

Предговор

У сарадњи са издавачком кућом АГМ књига припремио сам заинтересованој читалачкој публици едицију под насловом *Историја електричних локомотива*.

Намера ми је да у десет књига прикажем електричне локомотиве железнички управа свих континената, све оне које као типови већ припадају историји. То значи да ће бити обухваћене готово све електричне локомотиве, од прве две настале средином 19. века па све до оних које су претходиле савременим електричним локомотивама.

У плану је да се пред читаоцима појаве две књиге годишње, што значи да би се заједнички посао окончао до краја 2020. године.

Овај план моћи ће, наравно, да се оствари само ако га и читаоци прихвате, тј. ако књиге оживе међу читаоцима и они почну с нестрпљењем да очекују објављивање сваке следеће.

Пред читалачком публиком је прва књига под насловом:

Од ћилибара до локомотиве.

Следећи наслови су:

Електричне локомотиве 19. века

Трофазне локомотиве

Немачке електричне локомотиве

Северноамеричке електричне локомотиве

Француске електричне локомотиве

Европске електричне локомотиве једносмерне струје

Европске електричне локомотиве наизменичне струје

Електричне локомотиве Јужне Америке, Азије, Африке и Аустралије

Електричне локомотиве градских и локалних железница.

Надамо се да ћете уживати у читању.

Аутор

Садржај

Увод	9
1 О електрицитету и магнетизму, од Талеса до Кулона	13
Талес из Милета.....	13
Вилијам Гилберт.....	15
Ото фон Герике.....	17
Исак Њутн.....	19
Лајденска боца.....	21
Бенџамин Френклин.....	23
Хенри Кавендиш.....	25
Шарл Кулон.....	26
2 Волта и Галвани – откриће електричне струје	28
Луиџи Галвани.....	29
Алексадро Волта.....	32
3 Ерстед и откриће магнетног дејства електричне струје	40
4 После Ерстеда – први експерименти и основни закони	48
Андре – Мари Ампер.....	49
Хемфри Дејви.....	51
Вилијам Воластон.....	53
Франсоа Араго.....	54
Жан-Баптист Био и Феликс Савар.....	54
Мајкл Фарадеј.....	54
Вилијам Стурџон.....	56
Питер Барлоу.....	57
Георг Ом.....	57
Џозеф Хенри.....	58
Салваторе Дал Негро.....	58
5 Фарадеј и Хенри – откриће електромагнетне индукције	60
Мајкл Фарадеј.....	60
Џозеф Хенри.....	65
6 Нови експерименти и истраживања	68
Иполит Пикси.....	68
Вилијам Ричи.....	68
Рудолф Шултхес.....	69
Т. Едмондсон.....	71
Ђузепе Бото.....	72
Хајнрих Ленц.....	72
7 Рани електрични мотори	73
Мориц Јакоби.....	73
Томас Девенпорт.....	75
Сибрандус Стратин.....	76
Роберт Дејвидсон.....	77
Чарлс Пејџ.....	79
8 Подвиг професора Јакобија	81
9 Томас Девенпорт и идеја електричне железнице	85
10 Роберт Дејвидсон и прва електрична локомотива	89
11 Чарлс Пејџ и његова локомотива	94
12 Модели електромагнетних локомотива и електричних железница	99
Клерков модел локомотиве.....	99
Вагнеров модел локомотиве.....	100
Колтонов модел локомотиве.....	102

Фармеров модел железнице.....	103
Холов модел железнице.....	104
13 Историјски електромагнетни мотори.....	105
Елијасов мотор.....	105
Тејлоров мотор.....	107
Витстонови мотори.....	108
Фромонови мотори.....	108
Јордов мотор.....	109
Дејвијев мотор.....	110
Једликови електромагнетни апарати.....	110
14 Антонио Паџиноти у предворју нове ере.....	112
15 Џејмс Максвел и почетак нове ере електромагнетизма.....	121
Литература.....	129
Индекс личних имена.....	131
Библиографија аутора.....	137

Увод

Историја електричних локомотива дуга је већ преко једног и по века. Прве су настале средином 19. века и доживеле само своју промотивну возњу. За вучу возова електричне локомотиве почеле су да се користе у претпоследњој деценији 19. века. Да би њихов настанак уопште био могућ били су неопходни бројни технички проналасци.

У време када је настала идеја о електричној железници парне локомотиве су већ започеле поход кроз свет. Техничке науке су то омогућиле својим достигнућима.

Грађевинарство је дало свој допринос грађењем пруга, тунела, мостова, вијадуката и друге железничке инфраструктуре. Стални напредак у грађевинским техникама омогућио је освајање нових и све тежих терена за ширење мреже железничких пруга и све веће брзине на њима.

Машинство је обезбедило изградњу парних локомотива, теретних и путничких вагона. Развој машинске технике омогућио је све веће снаге парних локомотива, све теже возове које су оне могле да вуку и све веће брзине. Развој теретних кола омогућио је све веће и веће товарене масе, разноврсност терета, веће брзине и мањи утицај на пругу. Путничка кола требала су да обезбеде удобан, безбедан и сигуран превоз путника.

У време када је железница покренула свет, електротехника још није ни постојала као наука. У оквиру физике, којом су се бавили бројни научници 17. и 18. века развило се истраживање електричних и магнетних појава. Електростатика се бавила наелектрисањима у миру и електричним варницама. Магнетне игле и стални магнети били су на располагању онима који су се интересовали за магнетизам. Запажено је, додуше случајно, да неке електричне појаве утичу на смер показивања магнетне игле.

Друга половина 18. века била је испуњена бројним експериментима и открићима. Из тога је нешто значајно морало да се изроди. И изродило се: електрична струја из прве електричне батерије.

Шта урадити с њом? Каква су њена дејства? Била су то нова питања и за научнике и за оне који то нису били. Није струја била свакоме ни доступна. Било је доста скупо да се обезбеди извор струје за експериментисање. Откривена су нека дејства електричне струје: електролитичко и топлотно. Хемичари су имали пуне руке посла у откривању нових елемената и других хемијских супстанци. Измишљене су и нове врсте електричних батерија. Физичари су дуго чекали прилику да ураде нешто велико.

Уствари хемичари су били и физичари, физичари су били и хемичари. Сви су помало били и филозофи. Када нису могли да експериментишу могли су да размишљају. Главно питање које је свима било у глави било је: има ли везе између електрицитета и магнетизма? Многи су били убеђени да таква веза постоји али нису могли да то и докажу.

И стигло је. Откриће да су то две блиске појаве објавио је свету један хемичар који је био и физичар а и филозоф. Од тада је све кренуло много брже. Електрицитет и магнетизам заувек су састављени у свести људи, као што су то одувек и били али су се само ретко као такви показивали.

Удружени електрицитет и магнетизам стварали су силу и то је дало идеју да се та сила, као и све друге већ познате, искористи за механичко кретање. Од првих електромагнетних апарата до првих електромагнетних мотора није био дугачак пут. Савладана је прва важна лекција. Из извора електричне струје преко њеног магнетног дејства на сталне магнете може да се добије механичко кретање.

Ово откриће довело је до новог питања. Да ли је могуће обрнуто? Да ли се из механичког кретања може добити електрична струја? Постоји ли и овде симетрија као основа природних закона?

Љубитељи симетрије били су спремни да дају потврдан одговор. И били су у праву. Из механичког кретања добијена је електрична струја. Опет симетрично, у односу на Атлантски океан, два научника, један из Старог, а други из Новог света, дошли су до истог открића.

Ово откриће дало је нови подстицај бројним научницима и проналазачима да покушају да остваре нешто велико, да направе електромагнетну или магнетоелектричну машину. И опет симетрично, готово у исто време, опет један из Старог, а други из Новог света, направили су прве електромагнетне моторе. И тако је почело. Бројне конструкције електромагнетних, а затим и магнетоелектричних машина угледале су свет. Велика већина није нашла никакву практичну

примену. Извори електричне струје нису били ни лако доступни, ни довољно поуздани, а нису били ни дугог века. Осим тога, били су скупи.

Међу ретким практичним применама, електромагнетни мотори доспели су и на возила. Најпре су то били модели, а затим и две локомотиве које су тестиране на правим железничким пругама. И опет у Старом и у Новом свету, мада не баш у исто време.

Нису ове локомотиве доживеле дуг век, чак ни своју другу вожњу али су ушле у историју као прва и друга. Иноватори су наставили с израдом модела. Електромагнетни мотори налазили су све ширу примену. Извори струје су се усавршавали. Ипак, све је остало у домену малих снага и великих ограничења.

Чекало се ново велико откриће. Теорија је била припремљена. Електромагнетизам је постао пуноправна област физике.

Објашњење о мерним јединицама

У књизи су задржане мерне јединице за одређене физичке величине онакве какве су се користиле у документима који су коришћени као извори.

У циљу упоређивања страних и старих јединица употребљених у овој књизи и јединица Међународног система јединица, у приложеној табели дати су њихови међусобни односи.

1 миља (mile)	1609,344 m	1, 61 km
1 јард (yard)	0,9144 m	91,44 cm
1 стопа (foot, мн. feet)	0,3048 m	30,48 cm
1 цол (inch)	0,0254 m	25,4 mm
1 миља на час (mph)	0,447 m/s	1,61 km/h
1 коњска снага (HP - Horse Power)	746 W	0,746 kW
1 коњска снага (PS - Pferdestärke)	736 W	0,736 kW
1 фунта (маса) (lb)	0,453 kg	453 gr
1 фунта (сила) (lbf)	4,448 N	

1

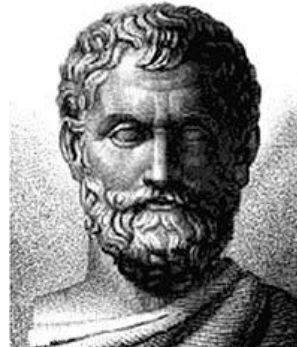
О електрицитету, од Талеса до Кулона

Иако је људска цивилизација ушла у 18. век са скромним знањем о електричним појавама, ипак је тај век донео један фундаментални закон електрицитета и једно епохално откриће.

Пут од открића електрицитета до проналаска првог извора електричне струје био је, временски, врло дуг. А када се електрична струја појавила из свог првог извора, мање од једног века било је потребно да настане нова наука, електротехника.

Први, коме се приписује проучавање електрицитета био је Талес из Милета, око 590. године пре нове ере.

**Талес из
Милета,
математичар,
астроном и
филозоф**



Свака прича о електрицитету започиње од открића да комад ћилибара протрљан вуном стиче способност да привлачи ситне и лаке предмете. Када и како је ово први пут запажено заувек ће остати тајна. Међутим, од филозофа до филозофа, речју и пером, до данашњег дана остало је запамћено и записано да је Талес из Милета био први који је проучавао ову појаву и размишљао о њеном узроку. Зато му је и дато почасно место међу зачетницима електрицитета.

Талес је рођен 624. године пре нове ере у граду Милету, главном граду Јоније, атинске колоније, на западној обали Мале Азије. Као дечак имао је дневне школске обавезе. Део дана дечаци су проводили у учењу: читања поезије, писања, рачунања, певања и свирања на лири. У другом делу дана бавили су се телесним вежбама: трчањем, скакањем, рвањем, бацањем диска и копља.

Обећана земља за све оне који су хтели више да науче био је Египат. Талес је био у могућности да тамо отпутује и борави неко време. У Египту су била развијена знања из различитих наука, посебно математике и медицине. Готово стално ведро небо омогућило је да бављење астрономијом буде веома популарно.

Талес је у Египту научио геометрију. Успео је да израчуна висину пирамида мерењем дужине њихове сенке. Своја знања пренео је у Грчку и наставио да их проширује. Знања из астрономије применио је на предвиђање помрачења Сунца. Открио је сазвежђе Малог медведа и препоручивао га поморцима ради навигације. Годину је поделио на четири годишња доба и на 365 дана. Сматрао је да је вода основни флуид и материјални извор свих ствари.

Талесова знања импресионирала су његове сународнике па је убрајан у мудраце. Био је један од седморице изабраних. Сматра се оцем грчке геометрије, астрономије и филозофије. Приписује му се неколико теорема из геометрије.

Од Талеса из Милета није остало писаних дела. Умро је 547. године пре нове ере. О свему што је радио писали су други, његови ученици и други филозофи.

Много векова, чак више од двадесет, протекло је док се није појавио научник који је први почео да се бави магнетним и електричним појавама. Био је то Вилијам Гилберт.

**Вилијам
Гилберт
лекар и
филозоф**



Вилијам Гилберт рођен је 24. маја 1544. године у парохији Тринити у Колчестеру у Енглеској. Ништа посебно није забележено о његовом детињству и дечаштву. Извесно је да се уписао на колеџ (St. John's College) у Кембриџу маја 1558. године. Дипломирао је две године касније. Следећи, виши, степен образовања стекао је 1564. године. Коначно, докторат из медицине стекао је 1569. године.

После кратког периода рада на универзитету упутио се на путовање по Европи. По повратку у Лондон, 1573. године започео је медицинску праксу као лекар. У свом послу био је веома успешан и поштован. Имао је различита задужења на Краљевском колеџу (Royal College of Physicians). Неколико година, од 1601. до 1603. године био је лекар на краљичином двору. Ова обавеза престала му је после краљичине смрти марта 1603. године. Међутим, није дуго уживао у краљичиној пензији јер је и сам преминуо 30. новембра исте године.

Вилијам Гилберт био је признати научник и један од првих експериментатора Енглеске. Између осталог, извео је велики број експеримената из електрицитета и магнетизма.

Најранија знања о електрицитету и магнетизму као и резултате својих експеримената Вилијам Гилберт објавио је у књизи „О магнету, магнетним телима и великом земљином магнету, нова физиологија приказана бројним аргументима и експериментима“ (лат. *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure, Physiologia nova, plurimis & argumentis & experimentis demonstrata*) која је издата 1600. године (слика 1.1). Писању ове књиге Гилберт је посветио осамнаест година свога живота.



Слика 1.1

Факсимил насловне страна књиге Вилијама Гилберта

„О магнету, магнетним телима и великом земљином магнету, нова физиологија приказана бројним аргументима и експериментима“

У другом поглављу друге књиге овог великог дела Вилијам Гилберт писао је о фрикционом електрицитету који настаје трењем ћилибара, фосилизованог дрвета и других сличних материјала. Да би могао да обавља експерименте из електрицитета, пронашао је електроскоп с обртном иглом који је назвао верзоријум (versorium).

Од Вилијама Гилберта остали су појмови „електрично привлачење“ (electric attraction), „електрична сила“ (electric force), и други, које је он користио да би описао електричне особине ћилибара (грчки: ηλεκτρον, електрон), воска за печате и сличних материјала.

Више од пола века после објављивања Гилбертове књиге појавио се први проналазак везан за електрицитет. Била је то фрикциона електрична машина коју је конструисао Ото фон Герике.

**Ото фон Герике
правник,
инжењер,
физичар и
политичар**



Ото фон Герике рођен је 30. новембра 1602. године у Магдебургу у Немачкој. Породица му је омогућила да стекне високо образовање из права и грађевине. Студирао је право на више факултета у Немачкој, у Лајпцигу, Хелмштату и Јени. У Лајдену, у Холандији, студирао је математику, геометрију и механику. У циљу стручног усавршавања путовао је по Енглеској и Француској. Све то урадио је до 1625. године када се вратио у родни град. Следеће, 1626. године, оженио се и био изабран у Савет града Магдебурга. На тај начин постао је јавни радник, политичар.

Следио је рат који је довео до разарања Магдебурга па се преселио у Ерфурт где је радио као грађевински инжењер. Тада су грађевински инжењери били најпотребнији ради грађења утврђења. Вратио се у Магдебург 1636. године и посветио се политици. Изабран је за градоначелника Магдебурга 1646. године. После смрти прве супруге, оженио се други пут 1652. године и у том браку имао је троје деце, кћерку и два сина.

Од 1645. године бавио се експериментима из физике, нарочито истраживањем добијања вакуума. Из тога је, 1649. године, настао проналазак вакуумске пумпе. Заинтересовао се и за електрицитет. Године 1672. објавио је расправу о првој фриксионој електричној машини сачињеној од сумпорне лопте, навучене на осовину око које је могла да се обрће. Електрицитет се стварао трењем између лопте и осовине при чему је рука која држи осовину представљала колектор позитивних наелектрисања а сумпорна лопта сакупљала је негативна наелектрисања (слика 1.2). Тада се још није знало за постојање две врсте наелектрисања, па је Герике приметрио само појаву наелектрисања на лопти. На телу које је стајало на тлу није могао да запази појаву наелектрисања.



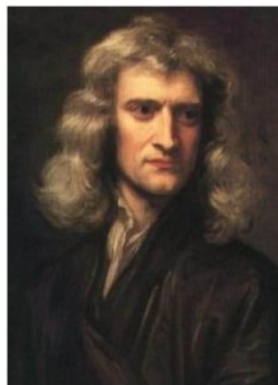
Слика 1.2
Сумпорна лопта
Ота фон Герикеа

Ото фон Герике био је први који је забележио да је електрично пражњење праћено звуком (праском) и светлошћу (варницом). У више прилика бавио се и астрономијом.

Преминуо је 21. маја 1686. године у Хамбургу. Доживео је дубоку старост у бурним временима и начинио дела по којима ће се памтити.

Магија електрицитета није мимоишла ни највећег физичара свих времена. Исак Њутн је био геније којем нису могле да промакну природне појаве које су га окруживале. Тако се заинтересовао и за природу електричних појава. Сасвим мали допринос у односу на друга његова велика дела заслужује да се помене и на овом месту.

Исак Њутн
математичар,
физичар,
астроном и
филозоф



Исак Њутн рођен је 4. јануара 1643. године у Вулсторпу у Енглеској у добростојећој породици фармера. С тешком муком је дошао на свет. Чак ни његова мајка није веровала да ће преживети. Отац му је умро пре његовог рођења, а мајка се преудала када је имао три године и оставила га на старање баки, својој мајци.

Школовање је започео у сеоској школи а наставио га у Краљевској школи (The King's School) у Грентему. Од своје дванаесте године поново је био у породици, с мајком и њено троје деце из другог брака, пошто је остала и без другог мужа. Желећи да сина посвети фармерском послу, мајка га је повукла из школе. Иако мали, Исак се томе одлучно успротивио и вратио се у школу.

Уз помоћ свог ујака, образованог човека, који се код своје сестре, Исакове мајке, својски заложиио за то, Исак се јуна 1661. године, у својој деветнаестој, уписао на Тринити колеџ (Trinity College) у Кембриџу. Исак је тада већ био старији од студената своје класе. Његов циљ у Кембриџу био је диплома из права. На трећој години студенти су имали и могућност избора па је Исак то искористио за стицање знања из астрономије и оптике, што га је веома занимало. За математику је почео да се интересује 1663. године када је купио једну књигу из астрологије али није могао да је у потпуности разуме. Зато је почео да набавља цџбенике из математике и све више јој је био посвећен. Дипломирао је 1665. године.

Због опасности од куге колеџ је привремено био затворен па је Исак то време провео код куће у истраживањима тајни математике, физике, астрономије и оптике. У Кембриџ се вратио 1667. године пошто је изабран за асистента. После стицања вишег академског звања изабран је за предавача. Када је остало упражњено професорско место први избор био је Исак Њутн. Било је то 1669. године, а Исак је имао само 27 година. Пред њим је био нови изазов, бављење науком.

Прва предавања као професор држао је из оптике. Већ је, радећи код куће, доказао да је бела светлост сложена и приказао њен спектар. Затим је конструисао телескоп с огледалима. То му је омогућило да буде изабран за члана Краљевског друштва (Royal Society). Радећи сам, 1666. године, већ је имао идеје о утицају гравитације Земље на кретање Месеца као и рану верзију својих закона кретања.

Те идеје постале су предмет његовог темељног истраживања па су почеле и да излазе у јавност. Због њих је имао жустру расправу са својим колегама, научницима из Краљевског друштва. Једни су оспоравали његова открића, други су га оптуживали за преузимање њихових идеја. У сваком случају, нико није био равнодушан, стварала се нова физика.

Године 1687, после осамнаест месеци интензивног рада, Исак Њутн објавио је своје епохално дело „*Математички принципи природне филозофије*“ (лат. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*) (слика 1.3).

Ово Њутново дело постало је најчувенија научна књига свих времена и учинило је да Њутн постане светски познат и признат научник. С њеним објављивањем почиње његово удаљавање од научног рада.

Стечени углед допринео му је да буде изабран у Парламент, 1689. године. Преселио се у Лондон 1696. године где је постављен на високи положај у Краљевској ковници новца. За управника исте (Master of the Royal Mint) изабран је 1699. године и на том месту остао је до краја живота. Професуром у Кембриџу бавио се до 1701. године.

Године 1703. изабран је за председника Краљевског друштва и биран је на ту функцију све до своје смрти.

Краљичин витез постао је 1705. године па је уз своје име додао одговарајућу титулу сера.

Уз све те почасте имао је и непријатан спор с немачким математичарем Лајбницом око ауторства над диференцијалним и интегралним рачуном. Спор је окончан када је Лајбниц преминуо али је оставио дубоку поделу међу научницима тога доба.

Њутнов рад на електрицитету није био ни обиман ни значајан као остала његова дела. У Краљевском друштву извео је један експеримент из електрицитета, 1676. године. Направио је побољшање конструкције Герикеове фриксионе машине која је, за разлику од оригиналне, имала шупљу стаклену куглу.

Филозофски, Њутн је почео да размишља о електрицитету у својим познијим годинама. Постао је убеђен да електрицитет има важну улогу у природним процесима. У чувеном, последњем параграфу свог есеја „*Scholium Generale*“ (који је додао другом издању свог епохалног дела (*Principia*) објављеном 1713. године), писао је о „неком суптилнијем духу који прожима и лежи скривен у свим великим телима“ (*"a certain most subtle Spirit which pervades and lies hid in all gross bodies"*).

У потрагу за овим духом кренуће убрзо бројни умни и знатижељни људи. Потрага и даље траје.

Исак Њутн никада се није оженио. Преминуо је 31. марта 1727. године у Лондону. Свет му се одужио именовањем јединице силе по његовом имену у Међународном систему јединица (N - Њутн)¹.

¹
 $1N = 1kg \cdot \frac{m}{s^2}$