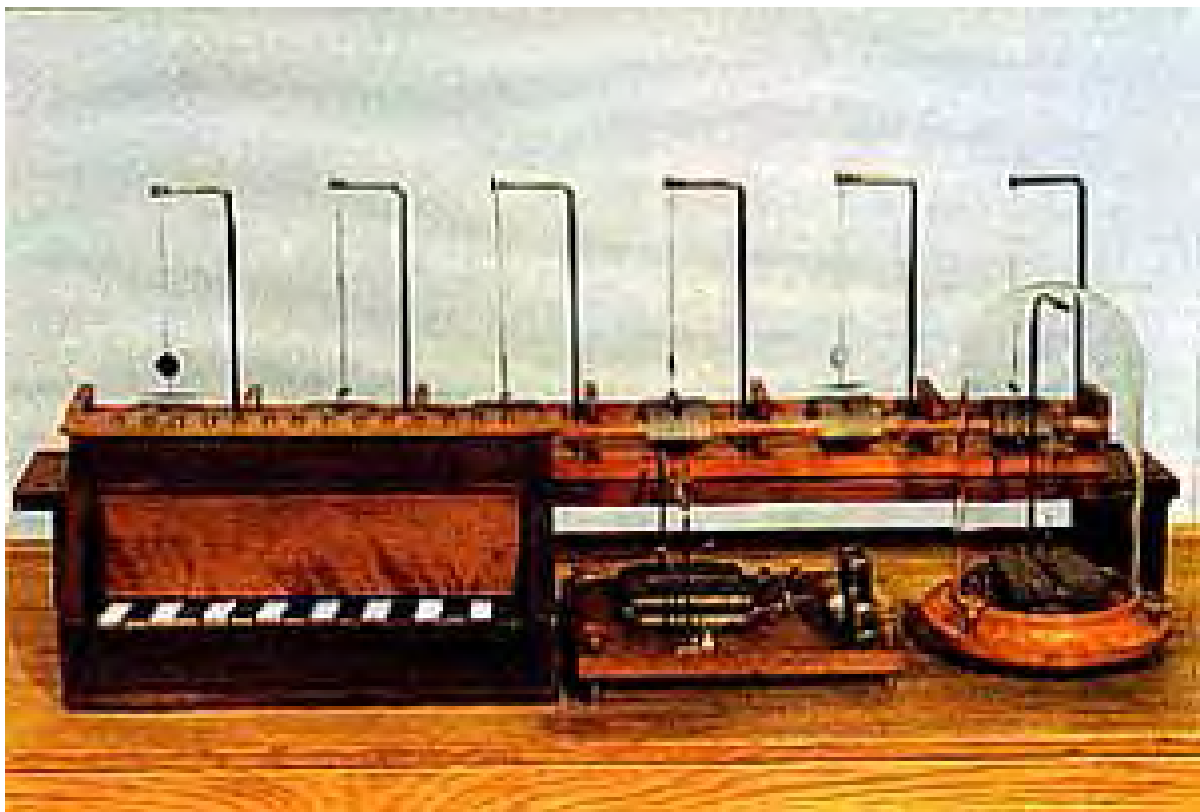
*О скільки дивних відкриттів
Готує нам просвіти дух!
І досвід – син семи потів,
І геній, парадоксів друг,
І випадок – бог винахідників...*

Шілінг 1837 року запропонував також ідею прокладення підводного телеграфного кабелю і розробив проект електромагнітного телеграфу між Кронштадтом і Петергофом, та не зміг його здійснити, бо помер.

Ну а завершив роботу зі створення електромагнітного телеграфу Морзе, запропонувавши систему передачі літер за допомогою комбінацій лише двох сигналів – довгого і короткого (відома **азбука Морзе**). Інші його здобутки: використання електромагнітного реле, винайденого **Джозефом Генрі** [52; 149; 150] (США) у 1831 році, що забезпечило надійний зв'язок на будь-які відстані, телеграфний ключ та записувальний пристрій (мал. 22).



Павло Львович Шілінг
(1786–1837)



Малюнок 19 – Електромагнітний телеграф Шілінга та елементи системи кодування

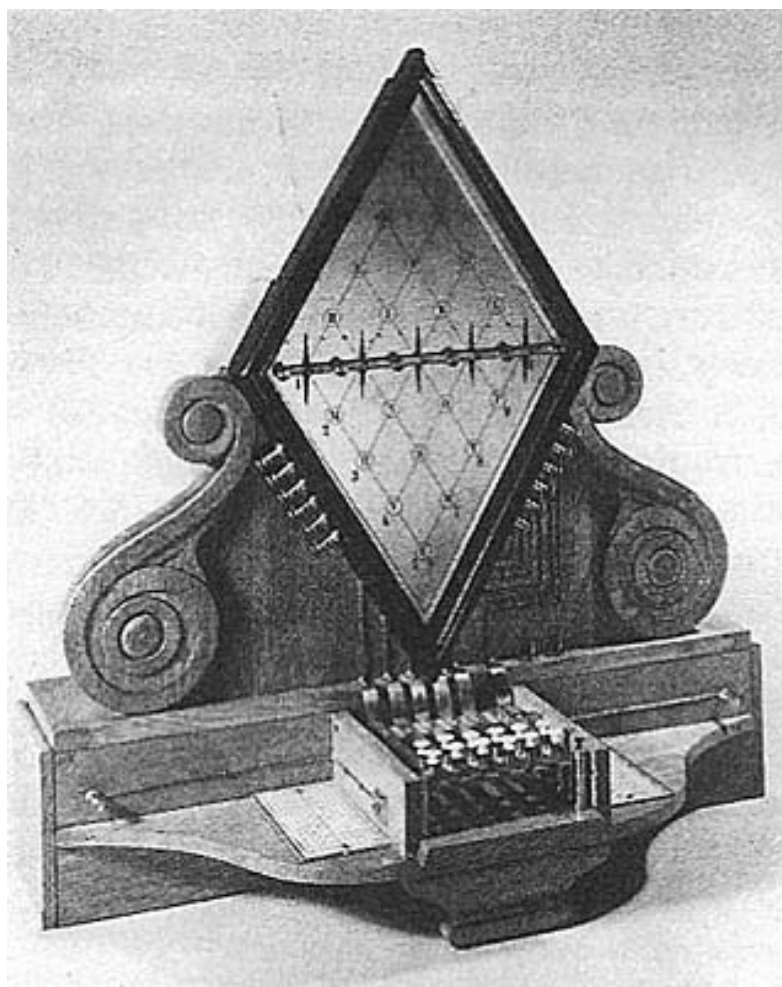


William Cooke

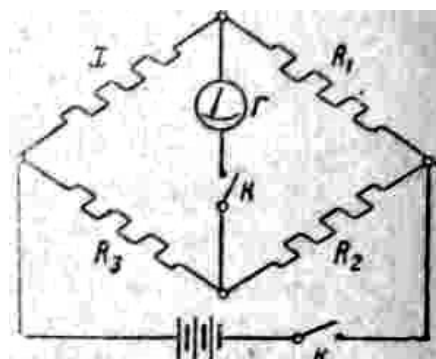
Уільям Кук
(1791–1872)



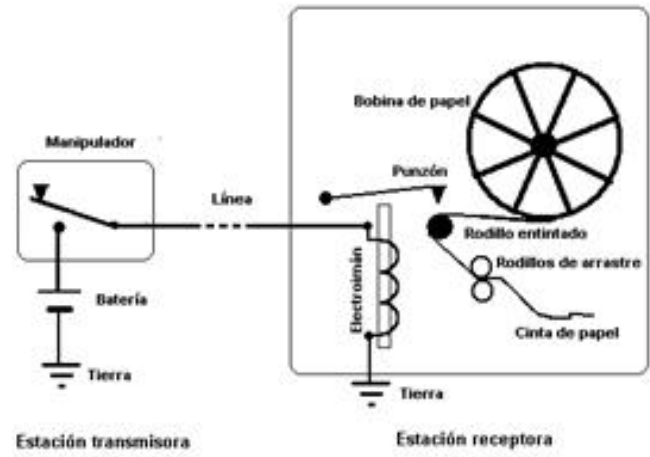
Чарльз Уїтстон
(1802–1875)



Малюнок 21 – Стрілковий телеграф Кука й Уїтстона



Малюнок 20 – Місток
Уїтстона



Семюел Фінлі Бріз Морзе
(1791–1872)



Малюнок 22 – Телеграф Морзе



Муза

Художник Семюел Морзе



Prof. Joseph Henry.

Джозеф Генрі
(1779–1878)

* *Чарльз Уїтстон* (1802–1875), уже відомий нам англійський фізик, започаткував *революцію у зв'язку*: почав у 1837 році умовляти бізнесменів прокласти підводний телеграфний кабель між Францією і Англією. Але головною проблемою на той час було не фінансування, а ізоляція, що могла б витримати дію морської води.

* *Вінер Сімонс* (на жаль, відомостей про нього не знайшлося) запропонував використати для ізолювання підводного кабелю гуттаперчу – каучук. І вже в 1850 році було прокладено кабель Дувр – Кале.

* *Сайрус Уест Філд* (1819–1892) [53; 151], тридцятип'ятирічний торговець папером, у 1855 році, після розмови з Морзе, що дуже зміцнила його теоретично (!?), розпочав проект щодо прокладення кабелю з Англії (від Ірландії) до США [54]. Історія цього проекту була дуже драматичною й, навіть, героїчною. Перша спроба закінчилась тим, що за сорок миль від Ньюфаундленда вкладений на дно Атлантичного океану кабель через сильний шторм довелося обрубати, щоб врятувати судна-укладачі (мал. 23) [152].

У 1856 році зроблено повторну спробу, але кабель у три сантиметри завтовшки на четвертий день робіт не витримав навантаження, обірвався і потонув. Судна з приспущеними прапорами повернулися до англійського берега.

І нова спроба прокласти кабель з двох боків одразу та зростити посередині океану. Успіх! Але кабель дав течу й у той же день став непридатним для подальшого використання (як виявилось, робітники порушили технологію ізолювання, потримавши його на сонці).

Одразу ж наступна спроба, успіх (дзвони, прапори, феєрверк) – і знову кабель дає течу! Спроба передати поздоровчу телеграму з 96 слів від королеви Вікторії I президенту США Джеймсу Бьюкенену тривала шістнадцять годин.

Тільки через вісім років (бо у США розпочалася громадянська війна і було не до того) зроблено ще одну спробу прокласти кабель. Але після того, як було пройдено 1200 миль, він обірвався й потонув і. Оскільки вирував шторм, підняти його не вдалося. Ну що ж, залишили буй та повернулися до Англії.

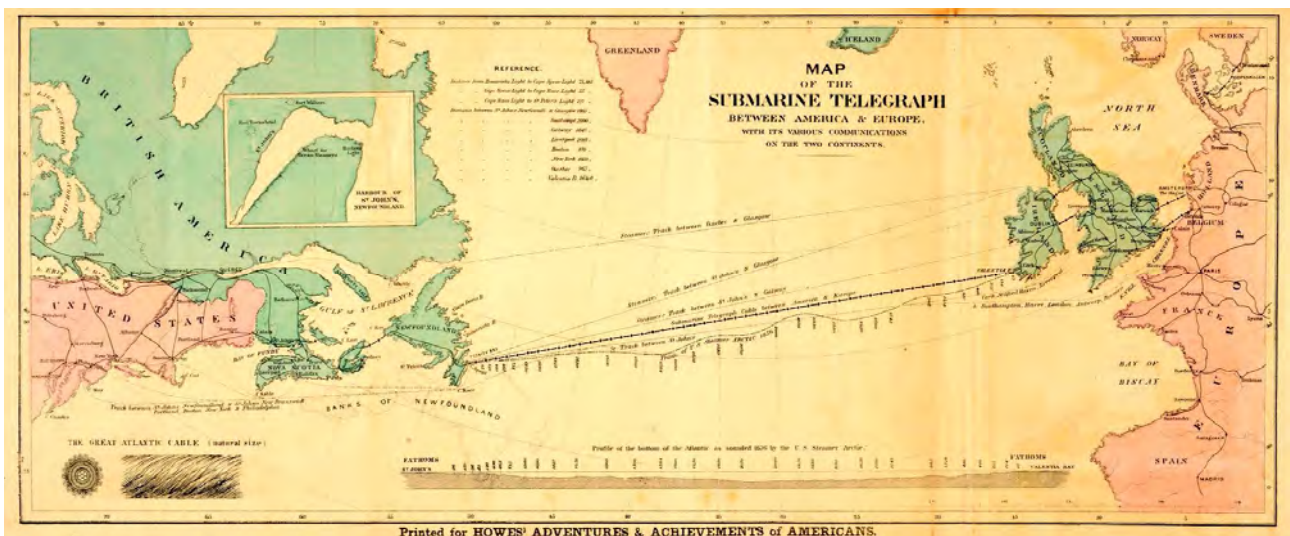


Сайрус Уест Філд
(1819–1892)

Ще через рік, 7 липня 1866 року, наступна спроба. І нарешті, 27 липня (за шостої спроби і через дванадцять років від початку робіт!) Сайрус Філд переможно ступив на землю Америки. Одночасно було виловлено та дорощено до берега кабель, загублений минулого року. Потім він пропрацював декілька десятиліть, а перший досить швидко зіпсувався (мал. 24) [153].



Малюнок 23 – Роботи з прокладення трансатлантичного кабелю



Малюнок 24 – Карта прокладання трансатлантичного кабелю

До речі, для ізоляції кабелю було застосовано також і озокерит (штучний віск) з Борислава (зараз Львівська область), де його якраз навчилися отримувати з нафти. Як і гас. Та винайшли й газову лампу, що, потрапивши до Америки, чомусь стала називатись «американською».

Успішне прокладення Філдом трансатлантичного кабелю (чому всіляко сприяли уряди Великобританії і США: далеко не завжди і, як бачимо, далеко не всім винахідникам та вченим так таланило) поклато початок новому, якісно іншому, періоду розвитку людства – **періоду інформаційної комунікабельності**. Дещо подібне людство переживає останні роки тридцять після того, як було створено стільниковий зв'язок і, тим більше, інтернет.

Надалі такими кабелями було з'єднано всі континенти Землі (мал. 25) [154]. І досі кабельний міжконтинентальний зв'язок є надзвичайно популярним, зокрема, з огляду на захист інформації від несанкціонованого зчитування. Тільки кабелі стали оптоволоконними й передається ними 95 % інформації.



Малюнок 25 – Карта сучасних підводних кабелів

* **Олександр Степанович Попов** (1858–1906) – винахідник, фізик в галузі електротехніки Російської імперії, педагог, популяризатор науки [54; 155]. У 1895 році він винайшов радіотелеграфний приймач (**радіо** – з лат. *промінь*).

Вперше було передано на відстань у чверть кілометра два слова: «*Heinrich Hertz*» (за більш вірогідними свідченнями – «*Генрихъ Герцъ*»), у зв'язку з чим у протоколі засідання фізичного товариства від 24 березня 1896 року було зроблено такий запис: «*О. С. Попов показував прилади для лекційної демонстрації дослідів Герца*».

Звідси суперечки щодо першості винаходу радіо, оскільки **Гульєльмо Марконі** (1874–1937) – італійський радіотехнік і підприємець [55; 156], що отримав домашню освіту в маєтку свого багатого батечка, не отримавши визнання результатів своїх пошуків в Італії, поїхав до Англії, де мешкала його матуся-ірландка, і там, у середині 1896 року, **зпатентував** аналогічний пристрій та «спосіб сигналізації на відстані», а також провів публічні сеанси радіозв'язку. У 1896 році максимальна відстань радіозв'язку становила три кілометри, у 1897 – 21. На початок 1901 року – 300, а на кінець 3500 кілометрів: було встановлено трансатлантичний зв'язок без проводів! Останнє стало можливим через застосування антени не тільки на приймачі (що була й у радіо Попова), а також і на передавачі, бо виявилось, що однаковими антенами можна не тільки приймати, а й передавати сигнали. Та й антени стали багатометровими щоглами. А спочатку одна з газет зневажливо писала: «До нас приїхав італієць з концертною, але без мавпочки».

Марконі був не тільки талановитим винахідником, а й успішним підприємцем. Він «проштовхнув» ідею у виробництво та масове застосування (тільки під час налагоджування регулярного радіозв'язку з США він перетнув океан вісімдесят разів!). Саме завдяки йому радіо увійшло в наше життя.

Резолюція ж російського морського міністра про застосування радіо Попова (і це незадовго до сумнозвісної, зокрема Цусімським боєм, російсько-японської війни) була такою:

«На таку химеру виділяти грошей не дозволяю».



Александр Степанович Попов
(1858–1906)



Гульєльмо Марконі
(1874–1937)

Беручи до уваги події, пов'язані з іменами Попова і Марконі, якщо до того ж згадати історії Петрова й Деві, Пулюя і Рентгена та багатьох інших дослідників і винахідників, можна в черговий раз зробити висновок: «ідеї носяться в повітрі», і коли настає час для їхнього втілення (котрий визначається рівнем розвитку і потребами суспільства), вони, незважаючи ні на що, кимось та будуть-таки матеріалізовані!

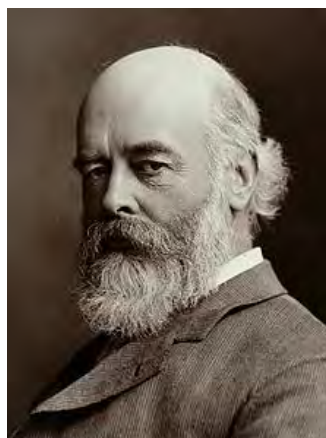
Бо ще Герц, марно шукаючи пристрій для реєстрації прийнятого сигналу, замість розрядника намагався використати жаб'ячу лапку.

Йому, на жаль, нічого не було відомо про досліди італійського фізика

Фемістокла Кальцеккі-Онесті [56] з металевими порошками, що змінювали свою провідність, злипаючись під дією електричного розряду. Результати цих дослідів було опубліковано в 1884 році, а скористався ними у 1890 році французький фізик **Ежен Едуард Дезіре Бранлі** [57; 157]: насипав порошок у скляну трубочку й отримав радіокондуктор – *прилад, що замикав електричне коло під дією електричного розряду*. Але через те, що для розмикання кола трубочку треба було струшувати, то Бранлі визнав свій винахід непотрібним.



**Ежен Едуард
Дезіре Бранлі**
(1844–1940)



Олівер Лодж
(1851–1940)

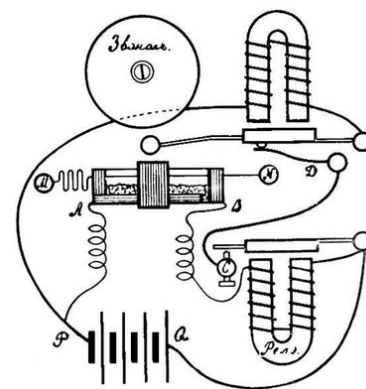
Таку трубочку з металевим порошком для реєстрації електромагнітних хвиль (розрядів блискавки) застосував англійський фізик і винахідник **сер Олівер Лодж** [58; 158] у 1894 році. Він назвав її **когерером** (зчеплювачем). А струшував трубочку через певні проміжки часу годинниковий механізм. Як дослідник фізичних процесів, Лодж ідею зв'язку на відстані вважав абсурдною.

До речі, які фізичні процеси відбуваються в когерері досі не з'ясовано.

Отже, «набір деталей» був відомим. Справа залишалась за винахідником, який зібрав би усе це майно до купи.

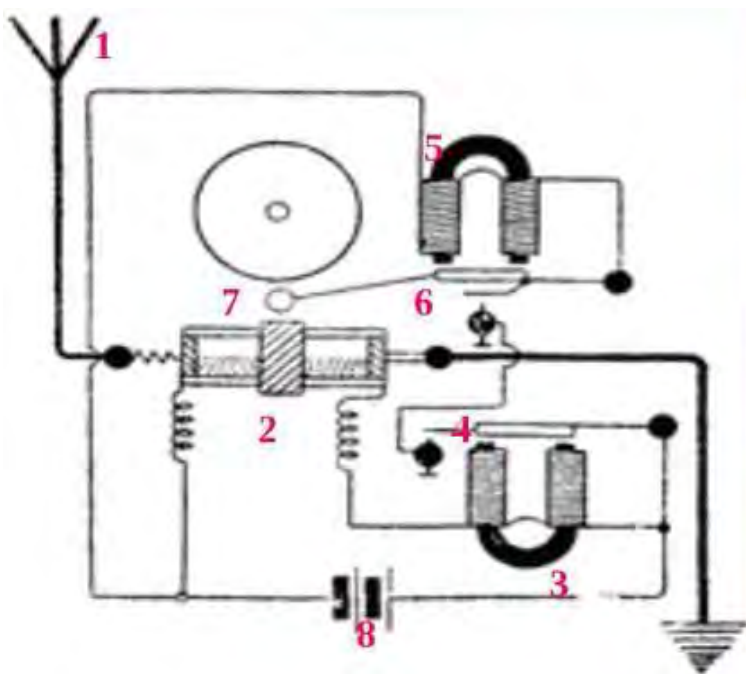
Статтю Лоджа у англійському журналі «Електрик» Попов побачив восени 1894 року. Він береться за вдосконалення когерера. Разом зі своїм помічником Рибкіним Попов випробовує сотні різновидів порошоків, що різнилися за складом і ступенем помолу, вміщаючи їх у скляні трубки різних розмірів. І, нарешті, знаходить найкращий за чутливістю та стабільністю порошок «ферум пульвератум», яким наповнював трубку завтовшки з палець, з виведеними назовні двома платиновими паличками.

Проблему струшування когерера Попов розв'язав за кілька годин після ознайомлення зі статтею Лоджа, використавши для цього стрілку гальванометра, увімкненого в коло когерера: при замиканні кола різкий рух стрілки струшував когерер. Так було отримано *першу радіосхему*, та ще й *зі зворотним зв'язком*. Надалі гальванометр замінили електромагнітним реле із дзвоником та молоточком-струшувачем, приєднаним до якоря реле: було отримано *практичну схему приймача*, що стала загальновідомою (мал. 26) [159; 160]! Ну а за передавач слугував відомий розрядний контур – вібратор Герца.



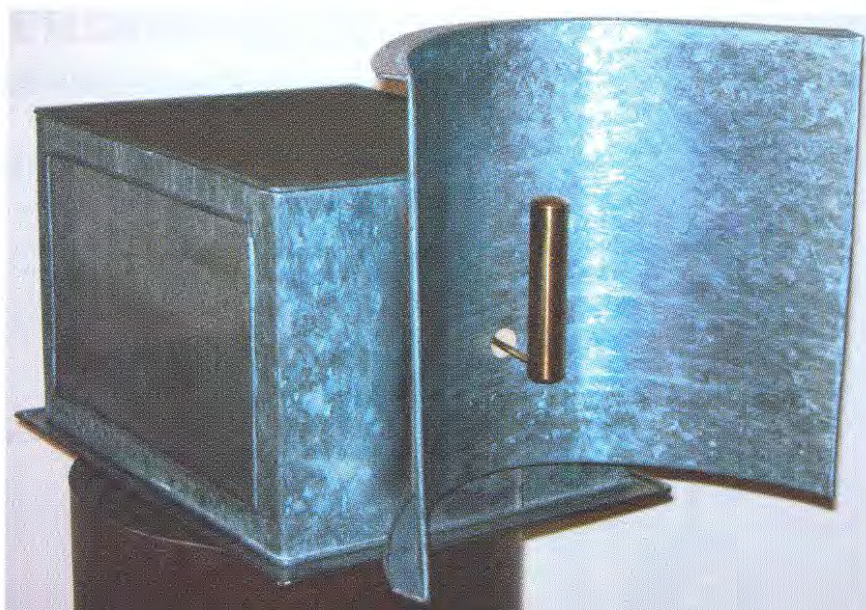
Малюнок 26 – Радіоприймач О. С. Попова

Пізніше приймач було доповнено антеною (розрахунок такого чвертьхвильового вібратора є темою сучасної курсової роботи з радіотехніки) та ще й параболічним рефлектором (мал. 27, 28) [161; 162].



- 1 – антена
- 2 – когерер
- 3 – перший електромагніт
- 4 – перша пластина
- 5 – другий електромагніт
- 6 – друга пластина
- 7 – молоток, дзвінок
- 8 – джерело струму

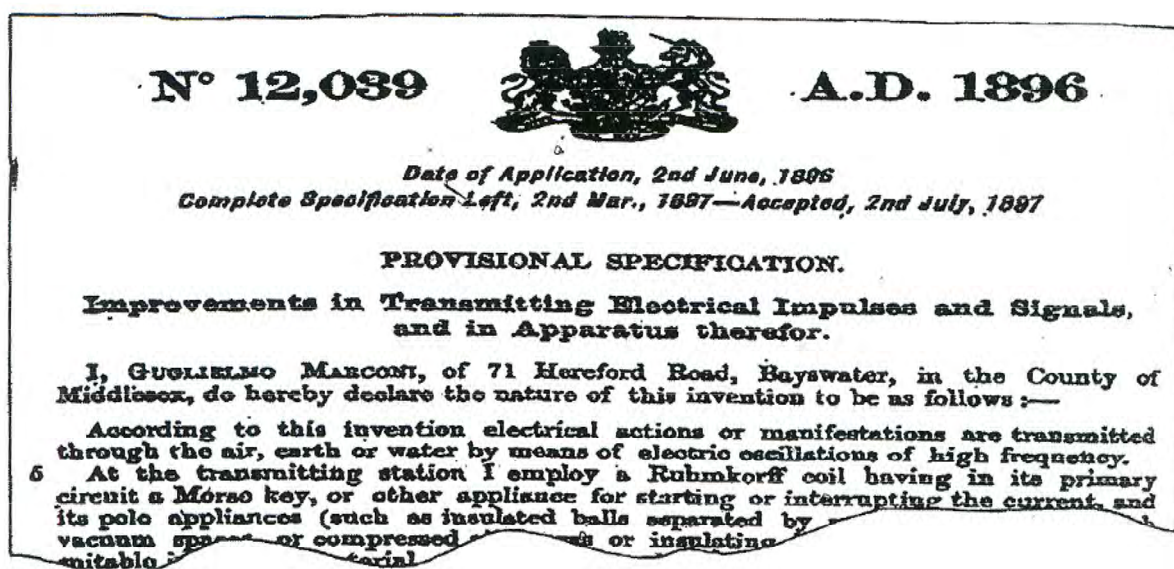
Малюнок 27 – Схема радіоприймача О. С. Попова



Малюнок 28 – Радіоприймач О. С. Попова у корпусі з антеною і параболічним рефлектором

Запатентований у 1896 році пристрій Марконі також складався з вібратора Герца, реле з молоточком та когерера (з дещо іншим складом наповнювача) та мав схему струшування зі зворотним зв'язком. Приймач, як і у Попова, мав мідний штир-антену.

Як зрозуміло з заявки на патент Марконі від 1896 року, у ній спочатку згадується про передачу електромагнітних коливань через повітря, воду, землю (то він ще й не уявляв умов передачі в різних середовищах) [163]. У виправленій заявці від 1897 року вказується тільки одне середовище розповсюдження радіохвиль – ефір.



Малюнок 29 – Фрагмент заявки на патент Марконі

Марконі пережив Попова на тридцять один рік (у липні 1902 року вони бачились у радіорубці італійського корабля «Карло Альберто», що завітав до Кронштадту, і, кажуть, зустрічі з Поповим Марконі зрадів значно більше, ніж візиту царя напередодні). Він став мільйонером. Фірма «Марконі уайрлесс телеграф компанії» упродовж багатьох років контролювала всю телеграфну промисловість світу.

Марконі першим застосував резонансний прийом багатьох одночасно працюючих радіостанцій на одну антену, побудував радіопередавачі і приймачі сучасного типу, вже на основі досягнень електроніки.

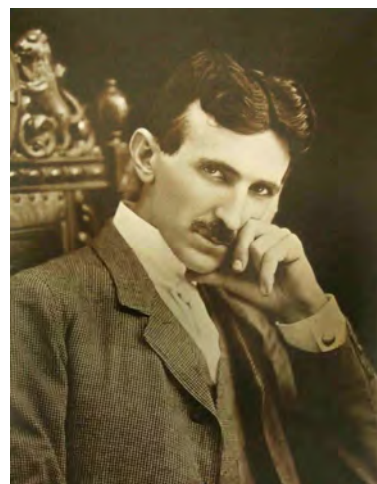
Молодого Гульєльмо Марконі разом зі його радіотелеграфом, щоглами-антенами та судном радіозв'язку зображено на італійській банкноті у 2000 лір випуску 1990 року [170, с. 27].



Оскільки Попов уперше продемонстрував свій радіопристрій на засіданні Російського фізико-хімічного товариства 7 травня 1896 року, то саме цей день у Росії, в Україні та деяких інших країнах відзначають як День радіо (з 1945 року). З 2012 року 13 лютого відзначають міжнародний День радіо (у 1946 році цього дня розпочало роботу радіо ООН). А ще 18 квітня відзначається Всесвітній день радіоаматора (цього дня у 1925 році в Парижі було засновано Міжнародну спілку радіоаматорів). А винахідником радіо вважають переважно О. С. Попова. У всьому світі, окрім Італії та Великобританії, де таким є Марконі. Цікавими є результати одного з опитувань «Хто винайшов радіо?» серед радіоаматорів. Відповіді 864 респондентів розподілилися так:

- 46 (5 %) – Генріх Герц,
- 25 (3 %) – Джеймс Максвелл,
- 451 (52 %) – Олександр Попов,
- 30 (3 %) – Олександр Попов вкрав винахід у Герца,
- 144 (17 %) – Марконі,
- 24 (3 %) – однозначно, Пуанкаре,
- 23 (3 %) – Томас Едісон,
- 27 (3 %) – важко сказати,
- 32 (4 %) – не знаю,
- 62 (7 %) – інші думки.

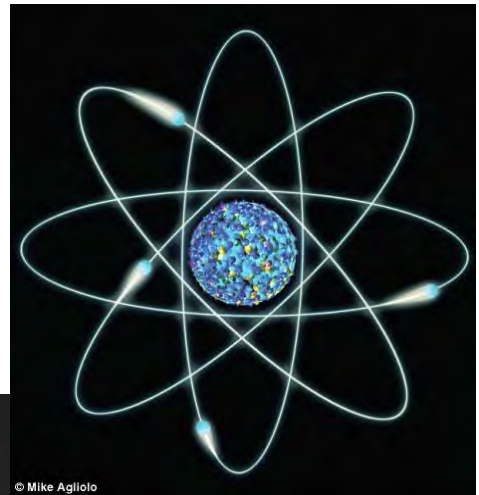
З огляду на те, що у своїй підприємницькій діяльності Марконі, як кажуть, часто патентував не зовсім свої винаходи, він увесь час зазнавав судових переслідувань. Нарешті у 1915 році Федеральний суд США вирішив справу щодо пріоритетності винаходу радіо (першості патентування) на його користь. Та в 1943 році Верховний суд США анулював усі патенти Марконі (можливо, не останню роль у цьому зіграло те, що він захоплено підтримував Мусоліні), визнавши пріоритет щодо патентування радіо за великим американським винахідником **Ніколою Тесла** (1856–1943) [59; 164]. Та Тесла 1893 року винайшов хвильовий радіопередавач і займався передачею на відстань електричної енергії, а не повідомлень. Іменем Тесла названо одиницю вимірювання магнітної індукції.



Нікола Тесла
(1856-1943)

* **Джозеф Джон Томсон** (1856–1940) – професор Джі-Джі (його учнем, до речі, був **Ернст Резерфорд**) – працював у Кембріджському університеті в Англії [60; 165]. Лауреат Нобелівської премії (1906).

На основі дослідів **О. Г. Столетова** у 1897 році відкрив електричну частку від'ємної електрики, що переносить заряд у вакуумі – той самий **електрон Гельмгольца** [166]. Нарешті збулося!



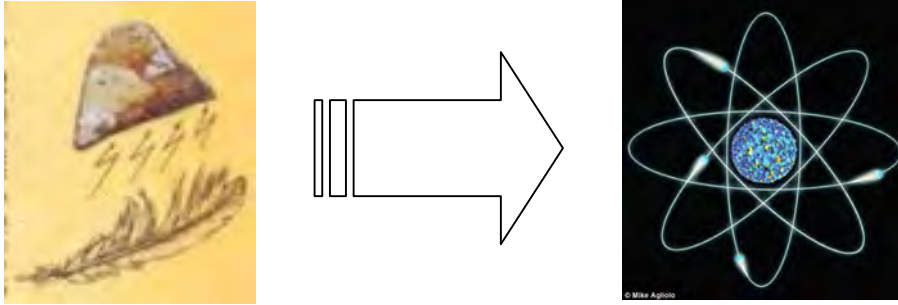
© Mike Agliolo



Джозеф Джон Томсон
(1856–1940)

ПІСЛЯМОВА

Отже, ми ознайомились з коротким викладом історії електрики від електрона Фалеса до електрона Томсона (мал. 30). А, фактично, починаючи з 1600 року і до кінця XIX століття.



Малюнок 30 – Від електрона Фалеса до електрона Томсона

Як бачимо, електрика за чотириста років з окремих понять та розумінь, що часто межували з мракобіссям, у своєму невпинному розвитку на кінець XIX століття перетворилась на струнку систему наукових знань, а з початку XX століття стала науковою і технічною основою сучасних енергетики, електромеханіки, інформатики та ще багатьох і багатьох галузей техніки й науки.

Нижче наведено алфавітний покажчик імен особистостей, про кого згадується в цьому виданні, а в додатку А подано хронологію викладених подій.

На завершення, хотілось би зазначити, що й сьогодні в електриці відбуваються великі зміни. Чому сприяють нові дослідження, досягнення і відкриття. Здавалось, що нового могло б бути, хоча б у царині пасивних елементів електричного кола? Давно відомі такі елементи, як резистор, конденсатор та котушка індуктивності. А от 1971 року (ну зовсім же недавно) було створено теорію нового елемента – мемристора (мал. 31) [61].



Малюнок 31 –
Графічне
позначення
мемристора

Мемристор (англ. memristor: від memory – пам'ять, і resistor – електричний опір) – це пасивний елемент в мікроелектроніці, здатний

змінювати свій опір залежно від протікаючого через нього заряду (інтеграла струму за час роботи).

У 2008 році фірма «Х'юлетт Паккард» (США) створила такий елемент і на його основі тепер намагаються побудувати комп'ютер.

Життя продовжується, і людина невпинно пізнає й змінює світ. Цікаво порівняти умови, у яких працювали дослідники сто і більше років тому, з сучасними, і те, яких наукових висот досягали тоді, торуючи шлях своїми і домислами, і помилками, і осяяннями. І яких досягають тепер, озброєні попередніми здобутками людства, сучасними технологіями й фінансовими можливостями.

Якщо ж Ви бажаєте дізнатися, що було далі, освоїти теорію електрики – читайте відповідну літературу, вивчайте, наприклад, у нас на кафедрі теоретичної і загальної електротехніки нашого Університету дисципліни «Теоретичні основи електротехніки», «Електроніка та мікросхемотехніка», «Промислова електроніка», «Комп'ютерна електроніка», «Основи метрології і електричні вимірювання», «Електричні машини» та інші, що вводяться відповідно до появи нових спеціальностей.

А якщо невеличким спонуканням до цього виявиться це видання (хоча воно й не претендує на вичерпність інформації і в ньому, можливо, вбачаються деякі елементи суб'єктивізму у викладі), то буду вважати, що визначеної мети дослідження досягнуто.

На завершення хотів би сказати, що ця книжка була про любов.

Про любов до електрики.

Бажаю всіляких гараздів її читачам!

З пошаною

Колонтаєвський Ю. П.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК ІМЕН

- Авенаріус Михайло Петрович 51, 53
Ампер Андре-Марі 47, 51
Бранлі Ежен Едуард Дезіре 78
Вебер Вільгельм Едуард 51, 53, 61
Вольта Алессандро 35, 36
Гальвані Луїджі 32, 33
Гельмгольц Герман Людвіг
Фердінанд фон 57, 61, 82
Генрі Джозеф 70
Геріке Отто фон 20, 21
Герц Генріх Рудольф 61, 62, 83
Гілберт Вільям 18, 19, 45
Гудон Жан-Антуан 29
Деві Гемфрі 38, 40, 48
Дівиш Прокопій 28
Едісон Томас Алва 40, 44, 83
Ейнштейн Альберт 10
Ерстед Ганс Крістіан 45, 46, 54
Кальцеккі-Онесті 78
Кант Іммануїл 61
Кірхгоф Густав Роберт 56
Коллікер Альберта фон 10
Кунеас Андреас 24
Кук Уільям 63, 66
Кулон Шарль Огюстен 31
Лодж Олівер 78
Лодигін Олександр Миколайович 40, 43
Максвелл Джеймс Клерк 59, 60, 83
Марконі Гульєльмо 75, 77, 83
Мах Ернст 51, 53
Міллікен Роберт Ендрюс 51, 52
Морзе Семюел Фінлі Бріз 63, 67
Мушенбрук Пітер ван 24, 25
Наполеон 35
Ом Георг Симон 54, 55
Петров Василь Володимирович 38, 39
Попов Олександр Степанович 75, 76, 83
Пулюй Іван Павлович 7, 8, 14
Пулье Клод 54
Пушкін Олександр Сергійович 38, 63
Резерфорд Ернст 83
Рентген Вільгельм Конрад 9, 11, 12
Ріхман Георг Вільгельм 31
Сімонс Вінер 71
Сковорода Григорій Савич 11
Столетов Олександр Григорович 58
Тесла Нікола 83
Томсон Джозеф Джон 84
Уїтстон Чарльз 63, 66, 71
Фалєс 15, 17
Фарадей Майкл 46, 49, 59
Філд Сайрус 71
Франклін Бенджамін 26, 27, 29
Шілінг Павло Львович 62, 64
Яблочков Павло Миколайович 40, 42
Якобі Борис Семенович 40, 41

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Список электронных джерел

1. priklyuchenie-velikikh-uravnenijj#ТОС_idp196896 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.libros.am/book/read/id/25456/slug/>.
2. Электроны...Электроны... Электронная библиотека [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://eknigi.org/nauchno_populjarnoe/35890-yelektrony-yelektrony.html.
3. Electron_SE.pdf [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://eprints.kname.edu.ua/11615/1/Electron_SE.pdf.
4. Пулюй Иван Павлович [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Пулюй_Иван_Павлович.
5. Иван Пулюй – украинский первооткрыватель X-лучей [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.romanenko.biz/ru/library/article_pulyui.html.
6. Иван Пулюй – перший український фізик світового рівня [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://wiki.ciit.zp.ua/index.php/Иван_Пулюй_–_перший_український_фізик_світового_рівня.
7. ІВАН ПУЛЮЙ – ВЕЛИКИЙ СИН УКРАЇНСЬКОГО НАРОДУ (До 170-річчя Івана Павловича Пулюя) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ronmb.org.ua/personaliyi-2/ivan-pulyuy-velikiy-sin-ukrayinskogo-narodu-do-170-richchya-ivana-pavlovicha-pulyuya.html>.
8. Лампа Пулюя [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/5479>.
9. Вильгельм Конрад Рентген [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.chemoemboli.ru/node/145>.
10. Кёлликер, Альберт [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ru.wikipedia.org/wiki/Кёлликер,_Альберт.

Примітка. За позиціями 1–166 дата звернення 20.12.2016 р.

11. Сковорода Григорій Савич [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Сковорода_Григорій_Савич.
12. Сковорода Григорій Савич [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://lib.liim.ru/creations/s-126/s-126-02.html>.
13. Фалес Милетский [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ru.wikipedia.org/wiki/Фалес_Милетский.
14. Гильберт, Уильям [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ru.wikipedia.org/wiki/Гильберт,_Уильям.
15. Вильям Гильберт и начало экспериментальных исследований электричества и магнетизма [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.electrolibrary.info/history/gilbert.htm>.
16. Отто фон Герике [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ru.wikipedia.org/wiki/Герике,_Отто_фон.
17. Пітер ван Мушенбрук [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Пітер_ван_Мушенбрук.
18. Бенджамін Франклін [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Бенджамін_Франклін.
19. Рихман, Георг Вильгельм [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ru.wikipedia.org/wiki/Рихман,_Георг_Вильгельм.
20. Луїджі Гальвані [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Луїджі_Гальвані.
21. Шарль Огюстен Кулон [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Шарль_Огюстен_Кулон.
22. Вольта, Алессандро [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ru.wikipedia.org/wiki/Вольта,_Алессандро.
23. Петров Василь Володимирович [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Петров_Василь_Володимирович.
24. Дэви, Гемфри [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ru.wikipedia.org/wiki/Дэви,_Гемфри.

25. Якобі Борис Семенович [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Якобі_Борис_Семенович.
26. ОТКРЫТИЕ РУССКОГО ФИЗИКА И ПЕРВОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://msd.com.ua/ot-luchiny-do-elektrichestva/otkrytie-russkogo-fizika-i-pervoe-elektricheskoe-osveshhenie/>.
27. Яблочков, Павло Миколайович [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://znaimo.com.ua/Яблочков_Павло_Миколайович.
28. Лодигін, Олександр Миколайович [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.people.su/ua/66220>.
29. Томас Алва Едісон [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Томас_Алва_Едісон.
30. Ганс Крістіан Ерстед [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Ганс_Крістіан_Ерстед.
31. Андре-Мари Ампер [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Андре-Мари_Ампер.
32. Майкл Фарадей [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Майкл_Фарадей.
33. Роберт Ендрюс Міллікен [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Роберт_Ендрюс_Міллікен.
34. Вільгельм Едуард Вебер [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.people.su/ua/21339>.
35. Ернст Мах [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Ернст_Мах.
36. Авенаріус Михайло Петрович [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Авенаріус_Михайло_Петрович.
37. Георг Симон Ом [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Георг_Симон_Ом.
38. Георг Симон Ом [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://bourabai.kz/toe/ohm.htm>.

39. Пулье, Клод. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Пулье,_Клод.
40. Густав Роберт Кірхгоф [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://uk.wikipedia.org/wiki/Густав_Роберт_Кірхгоф.
41. Правила Кирхгофа [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Правила_Кирхгофа.
42. Законы Кирхгофа [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://electricalschool.info/spravochnik/electroteh/545-zakony-kirkhgofa.html>.
43. Гельмгольц, Герман Людвиг Фердинанд [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Гельмгольц,_Герман_Людвиг_Фердинанд.
44. Джеймс Клерк Максвелл [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://uk.wikipedia.org/wiki/Джеймс_Клерк_Максвелл_Максвелл_%26fm%3Dweb#urlhash=0.
45. Герц, Генріх Рудольф [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://znaimo.com.ua/Герц_Генріх_Рудольф.
46. Столетов Олександр Григорович [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://uk.wikipedia.org/wiki/Столетов_Олександр_Григорович.
47. Павло Львович Шіллінг [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Шиллинг,_Павел_Львович.
48. Краткая летопись радио [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.oldradioclub.ru/issues/issue244.htm>.
49. Телеграф Морзе [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический_телеграф.
50. Неизвестный Морзе [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://holst.com.ua/blog/2013/03/27/unknown-morse/>.
51. Уитстон, Чарльз [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Уитстон,_Чарльз.
52. Електромагніти Джозефа Генрі. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://uk.shram.kiev.ua/megafaza/history/genry.shtml>.

53. Повідомлення у глибині: дивовижна історія підводного Інтернету [Електронний ресурс]. – Режим доступу :

<http://it-ua.info/news/2015/01/09/povdomlennya-u-glibin-divovizhna-storya-pdvodnogo-nternetu.html>.

54. Олександр Степанович Попов [Електронний ресурс]. – Режим доступу :
https://uk.wikipedia.org/wiki/Попов_Олександр_Степанович.

55. Гульєльмо Марконі [Електронний ресурс]. – Режим доступу :
https://uk.wikipedia.org/wiki/Гульєльмо_Марконі.

56. Когерер [Електронний ресурс]. – Режим доступу :
<https://ru.wikipedia.org/wiki/Когерер>.

57. Бранли, Едуард [Електронний ресурс]. – Режим доступу :
https://ru.wikipedia.org/wiki/Бранли,_Едуард.

58. Олівер Лодж [Електронний ресурс]. – Режим доступу :
http://znaimo.com.ua/Лодж_Олівер_Джозеф#link.

59. Нікола Тесла [Електронний ресурс] – Режим доступу :
https://uk.wikipedia.org/wiki/Нікола_Тесла.

60. Джозеф Джон Томсон [Електронний ресурс]. – Режим доступу :
https://uk.wikipedia.org/wiki/Джозеф_Джон_Томсон.

61. Мемристор [Електронний ресурс]. – Режим доступу :
<https://ru.wikipedia.org/wiki/Мемристор>.

Список електронних джерел зображень

62. 1.jpg (Изображение) [Електронний ресурс]. – Режим доступу :
<http://storinka-m.kiev.ua/uploaded/Statti/Statti2/puluj/1.jpg>.

63. puluj_lamp.jpg. (Изображение) [Електронний ресурс]. – Режим доступу :
http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/5479/1/puluj_lamp.jpg.

64. Large_Puluj_lamp.jpg (Изображение) [Електронний ресурс]. – Режим доступу :
http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/5479/19/Large_Puluj_lamp.jpg.

65. 8177.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://image.zn.ua/media/images/614xX/Jan2011/8177.jpg>.

66. 00386486_n5.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://i.io.ua/img_su/small/0038/64/00386486_n5.jpg.

67. Рентген – Пулюй Иван Павлович (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://uk.wikipedia.org/wiki/Пулюй_Иван_Павлович#/media/File:Рентген.JPG

68. Рентген. JPG (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3a/Рентген.JPG>.

69. Kolliker2.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3b/Kolliker2.jpg>.

70. Эйнштейн.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://spacephys.ru/system/files/Полина/images/Эйнштейн.jpg>.

71. Григорий_Сковорода.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Григорий_Сковорода.jpg.

72. Ivan_Pulyui_Stamps.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/db/Ivan_Pulyui_Stamps.jpg/150px-Ivan_Pulyui_Stamps.jpg.

73. 6a00d83451c56869e200e54f40904f8834-640wi.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://patentpending.blogs.com/photos/uncategorized/2007/10/14/capture.jpg>.

74. af_03_thales.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://bdn-steiner.ru/modules/Coppermine/albums/Deyateli/af_03_thales.jpg.

75. Gilbert-experiment.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://etar.com.ua/images/Gilbert-experiment.jpg>.

76. William_Gilbert.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/William_Gilbert.jpg.

77. 1000448_0448_201.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://krugosvet.ru/images/1000448_0448_201.jpg.

78. Elektrysiermaschine.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/69/Elektrysiermaschine.jpg>.

79. original.jpeg#20164110637 (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://r.mtdata.ru/r480x-/u3/photo7039/20164110637-0/original.jpeg#20164110637>

80. 118181310_Magedurger_Halbkugeln_Luftpumpe_Deutsches_Museum.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://img0.liveinternet.ru/images/attach/c/0/118/181/118181310_Magedurger_Halbkugeln_Luftpumpe_Deutsches_Museum.jpg.

81. 107217569_large_Otto_von_GuerickeMagdeburg.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://img1.liveinternet.ru/images/attach/c/9/107/217/107217569_large_Otto_von_GuerickeMagdeburg.jpg.

82. npid_76853.jpeg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.people.su/images/catalog/main/npid_76853.jpeg.

83. Cuneus_discovering_the_Leyden_jar.png (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://uk.wikipedia.org/wiki/Пітер_ван_Мушенбрук#/media/File:Cuneus_discovering_the_Leyden_jar.png.

84. o235.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://dic.academic.ru/pictures/enc_colier/o235.jpg.

85. benjamin-franklin-forsker-eksperimenterer-eksperimenter-eksperiment-strc3b8m-elektrisitet-lynet-lynavlederen-oppfinner-vitenskapsmann-elektroner-usas-amerikas-grunnleggere.jpg?w=450 (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://howisearth.files.wordpress.com/2010/11/benjamin-franklin-forsker-eksperimenterer-eksperimenter-eksperiment-strc3b8m-elektrisitet-lynet-lynavlederen-oppfinner-vitenskapsmann-elektroner-usas-amerikas-grunnleggere.jpg?w=450>.

86. franklin1.gif (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.radionic.ru/sites/www.radionic.ru/files/images/franklin1.gif>.

87. 13012.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://konesh.ru/imgs/proekt-nauchno-issledovateleskoj-deyatelenosti-linejnaya-m/13012.jpg>.

88. 220px-Jean_antoine_houdon-rembrandt_peale.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9c/Jean_antoine_houdon-rembrandt_peale.jpg/220px-Jean_antoine_houdon-rembrandt_peale.jpg.

89. richman.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://edu.delfa.net/Interest/biography/pictur/rikhman.jpg>.

90. no32_06.gif (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://fiz.1september.ru/2003/32/no32_06.gif.

91. 180px-richmann_electro_gnomon.jpg (Электронный) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/49/180px-richmann_electro_gnomon.jpg.

92. Luigi_galvani.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/39/Luigi_galvani.jpg/267px-Luigi_galvani.jpg.

93. 468556_html_7f7cf922.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://ru.convdocs.org/pars_docs/refs/469/468556/468556_html_7f7cf922.jpg.

94. 0003-003-Zakon-Kulona-SHarl-Ogjusten-de-Kulon-1736-1806.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://900igr.net/datas/fizika/Elektromagnitnoe-pole-fizika/0003-003-Zakon-Kulona-SHarl-Ogjusten-de-Kulon-1736-1806.jpg>.
95. 250px-Charles_de_coulomb.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/59/Charles_de_coulomb.jpg/250px-Charles_de_coulomb.jpg.
96. volta5.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://interelectro.com.ua/htm/hist/man/volta5.jpg>.
97. 91acc1aab65e5741003b0c2e73e6aa01.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://m.nkj.ru/upload/iblock/91acc1aab65e5741003b0c2e73e6aa01.jpg>.
98. f0ae60d41deffd064414dd8829a7c85a.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.nkj.ru/upload/iblock/f0ae60d41deffd064414dd8829a7c85a.jpg>.
99. petrov-vasil-volodimirovich-22601-30.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.turkaramamotoru.com/uk/image/petrov-vasil-volodimirovich-22601-30.jpg>.
100. 0015-019-Elektricheskaja-duga.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://900igr.net/datai/fizika/Elektricheskij-razrjad/0015-019-Elektricheskaja-duga.jpg>.
101. tort_6.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://wonderwerk.ru/wp-content/uploads/2014/03/tort_6.jpg.
102. jakobi_b.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/106/jakobi_b.jpg.
103. image607.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://msd.com.ua/img/563/image607.jpg>.

104. 121763319_4622790_.JPG. (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
http://img1.liveinternet.ru/images/attach/c/0/121/763/121763319_4622790_.JPG.
105. svecha-apple.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://tehno-science.ru/wp-content/uploads/2012/04/svecha-apple.jpg>.
106. 32/32619.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://shkolazhizni.ru/img/content/i32/32619.jpg>.
107. 8e9/8e9efa323d5b834463a7b91ccf6ea0a1.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://musen.ru/upload/medialibrary/8e9/8e9efa323d5b834463a7b91ccf6ea0a1.jpg>.
108. b037b22d652f7371d9f1a24e246a90b2.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://musen.ru/upload/medialibrary/b03/b037b22d652f7371d9f1a24e246a90b2.jpg>.
109. 24030542_1209683155_thomasaedison1.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
http://img1.liveinternet.ru/images/attach/b/2/24/30/24030542_1209683155_thomasaedison1.jpg.
110. lampra.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://20steps.ru/novoe/lampra.jpg>.
111. Ørsted.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/79/Ørsted.jpg/267px-Ørsted.jpg>.
112. amper.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://ldsound.ru/wp-content/uploads/2013/03/amper.jpg>.
113. faraday_1_600.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
http://elementy.ru/images/eltpub/faraday_1_600.jpg.
114. 10238b.gif (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://fizika.ru/fakultat/tema-10/10238b.gif>.

115. faraday_electrical.gif (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :

http://www.digimedia.ru/UserFiles/image/materials/total_wireless/faraday_electrical.gif.

116. 6190.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.biografguru.ru/img/6190.jpg>.

117. npid_20339.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.people.su/images/catalog/main/npid_20339.jpg.

118. mach.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://sceptic-ratio.narod.ru/pic/mach.jpg>.

119. 39531696-austria-circa-1988-a-stamp-printed-in-austria-issued-for-the-150th-anniversary-of-the-birth-of-ernst.jpg?ver=6 (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://us.123rf.com/450wm/lefpar/lefpar1504/lefpar150400069/39531696-austria-circa-1988-a-stamp-printed-in-austria-issued-for-the-150th-anniversary-of-the-birth-of-ernst.jpg?ver=6>.

120. Avenarius-Mihail-Petrovich.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://fizika.ru/images/Avenarius-Mihail-Petrovich.jpg>.

121. main.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://lichnosti.net/photos/2782/main.jpg>.

122. zakon_oma.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://ydoma.info/photos/electricity/zakon_oma.jpg.

123. 156px-Claude_Servais_Mathias_Pouillet.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/49/156pxClaude_Servais_Mathias_Pouillet.jpg.

124. 1365255763_kirchhof.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://biopeoples.ru/uploads/posts/2013-04/1365255763_kirchhof.jpg.

125. [imgpreview?key=1ef9790c0077024b&mb=imgdb_preview_498](http://go1.imgsmail.ru/imgpreview?key=1ef9790c0077024b&mb=imgdb_preview_498)
(Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
http://go1.imgsmail.ru/imgpreview?key=1ef9790c0077024b&mb=imgdb_preview_498.
126. [maksvell.jpg](http://dtbiz.biz/wp-content/gallery/scalar-energy/maksvell.jpg) (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://dtbiz.biz/wp-content/gallery/scalar-energy/maksvell.jpg>.
127. [19_07.jpg](http://modcos.com/images/articles/oleg/2011/02/19_07.jpg) (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
http://modcos.com/images/articles/oleg/2011/02/19_07.jpg.
128. [img2.jpg](http://dok.opredelim.com/pars_docs/refs/9/8009/img2.jpg) (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
http://dok.opredelim.com/pars_docs/refs/9/8009/img2.jpg.
129. [gerc.jpg](http://velikielyudi.ru/wp-content/uploads/2015/04/gerc.jpg) (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://velikielyudi.ru/wp-content/uploads/2015/04/gerc.jpg>.
130. [DBP_100._Geburtstag_Heinrich_Hertz_10_Pfennig_1957.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/12/DBP_100._Geburtstag_Heinrich_Hertz_10_Pfennig_1957.jpg)
(Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/12/DBP_100._Geburtstag_Heinrich_Hertz_10_Pfennig_1957.jpg.
131. [1.jpg](https://www.kantiana.ru/about/kant/1.jpg) (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<https://www.kantiana.ru/about/kant/1.jpg>.
132. [130087.png](http://www.3dnews.ru/assets/external/illustrations/2009/07/03/130087.png) (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://www.3dnews.ru/assets/external/illustrations/2009/07/03/130087.png>.
133. [800e3f811e6f27d0302e27590f5d6a24_fb61e5ec90f1278be9d3f5b257042a8b.jpg](http://f.mypage.ru/800e3f811e6f27d0302e27590f5d6a24_fb61e5ec90f1278be9d3f5b257042a8b.jpg) (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
http://f.mypage.ru/800e3f811e6f27d0302e27590f5d6a24_fb61e5ec90f1278be9d3f5b257042a8b.jpg.
134. [a08/a08af9a7d82069af780454a7d4ec8a3c.jpg](https://image.chitai-gorod.ru/upload/medialibrary/a08/a08af9a7d82069af780454a7d4ec8a3c.jpg)
(Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<https://image.chitai-gorod.ru/upload/medialibrary/a08/a08af9a7d82069af780454a7d4ec8a3c.jpg>.
135. [1307359803_7.png](http://xreferat.com/image/102/1307359803_7.png) (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
http://xreferat.com/image/102/1307359803_7.png.

136. Pavel_Shilling.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Pavel_Shilling.jpg.

137. 800px-USSR_stamp_P.L.Shilling_1982_6k.pg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ed/USSR_stamp_P.L.Shilling_1982_6k.jpg/800px-USSR_stamp_P.L.Shilling_1982_6k.pg.

138. pushkin.jpeg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://biografiivsem.ru/sites/default/files/p/pushkin.jpeg>.

139. shillin2.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.computer-museum.ru/images/connect/shillin2.jpg>.

140. 327px-Cooke_William_Fothergill.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8e/Cooke_William_Fothergill.jpg/327px-Cooke_William_Fothergill.jpg.

141. Image1177.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://sbiblio.com/pictures/railway/Image1177.jpg>.

142. СНАРТ0220.JPG (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://booksonline.com.ua/pic/4/8/2/6/0/СНАРТ0220.JPG>.

143. 200px-Wheatstone_Charles_drawing_1868.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/37/Wheatstone_Charles_drawing_1868.jpg/200px-Wheatstone_Charles_drawing_1868.jpg.

144. Samuel_Morse.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.jnsm.com.ua/ures/img/Samuel_Morse.jpg.

145. x1791.jpg.pagespeed.ic.kljDaTEJgp.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://minsknews.by/wp-content/uploads/2016/04/x1791.jpg.pagespeed.ic.kljDaTEJgp.jpg>.

146. ukbase_1_592938550_17975.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://nado.znate.ru/images/ukbase_1_592938550_17975.jpg.

147. 21/615/21615756_PH03123.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
http://img0.liveinternet.ru/images/attach/b/2/21/615/21615756_PH03123.jpg.
148. 91.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<https://holst.com.ua/blog/wp-content/uploads/2013/03/91.jpg>.
149. genry2.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
http://uk.shram.kiev.ua/img/megafaza/history_pic/genry2.jpg.
150. СНАРТ0212.JPG (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://booksonline.com.ua/pic/4/8/2/6/0/СНАРТ0212.JPG>.
151. traT01.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://rfcmd.ru/files/traT01.jpg>.
152. 9b1/3fd/f89/9b13fdf893014099ba5e9d20c687497b.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://hsto.org/files/9b1/3fd/f89/9b13fdf893014099ba5e9d20c687497b.jpg>.
153. b8a/7bc/e5d/b8a7bce5d4da4777a5681ed6f9897a46.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://hsto.org/files/b8a/7bc/e5d/b8a7bce5d4da4777a5681ed6f9897a46.jpg>.
154. hsto.org/files/4e9/cc5/34e/4e9cc534eb7943738a067731bceabcda.png (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://hsto.org/files/4e9/cc5/34e/4e9cc534eb7943738a067731bceabcda.png>.
155. Alexander_Stepanovich_Popov.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a8/Alexander_Stepanovich_Popov.jpg.
156. ph06097.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
http://dic.academic.ru/pictures/enc_colier/ph06097.jpg.
157. BRANLI_Eduard2_s.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
http://persons-info.com/userfiles/image/persons/0-10000/5000-6000/5365/BRANLI_Eduard2_s.jpg.

158. Oliver_Joseph_Lodge3.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fb/Oliver_Joseph_Lodge3.jpg/220px-Oliver_Joseph_Lodge3.jpg.
159. 214450016.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://bse.sci-lib.com/pictures/18/01/214450016.jpg>.
160. 219181/219181_900.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
http://ic.pics.livejournal.com/veniamin_smel/65365145/219181/219181_900.jpg.
161. img16.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://svitppt.com.ua/images/52/51869/210/img16.jpg>.
162. 401_html_27b490f6.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://kk.convdocs.org/pars_docs/refs/1/401/401_html_27b490f6.jpg.
163. 0_b1037_10ec25c8_L.jpg (Изображение, [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://img-fotki.yandex.ru/get/6426/99927926.0/0_b1037_10ec25c8_L.jpg.
164. t3.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://photo.psychotype.ru/ph/20/13/t3.jpg>.
165. JJTomson.jpg (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://physchem.narod.ru/Source/History/Persones/photos/JJTomson.jpg>.
166. elektrons1. (Изображение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа :
<http://newsmake.net/wp-content/uploads/2011/05/electrons1.jpg>.

Список літературних джерел

167. Карцев В. П. Пригоди великих рівнянь / В. П. Карцев. – Київ : Веселка, 1981. – 263 с.
168. Шилейко А. В. Электронны...Электронны... / А. В. Шилейко, Т. И. Шилейко. – М. : Дет. лит., 1989. – 335 с.
169. Колонтаєвський Ю. П. Електроніка і мікросхемотехніка : підручник для студентів вузів / Ю. П. Колонтаєвський, А. Г. Сосков ; за ред. д-ра техн. наук, проф. А. Г. Соскова. – [2-ге вид.]. – Київ : Каравела, 2009. – 416 с.
170. Довідник вільно конвертованих валют / Упоряд. Ю. В. Єфіменко. – Київ : Мистецтво, 1994. – 80 с.

ХРОНОЛОГІЯ ВИКЛАДЕНИХ ПОДІЙ

Таблиця А.1 – Хронологія основних подій, викладених у виданні

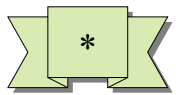
*	Час	Особистість	Подія	Країна
	близько 500 року до н. е.	<i>Фалес</i>	Силу, що притягує порошок до бурштину, названо електрикою	Греція
	1600 рік	<i>Вільям Гілберт</i>	Введено термін «електрика», розділено електричні й магнітні явища	Великобританія
	1645 рік	<i>Отто фон Геріке</i>	Створено машину, що забезпечує накопичення електричних зарядів	Німеччина
	1743 рік	<i>Георг Вільгельм Ріхман</i>	Створено електрометр	Росія
	1745 рік	<i>Пітер ван Мушенбрук</i>	Створено лейденську банку (конденсатор)	Нідерланди
	1747–1753 роки	<i>Бенджамін Франклін</i>	Створено теорію статичної електрики	США

*	Час	Особистість	Подія	Країна
	1770–1781 роки	<i>Луїджі Гальвані</i>	Відкрито тваринну електрику	Італія
	1785 рік	<i>Шарль Огюстен де Кулон</i>	Відкрито закон взаємодії заряджених електрикою тіл	Франція
	1799 рік	<i>Алессандро Вольта</i>	Створено вольтів стовп (джерело електричної енергії)	Італія
	1802 рік	<i>Василь Володимирович Петров</i>	Вперше отримано електричну дугу	Росія
	1808 рік	<i>Гемфрі Деві</i>	Отримано електричну дугу	Великобританія
	1820 рік	<i>Ганс Крістіан Ерстед</i>	Встановлено зв'язок між електричними і магнітними явищами	Данія
	1820 рік	<i>Андре Марі Ампер</i>	Створено електродинаміку	Франція



Час	Особистість	Подія	Країна
1821 рік	Майкл Фарадей	Створено електродвигун	Великобританія
1826 рік	Георг Симон Ом	Відкрито закон співвідношення електричних величин	Німеччина
1831 рік	Майкл Фарадей	Створено електрогенератор	Великобританія
1831 рік	Джозеф Генрі	Винайдено електромагнітне реле	США
1832 рік	Павло Львович Шілінг	Запропоновано перший роботоздатний електромагнітний телеграф	Росія
1837 рік	Уїльям Кук	Одержано патент на електромагнітний телеграф (дублюючий телеграф Шілінга)	Великобританія
1837 рік	Павло Львович Шілінг	Запропоновано прокладення підводного телеграфного кабелю	Росія

	Час	Особистість	Подія	Країна
	1837 рік	Чарльз Уїтстон	Запропоновано прокладення підводного телеграфного кабелю	Великобританія
	1838 рік	Семюел Фінлі Бріз Морзе	Продемонстровано телеграф	США
	1845 рік	Густав Роберт Кірхгоф	Сформульовано правила розрахунку електричних кіл	Німеччина
	1846 рік	Борис Семенович Якобі	Застосовано дугову лампу	Росія
	1850 рік	Вінер Сімонс	Запропоновано для ізоляції каучук (прокладено телеграфний кабель Дувр-Кале)	Великобританія
	1855 рік	Сайрус Уест Філд	Розпочато прокладення підводного кабелю з Великобританії до США	США
	1861–1865 роки	Джеймс Клерк Максвелл	Створено теорію електромагнітного поля	Великобританія



Час	Особистість	Подія	Країна
1866 рік	<i>Сайрус Уест Філд</i>	Завершено прокладення підводного кабелю з Великобританії до США	США
1872 рік	<i>Олександр Миколайович Лодигін</i>	Створено лампу розжарювання	Росія
1876 рік	<i>Павло Миколайович Яблочков</i>	Вдосконалено дугову лампу	Росія
1879 рік	<i>Томас Алва Едісон</i>	Продемонстровано лампу розжарювання	США
1881 рік	<i>Герман Людвіг Фердінанд фон Гельмгольц</i>	Передбачено існування найменшої неподільної частки електрики електрона	Німеччина
1880–1882 роки	<i>Іван Павлович Пулюй</i>	Опубліковано результати експериментів з лампою Пулюя	Австро-Угорщина
1884 рік	<i>Фемістокл Кальцеккі- Онесті</i>	Опубліковано результати дослідження опору металічної тирси під дією електричних процесів	Італія

*	Час	Особистість	Подія	Країна
	1886 рік	<i>Генріх Рудольф Герц</i>	Відкрито електромагнітні хвилі	Німеччина
	1888–1890 роки	<i>Олександр Григорович Столетов</i>	Відкрито фотоэффект	Росія
	1890 рік	<i>Ежен Едуард Дезіре Бранлі</i>	Отримано радіокондуктор, що замикає електричне коло під дією електричного розряду	Франція
	1893 рік	<i>Нікола Тесла</i>	Винайдено хвильовий радіопередавач	США
	1894 рік	<i>Олівер Лодж</i>	Застосовано когерер для реєстрації електромагнітних хвиль	Великобританія
	1895 рік	<i>Вільгельм Конрад Рентген</i>	Випадково відкрито X-промені	Німеччина
	1895 рік	<i>Олександр Степанович Попов</i>	Винайдено радіотелеграфний приймач	Росія

*	Час	Особистість	Подія	Країна
	1896 рік	<i>Гульєльмо Марконі</i>	Запатентовано радіотелеграфний приймач	Італія, Великобританія
	1897 рік	<i>Джозеф Джон Томсон</i>	Відкрито електрон	Великобританія
	1902 рік	<i>Іван Павлович Пулюй</i>	Засновано першу в Європі кафедру електротехніки	Австро-Угорщина
	1943 рік	Верховний суд США анулював усі патенти Марконі, визнавши пріоритет з патентування радіо за Ніколою Тесла		
	18.04.1925	У Парижі засновано Міжнародну спілку радіоаматорів. Всесвітній День радіоаматора		
	7.05.1945	В СРСР запроваджено День радіо. Зараз відзначається в Росії, Україні та деяких інших країнах		
	13.02.1946	Розпочало роботу радіо ООН. З 2012 року міжнародний День радіо		

Наукове видання

КОЛОНТАЄВСЬКИЙ Юрій Павлович

КОРОТКИЙ НАРИС ІСТОРІЇ ЕЛЕКТРИКИ В ОСОБИСТОСТЯХ

МОНОГРАФІЯ

Відповідальний за випуск *Я. Б. Форкун*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарової*

Дизайн обкладинки *Ю. П. Колонтаєвський*

Підп до друку 03.03.2017 р.
Друк на ризографі
Тираж 300 пр.

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 5,9
Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017 р.

Для нотаток