

## EPOKOWE ODKRYCIE ZWIĄZKU MIĘDZY ELEKTRYCZNOŚCIĄ I MAGNETYZMEM DOKONANE PRZEZ DUŃSKIEGO NAUKOWCA HANSA CHRISTIANA ØRSTEDA POCZĄTKIEM ELEKTROMAGNETYZMU

Aleksander GAŚIORSKI

Politechnika Częstochowska Wydział Elektryczny, Katedra Elektrotechniki  
tel.: 34 3250-801, e-mail: alekg@el.pcz.czest.pl

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono stan elektryczności i magnetyzmu po zbudowaniu stosu przez A. Volta, a przed epokowym odkryciem związku między elektrycznością a magnetyzmem dokonanego przez wybitnego Duńskiego naukowca, fizyka, chemika i filozofa Hansa Christiana Ørsteda w roku 1820. Przedstawiono sylwetkę odkrywcy jako wybitnej jednostki swojej epoki, przesiąkniętej ideami konstytucyjno-liberalnymi, podano różne aspekty działalności naukowej i społecznej oraz pokazano życie prywatne. Krótko omówiono działalność fizyków o niespotykanej dotychczas dynamice po odkryciu elektromagnetyzmu przez H. C. Ørsteda oraz powstanie licznych odkryć i teoretycznych prac naukowych dotyczących elektrodynamiki. Szczególną uwagę zwrócono na osiągnięcia A.M. Ampère'a i M. Faraday'a. W pracy przedstawiono również wpływ odkrycia Hansa Christiana Ørsteda na powstanie mierników elektromechanicznych.

**Słowa kluczowe:** elektryczność i magnetyzm, elektromagnetyzm, elektrodynamika, mierniki elektromechaniczne.

### 1. WSTĘP

Cztery wydarzenia stanowiły podstawę powstania początków praktycznej elektrotechniki. Były to: odkrycie stabilnego źródła stałego napięcia elektrycznego przez A. G. Volta (rys. 1) w 1800 roku, odkrycie w 1820 roku związku między elektrycznością a magnetyzmem przez H. C. Ørsteda, odkrycie przez A.-M. Ampère'a (rys.1) w latach 1820-1826 faktu, że magnetyzm jest wynikiem przepływu prądu elektrycznego a właściwości elektromagnesów należy tłumaczyć charakterem wirowym tego prądu i wreszcie występowanie zjawiska generacji energii elektrycznej przez ruch odpowiednio ukształtowanego przewodnika w polu magnesu odkrytego przez M. Faradaya (rys. 1) w 1831 roku. Wydarzyły się one zaledwie w ciągu 31 początkowych lat XIX wieku. Te kluczowe odkrycia, wykorzystane przez wielu ludzi nauki i jej miłośników, wniosły trudny do przecenienia wkład w rozwój działów fizyki i elektrotechniki: elektromagnetyzmu i elektrodynamiki.

Trzy z czterech wymienionych tu odkryć, są w literaturze krajowej dobrze opisane, natomiast przedstawienie faktów związanych z odkryciem, działalnością i życiem H. C. Ørsteda (rys.2.) było dotychczas pomijane, pomimo tego, że to właśnie zastosowanie jego odkrycia doprowadziło do powstania licznej grupy przyrządów pomiarowych, stosowanych w metrologii elektrycznej przez ostatnich 180 lat. Przyczyna tego braku,

po przeprowadzeniu przez autora tej publikacji badań historiograficznych wymagających dotarcia do rzadkich różnojęzycznych, dziewiętnastowiecznych publikacji naukowych, pochodzących z różnych źródeł, stała się oczywista. Dodatkowej weryfikacji wymagały dane biograficzne pochodzące z różnych źródeł. Niezbędna autorowi również była wiedza z zakresu fizyki, chemii, elektrotechniki, elektromagnetyzmu, elektrodynamiki oraz filozofii i to umocowana w wieku dziewiętnastym. Autor od lat zajmuje się historią elektryki osiemnastego i dziewiętnastego wieku, a zdobyta wcześniej wiedza pozwoliła mu na zrozumienie i opisanie zdarzeń z pierwszych kilkudziesięciu lat dziewiętnastego wieku.



Rys. 1. Od lewej portrety: A. G. Volta, A.-M. Ampère, M. Faraday.  
Źródło: Wikipedia

W celu określenia danych biograficznych uczonych przedstawianych w tej pracy wykorzystano encyklopedię [1], potwierdzając uzyskane tam informacje w Internecie. Odkrycia dotyczące fizyki, elektryczności, magnetyzmu, elektromagnetyzmu oraz zdarzeń z nimi powiązanych podano na podstawie encyklopedii z 1830 roku [2] i książek [3, 4]. Do pokazania szerokiej działalności i życia Hansa Christiana Ørsteda wykorzystano książki [5, 6]. Jeżeli wyżej podana literatura nie wymieniała szczegółowych zdarzeń istotnych dla przedstawianej tu relacji, wówczas w tekście zostały podane pozycje literatury je uzupełniające.

### 2. BADANIE ELEKTRYCZNOŚCI I MAGNETYZMU PRZED ODKRYCIEM H. C. ØRSTEDA

Włoski fizyk, lekarz i fizjolog Luigi Galvani (1737-1798) w 1791 roku odkrył istnienie zjawisk elektrycznych w tkankach zwierzęcych. Odkrycie to zainspirowało włoskiego fizyka, fizjologa i konstruktora Alessandro Giuseppe Volta

(1745-1827) [7] do badań nad elektrycznością, co doprowadziło go pod koniec 1799 roku do zbudowania pierwszego źródła prądu elektrycznego – stosu Volty. Następnie w 1801 roku skonstruowano pierwszą baterię elektryczną, wykorzystując wiele ogniwi. Każde ogniwo było złożone z dwóch płytek: cynkowej i miedzianej zanurzonych w wodnym roztworze kwasu siarkowego. Główną cechą źródeł elektrycznych, wynalezionych przez Volta była ich ciągłość działania oraz prostota budowy z wykorzystaniem dostępnych materiałów. Już w roku 1801 francuski chemik Nicholas Gautherot (1753-1803) zauważył, że dwa druty połączone równolegle z końcami baterii elektrycznej i położone blisko siebie wzajemnie się przyciągają. Włoski polityk, filozof, prawnik, ekonomista i fizyk-amator Gian Domenico Romagnosi (1761-1835) z Trentu, w sierpniu 1802 roku wykonał eksperyment, który pokazał wpływ źródła galwanicznego na deklinację igły magnetycznej, a geneński chemik, profesor farmacji Josepha Mojon (1776-1837) w 1804 roku, po eksperymentach przeprowadzonych trzy lata wcześniej ogłosił, że stalowe igły magnesują się, jeżeli umieści się je w pętli zasilanej prądem ze źródła galwanicznego. Jednak obaj nie podali w sposób jasny związku przyczynowo-skutkowego między oddziaływaniami elektrycznymi i magnetycznymi. Dopiero artykuł [8] w pełni wyjaśnia odkrycie G. D. Romagnosi, a Giovanni Aldini (1762-1834) w swojej pracy wydanej w Paryżu [9] w dodatku na stronie 338 i następnych opisał wyniki eksperymentu J. Mojona. Należy podkreślić, że zarówno G. D. Romagnosi, jak i J. Mojon nigdy nie domagali się pierwszeństwa odkrycia w stosunku do H. C. Ørsteda. Wydaje się, że krótko po odkryciu stosu przez A. G. Volta świat nauki nie był przygotowany do uchwycenia i prawidłowego zinterpretowania znaczenia obserwacji G. D. Romagnosi i J. Mojona.

Chociaż w latach 1800-1820 zbadano wiele skutków fizycznych i ubocznych przejawów eksperymentów elektrycznych i elektrochemicznych, to jednak pominięto związku między prądem elektrycznym a działaniem magnetycznym. Wydaje się wprost niewiarygodne, że pomimo dwudziestu lat eksperymentowania oraz obserwacji nie udało się zbadać i przedstawić faktu tego związku w sposób jasny i precyzyjny. Dokonał tego w 1820 roku Hans Christian Ørsted.

### **3. ŻYCIE ORAZ DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWA DUŃSKIEGO ODKRYWCY ELEKTROMAGNETYZMU HANSA CHRISTIANA ØRSTEDA**

Hans Christian Ørsted urodził się 14 sierpnia 1777 roku w Rudkøbing, miasteczku na wyspie Langeland w Danii jako najstarszy syn farmaceuty Søren Christiana Ørsted i jego żony Karen Hermandsen. Miał pięciu braci i dwie siostry. Jego ojciec prowadził aptekę, a matka zajmowała się prowadzeniem domu. Dochody rodziny nie pozwalały na opłatę szkolną dla wszystkich. Kilkuletni Hans Christian oraz jego młodszy brat Anders Sandøe codziennie przychodzili do zaprzyjaźnionego niemieckiego perukarza i jego żony, u którego poznawali język niemiecki, a pastor z pobliskiego kościoła uczył ich łaciny. Żona perukarza uczyła ich czytać i pisać w języku duńskim, natomiast znajomy geodeta uczył rysunku i matematyki. W 1794 roku cała rodzina Ørsteda przeniosła się do Kopenhagi. Bracia Hans Christian i Anders Sandøe, mimo że nigdy nie chodzili do szkoły i mieli tylko „wychowanie domowe”, w wieku 17 lat po zdaniu egzaminów wstępnych z wyróżnieniem, wstąpili

na Królewski Uniwersytet w Kopenhadze. Hans Christian miał wątpliwości z wybraniem kierunku studiów, dlatego jednocześnie studiował chemię i farmację, fizykę, matematykę oraz astronomię. Anders Sandøe chciał zostać prawnikiem. Tutaj ich drogi naukowe rozeszły się. Mimo tego, obaj uczęszczali na bezpłatne wykłady z filozofii u Henrika Steffensa (1773-1845) w Kolegium Elers oraz brali prywatne lekcje u znakomitego duńskiego poety romantycznego i dramaturga Adama Gottloba Oehlschlägera (1779-1850). Hans Christian w trakcie studiów wiele czytał a jego zainteresowania szły w kierunku filozofii naturalnej, a prace profesora logiki i metafizyki na uniwersytecie Albrechta w Królewcu Immanuela Kanta (1724-1804) i prace z filozofii krytycznej miały fundamentalne znaczenie dla jego dalszego rozwoju naukowego. W roku 1797 H. C. Ørsted uzyskał licencjat z farmacji z wyróżnieniem, i w tym samym roku za esej „*Granice poezji i prozy*” otrzymał Złoty Medal Uniwersytetu. W 1799 r. za rozprawę „*Dissertatio de forma metaphysices elementaris naturae externae*” (*Dysertacja dotycząca formy metafizycznej elementów natury*), otrzymał doktorat z filozofii. Praca ta wskazała na zainteresowania autora dwoma obszarami: fizyką (elektrycznością i magnetyzmem) oraz chemią (przede wszystkim ściśniętością gazów i cieczy). W roku 1800 w Kopenhaskiej Szkole Medycznej przyznano mu dyplom lekarski, a za przedstawiony esej o medycynie otrzymał nagrodę uniwersytecką. W tym czasie preferuje chemię, choć jego zainteresowania naukowe były wszechstronne i obejmowały również fizykę i filozofię. Nowy wiek zbiegł się z rozpoczęciem kariery zawodowej przez H. C. Ørsteda, zajmującego się chwilowo pomocą w prowadzeniu apteki w Kopenhadze. Po ogłoszeniu odkrycia stosu A. G. Volty natychmiast wykorzystał go do badania rozkładu chemicznego roztworów (elektrolizy) oraz wygłaszał publiczne wykłady na ten temat. W roku 1801 dokonał pomiarów siły elektromotorycznej stosu za pomocą zbudowanego przez siebie woltomierza elektrostatycznego. Po zdobyciu stypendium, planował odwiedzenie wybitnych naukowców na uniwersytetach w stolicach europejskich, jednak do tego potrzebuje stanowiska nauczyciela akademickiego. Wydawało mu się, że może otrzymać stanowisko profesora fizyki, nie obsadzone na Królewskim Uniwersytecie w Kopenhadze po śmierci profesora fizyki Arnolda Nicolasa Aasheima (1749-1800), ale jego starania skończyły się na uzyskaniu stanowiska asystenta Wydziału Lekarskiego. W roku 1801 H. C. Ørsted przerwał pracę i udał się w podróż po Niemczech, Francji i Holandii, aby uzupełnić swoją wiedzę naukową. Spędził sześć miesięcy w Berlinie, potem był we Freiburgu, Jenie i Monachium oraz w Paryżu, gdzie odwiedził École Polytechnique, co po latach zainspiruje go do stworzenia podobnej szkoły w Danii. Podczas swojej podróży prowadził wykłady, uczestniczył w wykładach oraz starał się o bezpośrednie kontakty i rozmowy z wielkimi umysłami epoki, co wpłynęło na jego działanie w przyszłości i na zmianę filozofii myślenia. Słuchał wykładów i spotykał się z filozofami: Friedrichem Wilhelmem Josephem von Schelling (1775-1854) oraz Johannem Gottliebem Fichtem (1762-1814), czołowymi przedstawicielami klasycznego idealizmu niemieckiego, filozofem Franzem Baader (1765-1841), niemieckim poetą, pisarzem, wydawcą i tłumaczem Johannem Ludwigiem Tieck (1773-1853), którzy zainspirowali Hansa Christiana do przemyśleń i urealnienia swojego filozoficznego myślenia. Spotkał również Benjaminą Thompsona (1753-1814)

angielsko-amerykańskiego fizyka, badacza zagadnień z dziedziny termodynamiki oraz wynalazcy. W Getyndze przedstawiono go niemieckiemu fizykowi, urodzonego w Ziemiowicach na Dolnym Śląsku, Johannowi Wilhelmowi Ritterowi (1776-1810) który interesował się elektrochemią i elektrofizjologią. Ørsted, pod wpływem filozofii F. Schellinga, zwrócił uwagę na uniwersalne połączenie zjawisk i dostrzegał zgodnie z tą filozofią, że wszystko co wcześniej studiował jest wzajemnie powiązane i współzależne. Tak samo świat postrzegał J. Ritter [10]. Wprawdzie J. Ritter był postacią kontrowersyjną i błyskotliwym marzycielem ale miał mnóstwo pomysłów, które stymulowały (również w listach) myślenie H. C. Ørsteda aż do jego śmierci. Przed powrotem do Danii, zatrzymał się w Holandii, gdzie poznał holenderskiego lekarza, wynalazcę, naukowca i nauczyciela Martin van Marum (1750-1837), z nim przeprowadził kilka udanych eksperymentów elektrycznych. W roku 1803 w drodze powrotnej opublikował w Regensburgu „*Matériaux pour une chimie du XIXe siècle*” („*Materiały do chemii XIX wieku*”). Wrócił do Kopenhagi, gdzie był uważany raczej za filozofa niż za fizyka. Mimo tego, że katedra fizyki na królewskim uniwersytecie była nadal nie obsadzona władze uniwersytetu zaproponowały mu stanowisko prelegenta na trzy lata. Był tym głęboko rozczarowany.



Rys. 2. H. C. Ørsted i satelita Ørsted na duńskich znaczkach pocztowych. Źródło: Wikipedia

Ørsted kontynuował badania naukowe za pomocą własnej aparatury oraz prowadził demonstracje i publiczne wykłady na tematy: energii elektrycznej, galwanizmu, magnetyzmu, ciepła, spalania i światła. Wykłady te wkrótce stały się bardzo popularne, a wykładowca publikował wyniki swoich eksperymentów w naukowych czasopismach niemieckich i duńskich. W roku 1803 prowadził doświadczenia z baterią A. G. Volta i niezależnie od Humphry Bartholomew Davy (1778-1829) odkrył, że w tych ogniwach lepszy efekt daje zastosowanie roztworów kwasów niż soli. W 1806 roku został profesorem nadzwyczajnym („*extraordinarius*”) na Królewskim Uniwersytecie w Kopenhadze. Teraz jego prace naukowe dotyczą prądu elektrycznego i akustyki. Publikuje książki o charakterze technicznym w języku niemieckim i duńskim. Rozwija zorganizowane nauczanie i prowadzi badania metodyczne tworząc bardzo dobrze wyposażone laboratorium.

Kopenhaga znajdowała się z dala od europejskich centrów nauki, dlatego zdecydował się wiosną 1812 roku na podróż do Niemiec i Francji. Podczas pobytu w Niemczech spotyka fizyka Thomasa Johanna Seebecka (1770-1831) oraz filozofa niemieckiego Georga Wilhelma Friedricha Hegla (1770-1831). W Niemczech w 1812 roku publikuje esej „*Ansicht der chemischen Naturgesetze durch die*

*neueren Entdeckungen gewonnen*” (Realschule, Berlin 1812), który przyciąga uwagę światowej wspólnoty naukowej i zostaje rok później we Francji przetłumaczony i wydany w postaci pracy („*Badania tożsamości sił chemicznych i elektrycznych*”) [11]. Esej opisuje zależność między siłami chemicznymi i elektrycznymi, które miały stanowić teoretyczną podstawę dla jego przyszłych działań. Po powrocie do kraju, w dniu 17 maja 1814 roku H. C. Ørsted poślubił Inger Birgitte Ballum (1798-1875), córkę pastora, z którą miał trzech synów i cztery córki. W 1815 został mianowany sekretarzem Królewskiej Akademii Nauk i Literatury w Kopenhadze, którą funkcję zachował do śmierci. Król Danii Frederik VI mianował go także rycerzem Zakonu Dannebrog. W roku 1817 został mianowany profesorem zwyczajnym („*ordinarius*”) chemii Królewskiego Uniwersytetu w Kopenhadze. Prowadził badania ścisłości plynów i gazów. W 1818 roku król Danii Frederik VI powierzył mu misję inspekcyjną na wyspie Bornholm w związku z planowanymi w przyszłości poszukiwaniami górnictwymi. W 1819 roku, odkrył piperynę, alkaloid o ostrym smaku występujący we wierzchniej warstwie owoców czarnego pieprzu (*Piperis nigri*) [12].

H. C. Ørsted był jednym z niewielu badaczy szukających związków między zjawiskami. W dniu 15 lutego 1820 roku, jako profesor chemii na Królewskim Uniwersytecie w Kopenhadze, wygłosił wykład dla studentów z pokazem na temat elektryczności, galwanizmu i magnetyzmu, których wcześniej zapoznał z zasadami filozofii naturalnej. Na stole laboratoryjnym umieścił źródło A. G. Volta (baterię), drut mogący zamykać zaciski źródła oraz w pobliżu drutu mały kompas. W momencie, gdy uruchomił przepływ prądu przez drut igła kompasu wychyliła się nieznacznie ze swojego położenia. Kiedy przepływ prądu został przerwany, wówczas igła kompasu wróciła do pierwotnego położenia. Było to pierwsze eksperymentalne potwierdzenie związku między elektrycznością i magnetyzmem, którego tak niewielu tak długo poszukiwało. W lipcu 1820 r. H. C. Ørsted powtórzył eksperyment z użyciem mocniejszych baterii i dłuższej igły magnetycznej (rys. 3), dzięki czemu efekt wychylenia igły był dobrze widoczny. Siła działająca między igłą magnetyczną a drutem nie była skierowana wzdłuż prostej łączącej je, ale prostopadła do tej prostej. Zdziwienie H. C. Ørsteda wywołał również fakt, że jeżeli igłę magnetyczną kolicie przesuwano wokół drutu nigdy nie ustawiała się ona wzdłuż niego, lecz zawsze była skierowana stycznie do koła zataczanego wokół drutu i prostopadła do jego długości. H. C. Ørsted, przedstawiając generalnie błędną interpretację przeprowadzonego eksperymentu, dokonał jednak głębokiej refleksji nad wirowym charakterem zjawisk magnetycznych. Doświadczenie H. C. Ørsteda wykazało nie tylko związek między elektrycznością a magnetyzmem, ale także wirowy charakter pola magnetycznego, a to nie mieściło się w ramach znanych praw. Obawiając się nieufności świata oraz ośmieszania, w opublikowanym memoriale starannie wymienia wszystkich świadków prowadzonych doświadczeń, podając ich wykształcenie i naukowe zalety. Memoriał o tym doświadczeniu, mający cztery strony, H. C. Ørsted opublikował po łacinie 21 lipca 1820 roku pod tytułem „*Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam*” („*Eksperymenty związane z konfliktem (wpływem) prądu elektrycznego na igłę magnetyczną*”) w Typis Schultzianis (Kopenhaga), a następnie rozesłał do znanych uniwersytetów, towarzystw naukowych oraz naukowców.



Rys. 3. Odkrycie elektromagnetyzmu przez H. C. Ørsteda, XX wieczna francuska reklama spożywcza. Źródło: Wikipedia

Publikacja ta została w świecie nauki uznana za sensację dużego kalibru, a chociaż autor nie próbował opisać elektromagnetyzmu za pomocą formuł matematycznych otworzyła nową epokę w historii fizyki i po doświadczalnym potwierdzeniu przez innych, nastąpiły gratulacje, wyróżnienia i nagrody. Podstawowe znaczenie odkrycia H. C. Ørsteda dla elektromagnetyzmu zostało szybko docenione i zapewniło mu miejsce wśród największych fizyków swego czasu. Po opublikowaniu swojego odkrycia H. C. Ørsted udał się w podróż po Europie przez Francję, Anglię, Niemcy i Norwegię, gdzie wszędzie był witany entuzjastycznie. Został wybrany do społeczności wielu towarzystw naukowych w Europie, w roku 1820 Royal Society of London przyznał mu Medal Copley'a za wybitne osiągnięcia w dziedzinie nauk fizycznych, Institut de France (czyli francuska Akademia Nauk) przyznał mu nagrodę w wysokości 3000 złotych franków utworzoną przez Napoleona Bonaparte dla autorów największych odkryć w dziedzinie elektryczności. Dania uczciła go szlachectwem, nadaniem godności radcy stanu oraz wieloma nagrodami, które pozwoliły mu na niezależnienie się materialne. W 1821 roku H. C. Ørsted był jednym z pierwszych, który sugerował, że światło jest zjawiskiem elektromagnetycznym. W roku 1822 uzyskał królewską dotację i wyjechał na zagraniczną podróż w celu zakupu sprzętu naukowego dla laboratorium. Pojechał do Niemiec tam poznał wybitnego niemieckiego poetę Johanna Wolfganga von Goethe (1749-1832). Prowadził również badania eksperymentalne ścisłości i sprężystości cieczy, gazów oraz ciał stałych (termoelastyczność) z T. J. Seebeckiem. Zbudował piezometr czyli przyrząd do mierzenia ścisłości substancji (cieczy i gazów). Przeprowadzał badania akustyki, w szczególności próbował wykryć zjawiska elektryczne powstające w powietrzu. Następnie, w roku 1823, pojechał do Paryża, gdzie w Institut de France przedstawił swoje prace naukowe i niezależnie od Jean-Baptiste Josepha Fouriera (1768-1830) na nowo odkrył efekt termoelektryczny. Następnie popłynął do Anglii i Szkocji, gdzie interesował się tworzeniem stowarzyszeń naukowych, rozpowszechnianiem wiedzy oraz tworzeniem szkół technicznych. Po powrocie do Kopenhagi w roku 1824 założył stowarzyszenie, którego celem była popularyzacja osiągnięć nauki. W roku 1825 zajmował się chemią i dokonał pierwszej redukcji tlenku glinu w chlorek glinu, aby uzyskać aluminium w jego elementarnej formie.

W roku 1829 był inicjatorem założenia Szkoły Politechnicznej w Kopenhadze, gdzie inżynierowie mogli otrzymać naukowe podstawy wiedzy technicznej, znanej

dziś pod nazwą Technical University of Denmark (DTU). Opuścił stanowisko profesora uniwersytetu, aby objąć stanowisko profesora i dyrektora (rektora) politechniki, na którym pozostał do śmierci. Po owocnej współpracy z T. J. Seebeckiem, w 1830 roku opublikował pracę o termoelektryczności, w której został pokazany po raz pierwszy termoelement. W roku 1834 poznał w Getyndze Carla Friedricha Gaussa (1777-1855) pracującego wówczas nad magnetyzmem.

Zgodnie z budzącymi się w Europie ideami konstytucyjno-liberalnymi, przyczynił się w 1835 roku do założenia stowarzyszenia „*Spółeczeństwo dla wolności prasy*”. Został przyjacielem i osobą wspierającą od roku 1835 publikacje prac znacznie młodszego od siebie duńskiego pisarza Hansa Christiana Andersena (1805-1875), zanim stał się on mistrzem bajek. W 1846 H. C. Ørsted odbył kolejną podróż po Europie, odwiedzając Niemcy, Francję i Anglię. Jego reputacja w świecie była ogromna, a podróż była prawdziwie triumfalna, spotyka się z najbardziej znanymi osobistościami ze świata polityki i nauki. Po powrocie do ojczyzny otrzymał w roku 1847 królewską nagrodę, najwyższy stopień Wielkiego Krzyża Orderu Dannebroga. W listopadzie 1850 roku, rząd Królestwa Danii ogłosił święto narodowe na cześć H. C. Ørsteda z okazji jubileuszu pięćdziesięciolecia Jego służby publicznej. Otrzymał uroczyste od rządu wiejską posiadłość pod Kopenhagą, która była poprzednio zamieszkiwana przez Jego dobrego znajomego, poetę i dramaturga duńskiego A. G. Oehlenschlägera.

Przez całe swoje naukowe życie Hans Christian Ørsted był wybitnym wykładowcą, badaczem oraz autorem wielu książek i artykułów, a jego miłość do filozofii i szerokie zainteresowania nauką doprowadziły do odkrycia wspólnych praw wiążących pokrewne zjawiska: elektrykę i magnetyzm. Podczas pracy, w pełni sił twórczych, gdy nic nie zapowiadało choroby, na początku marca 1851 roku dostał zapalenia płuc, a tydzień później dnia 9 marca 1851 roku w wieku 74 lat zmarł w Kopenhadze. W jego pogrzebie wzięły udział wszystkie najważniejsze osobistości publiczne i prywatne duńskiej stolicy. Odprowadzał go w nocy tłum liczący dwieście tysięcy osób, oświetlający drogę orszaku pochodniami, a orkiestry grały specjalnie skomponowane melodie żałobne. Spoczął na cmentarzu Assistens w Noerrebro, na przedmieściach Kopenhagi.

W 1935 roku na cześć H. C. Ørsteda, jednostkę natężenia pola magnetycznego (w układzie CGS) nazwano „*ersted*” (oznaczenie Oe).  $1 [Oe] = 79,577 [A/m]$ . Od roku 1936 „*American Association of Physics Teachers*” przyznaje Medal Ørsteda za osiągnięcia w zakresie dydaktyki fizyki. W dniu 23 lutego 1999 roku został wprowadzony na orbitę „*Ørsted*”, pierwszy duński sztuczny satelita Ziemi (rys. 2) przeznaczony do badań geofizycznych.

#### 4. BADANIA I ROZWÓJ ELEKTROMAGNETYZMU PO ODKRYCIU H. C. ØRSTEDA

Kiedy informacje o odkryciu H.C. Ørsteda stwierdzające, że prąd elektryczny płynący w przewodzie może oddziaływać na położenie namagnesowanej igły dotarła do czołowych ludzi nauki oraz uniwersytetów, a następnie została sprawdzona, potwierdzona i zrozumiana przez eksperymentatorów, szybko pojawiły się liczne nowe odkrycia praktyczne, powstawały nowe teorie, nowe twierdzenia. Liczbę odkryć naukowych z zakresu fizyki

(elektryczności i magnetyzmu), które nastąpiły po odkryciu H. C. Ørsteda w drugiej połowie 1820 roku nie można porównać z żadnymi innymi w historii rozwoju całej fizyki. Rozwój elektrodynamiki zawdzięcza się badaniom fizyków takich jak André-Marie Ampère (1775-1836), który już w roku 1820 rozpoczął doświadczenia [13] i na podstawie których podjął próbę opracowania teorii łączącej zjawiska prądu elektrycznego z magnetyzmem [14]. Sformułował teoretyczne podstawy elektrodynamiki. Postawił hipotezę, że nawinięta drutem cewka z prądem powinna wykazywać takie same właściwości jak magnes stały, co wkrótce potwierdził na drodze doświadczalnej. Opisał matematycznie ilościowe zależności między zjawiskami elektrycznymi i magnetycznymi, a wyprowadzone wówczas formuły są stosowane do dziś. Michael Faraday (1791-1867) w roku 1831 odkrył zjawisko indukcji elektromagnetycznej, samoindukcji i zbudował pierwszy silnik elektryczny, wprowadził pojęcie linii sił pola i wysunął twierdzenie, że ładunki elektryczne wpływają na siebie za pomocą oddziaływania takiego pola [15]. Podane przez niego prawo ma podstawowe znaczenie w teorii elektromagnetyzmu, a podane zasady dotyczące indukcji magnetycznej mogły być wykorzystane do wytwarzania prądu elektrycznego, co sam wykazał budując pierwszą prądnicę. Dominique Francis Jean Arago (1786-1853) odkrył zjawisko „magnetyzmu obrotu”, które było w centrum uwagi ówczesnych fizyków aż do jego wyjaśnienia przez M. Faradaya w 1831 roku (po odkryciu indukcji magnetycznej). Jean-Baptiste Biot (1774-1862) i Félix Savart (1791-1841) już w 1820 roku podali prawo pozwalające określić w dowolnym punkcie przestrzeni indukcję elektromagnetyczną pola, której źródłem jest element przewodu z prądem. H. B. Davy, D.F.J. Arago i T. J. Seebeck około 1823 roku zauważyli, że ferromagnetyczne drobiny są przyciągane przez przewód z prądem. W roku 1825 William Sturgeon (1783-1850), a następnie H. B. Davy skonstruowali pierwsze elektromagnesy. T. J. Seebeck odkrył w 1821 roku zjawisko termoelektryczne, a zjawisko odwrotne odkrył w 1834 roku francuski fizyk Jean Charles Athanase Peltier (1785-1845). Regułę, określającą kierunek prądu indukowanego w przewodniku pod wpływem zmieniającego się pola magnetycznego, sformułował w roku 1833, Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804-1865). W roku 1837 Georg Simon Ohm (1789-1854) podał związek zachodzący pomiędzy napięciem i natężeniem prądu elektrycznego. James Prescott Joule (1818-1889) w 1840 roku odkrył prawo przemiany prądu elektrycznego na ciepło. W roku 1842 to samo zjawisko niezależnie zaobserwował H. F. E. Lenz. Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) w latach 1845-1848 był twórcą praw przepływu prądu w obwodach elektrycznych.

## 5. WPŁYW ODKRYĆ H. C. ØRSTEDA I INNYCH FIZYKÓW NA KONSTRUKCJE ELEKTROMECHANICZNYCH PRZYRZĄDÓW POMIAROWYCH

Do roku 1820 fizycy badający zjawiska magnetyczne i elektryczne mieli do dyspozycji własne zmysły (językiem sprawdzano działanie baterii) oraz wskaźniki jakościowe, czyli, takie jak: elektroskopy, igły magnetyczne, iskrowniki, urządzenia do elektrolizy wody, a nawet udka żab. Te niezbyt skomplikowane wskaźniki stanowiły podstawowe wyposażenie każdego ówczesnego laboratorium. Rozwój technik pomiaru prądów i napięć oraz innych przejawów energii elektromagnetycznej nastąpił bezpośrednio po odkryciu elektromagnetyzmu przez Hansa Christiana

Ørsteda i trwał przez prawie półtora wieku. Pierwszą osobą, która znalazła praktyczne zastosowanie tego odkrycia był niemiecki chemik, fizyk, profesor matematyki Johann Salomo Christoph Schweigger (1779-1857), który publicznie pokazał w dniu 6 września 1820 roku na Uniwersytecie Marcina Lutra w Halle-Wittenbergu zbudowany przez siebie instrument do pomiaru prądów, tzw. „multiplikator” (mnożnik) w postaci owiniętego kilkoma zwojami izolowanego drutu kompasu wyskalowanego w stopniach. J. Schweigger zauważył, że wychylenie igły podawane w stopniach jest uzależnione nie tylko od wartości płynącego prądu ale również od liczby nawiniętych zwojów. T. J. Seebeck w 1821 roku doszedł do wniosku, że wychylenie igły kompasu w multiplikatorze nie zależy bezpośrednio od liczby zwojów, ponieważ zwiększając liczbę zwojów zwiększano również rezystancję drutu, a przy stałych parametrach źródła zmniejszało to również natężenie płynącego prądu. Należy dodać, że niemiecki fizyk, profesor uniwersytetu w Berlinie Johann Christian Poggendorff (1796-1877) opracował urządzenie, w którym spiralna cewka została umieszczona pionowo w stosunku do płaszczyzny igły magnetycznej. Uzyskane za jego pomocą wyniki opublikował jeszcze przed publicznym pokazem Schweiggera, chociaż instrument ten został wymyślony wcześniej niż urządzenie Poggendorffa. Były to przyrządy elektromagnetyczne, działanie których oparte było na odchyłaniu się igły magnetycznej od położenia narzuconego przez kierunek pola magnetycznego ziemskiego pod wpływem cewki z prądem. Oba przyrządy nazywano „galwanometrami”, biorąc to określenie od nazwiska L. Galwaniego. Włoski fizyk Leopoldo Nobili (1784-1835), zbudował kilka typów czułych galwanometrów, niezbędnych między innymi do badań prądów bioelektrycznych. Dopiero w roku 1879 angielski fizyk i inżynier elektryk William Edward Ayrton (1847-1908) zastąpił pole ziemskie przez pole magnesu trwałego zaopatrując miernik we wskazówkę i podziałkę wyskalowaną w jednostkach. Mała czułość oraz duża wrażliwość na obce pola magnetyczne wpłynęły na szybkie zastąpienie tych mierników przez znacznie droższe mierniki magnetoelektryczne o ruchomej cewce, przez którą przepływał prąd umieszczonej w polu magnesu stałego.

Prace wielu wczesnych wynalazców były impulsem dla konstruktorów pomiarowych przyrządów wskazówkowych elektromechanicznych, uważanych dziś za klasyczne. W poszukiwaniu właściwego rozwiązania konstruktorzy mierników oparli się na zasadach elektromagnetyzmu, stąd pochodzi ich nazwa „mierniki elektromagnetyczne”. Zasada działania ustroju takiego miernika polega na oddziaływaniu pola magnetycznego cewki stałej, przewodzącej prąd, na ruchomy rdzeń ferromagnetyczny. Pobór mocy mierników magnetoelektrycznych jest znacznie większy niż mierników magnetoelektrycznych. Ilorazowe mierniki elektromagnetyczne mają dwa magnesy z ferromagnetyka osadzone trwale na jednej osi i wciągane do wnętrza cewek, a wskazania logometru zależne są od stosunku prądu w obu cewkach. Zasada działania ustroju elektrodynamicznego polega na wykorzystaniu wzajemnego oddziaływania dynamicznego dwóch przewodów z prądem. W praktycznym wykonaniu przewody zastąpione są cewkami: ruchomą i nieruchomą. Pod działaniem sił dynamicznych cewka ruchoma obraca się dookoła swej osi i dąży do zajęcia takiego położenia, przy którym kierunek jej własnego pola magnetycznego będzie zgodny z kierunkiem pola magnetycznego cewki nieruchomej. Mierniki elektrodynamiczne ilorazowe złożone są z dwóch

skrzyżowanych cewek znajdujących się na wspólnej osi umieszczonych w polu magnetycznym cewki nieruchomej. Prądy w cewkach ruchomych wpływają na wychylenie miernika. Wprowadzenie stali do obwodu magnetycznego ustroju elektrodynamicznego znacznie powiększa strumień magnetyczny cewek a więc powiększa moment napędzający bez zwiększenia poboru mocy ustroju. Zasada działania miernika indukcyjnego polega na oddziaływaniu zmiennych strumieni magnetycznych na prądy indukowane przez te strumienie w organie ruchomym miernika (np. tarczy aluminiowej), indukowane prądy mają charakter prądów wirowych. Mierniki indukcyjne jednostrumieniowe prądu zmiennego mają część nieruchomą ustroju w postaci rdzenia w kształcie pętli z nawiniętą cewką. W szczelinie pętli znajduje się tarcza aluminiowa, będąca organem ruchomym. Dodatkowy magnes trwały, w którego szczelinie obraca się ta tarcza, nie dopuszcza do jej rozbiegania się, hamując ją. Ustroje cieplne (elektrotermiczne) działają wykorzystując prawo Joule'a pozwalające na ilościowe oszacowanie mocy cieplnej wytwarzanej na skutek przepływu prądu przez przewód, na mechaniczne oddziaływanie elementu wskaźnikowego. Ustrój elektrostatyczny, o minimalnym poborze mocy, wykonywany był jako dwupłytkowy kondensator o jednej płytce ruchomej, do której przymocowywano wskaźnik.

Stworzono wiele rozwiązań konstrukcyjnych mierników elektromechanicznych produkowanych przez dużą liczbę firm produkcyjnych. Dziś mierniki te można zobaczyć w gablotach muzealnych, gdzie pokazują przemysłowość działań ludzi: fizyki i techniki XIX i XX wieku w zakresie zastosowania elektrodynamiki i wykorzystania elektromagnetyzmu odkrytego przez H. C. Ørsteda.

## BIBLIOGRAFIA

1. Wielka Encyklopedia PWN, 30 tomów + 1 tom suplementu, (redaktor naczelny Jan Wojnowski), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001–2005.
2. Edinburgh Encyclopaedia 1830, ed. David Brewster, volume XVIII (Screw - Zurich Machine), hasło: Thermo-Electricity, autor hasła H. C. Ørsted, pp. 573-589.
3. Whittaker, E. T.: A history of the theories of aether and electricity: Pt.1 The classical theories, Revised and

- enlarged ed., Thomas Nelson and Son, London 1951, pages 429.
4. Wróblewski A. K.: Historia fizyki, od czasów najdawniejszych do współczesności, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006, stron 620, ISBN 83-01-14635-4.
  5. Christensen, D. C.: Hans Christian Ørsted, Oxford University Press, Oxford 2013, 768 pages, ISBN 978-0-19-966926-4.
  6. Dibner B.: Oersted and the Discovery of Electromagnetism, History of Science, Blaisdell Publishing Company/A Division of Random House, New York-London 1962, 85 pages.
  7. Pancaldi G.: Volta: Science and culture in the age of enlightenment, Princeton University Press, 2003, 381 pages, ISBN 9780691096858.
  8. Stringari S., Wilson R. R.: Romagnosi and the discovery of electromagnetism, Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali, Volume 11, Issue 2, June 2000, pp. 115–136.
  9. Aldini J.: Essai théorique et expérimental sur le galvanisme, avec une série d'expériences faites devant des commissaires de l'Institut national de France, et en divers amphithéâtres anatomiques de Londres, Fournier Fils, Paris 1804, pp. 350+5 pl.
  10. Christensen D.C.: Ørsted-Ritter Partnership and the Birth of Romantic Natural Philosophy, Annals of Science, 52(3), 1995, pp. 153–185.
  11. Oersted H. C.: Recherches sur l'identité des forces chimiques et électrique, J. G. Dentu, Paris 1813, pp. 280.
  12. Ørsted H. C.: Ueber das Piperidin, ein neues Pflanzenalkaloid, Journal für Chemie und Physik, 29 (1), 1820, p. 80–82.
  13. Ampère A. M., Mémoires sur l'électromagnétisme et l'électrodynamique, Paris 1822, pp.112, reprint: Gauthier-Villars et cie, Paris 1921.
  14. Ampère A. M.: Théorie (mathématique) des phénomènes électrodynamiques, uniquement déduite de l'expérience, Méquignon-Marvis, Paris 1826, pp. 226.
  15. Faraday M.: Experimental Researches in Electricity, R. & J. Taylor (vols. I, II), R. Taylor & W. Francis (vol. III), London 1839, 1844, 1855.

## AN EPOCH-MAKING DISCOVERY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN ELECTRICITY AND MAGNETISM MADE BY DANISH SCIENTIST HANS CHRISTIAN ØRSTED AS THE BEGINNING OF ELECTROMAGNETISM

The paper presents the state of electricity and magnetism after the construction of the pile by Italian A. Volta and before the epochal discovery of the relationship between them made by the outstanding Danish scientist, physicist, chemist and philosopher Hans Christian Ørsted in 1820. His figure was presented as an outstanding individual of his era, saturated with constitutional ideas - liberal, various aspects of scientific and social activity were given and private life shown. The activity of physicists of unprecedented dynamics after the discovery of electromagnetism by H. C. Ørsted and the creation of numerous discoveries and theoretical scientific papers on electrodynamics were briefly discussed. Particular attention has been paid to the achievements of Frenchman A.-M. Ampere and the Englishman M. Faraday. The paper also presents the impact of the discovery of Hans Christian Ørsted on the creation of electromechanical meters.

**Keywords:** electricity and magnetism, electromagnetism, electrodynamics, electromechanical meters.