

**WKŁAD
OLIVIERA HEAVISIDE`A
DO ELEKTROMAGNETYZMU
I ZJAWISK ELEKTRYCZNYCH**

Mirosław Dąbrowski

Politechnika Poznańska

Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej

Akademia Górniczo-Hutnicza

PTETiS

Kraków, 9 listopada 2010 r.

SPIS TREŚCI

- **DANE BIOGRAFICZNE**
- **POCZATKI BADAŃ**
- **DOKSZTAŁCANIE**
- **PRACE NAD TEORIAŃ OBWODÓW**
- **PRACE NAD TEORIAŃ MAXWELLA**
- **PRACE W DZIEDZINIE FAL I PROMIENIOWANIA
ELEKTROMAGNETYCZNEGO**
- **INNE PRACE Z ELEKTROTECHNIKI**
- **ZAKOŃCZENIE**

ZARYS BIOGRAFII

Urodziny: 18. 05. 1850 r. jako czwarty syn w rodzinie Thomasa Heavuside`a i Rachel Elizabeth z domu Westow w dzielnicy Camden Town przy King Street 55 w Londynie.

Ukończył w 1865 r. naukę w Elementary school.

Rozpoczęcie systematycznych badań w 1868 r.

Od 1870 do 1874 r. zatrudniony w Great Northern Telegraph Co. w Newcastle.

W 1873 r. pierwsza publikacja w Philosophical Magazine.

W 1875 r. opracowanie rachunku operatorowego.

W 1881 r. wyprowadzenie i rozwiązanie równań linii długiej (równania telegrafistów).

W 1888 r. prace nad promieniowaniem cząstki naładowanej poruszającej się z prędkością ultrasoniczną. Przyszłe promieniowanie Czerenkowa.

W 1891 r. opracowanie analizy wektorowej i nowe przedstawienie równań Maxwella.

W 1889 r. publikacja w Philosophical Magazine na temat siły elektrodynamicznej – obecnie nazywanej siłą Lorentza.

W 1894 r. śmierć ojca.

W 1896 r. śmierć matki.

W 1905 r. racjonalizacja jednostek w elektrotechnice.

W 1905 r. doktorat honorowy Uniwersytetu w Getyndze.

W 1908 r. członkostwo honorowe angielskiego stowarzyszenia inżynierów elektryków.

W 1912 wydanie trzeciego tomu Electromagnetic Theory.

W 1921 r. wręczenie pierwszego medalu Faradaya przez angielskie stowarzyszenie inżynierów elektryków.

Zgon 3 lutego 1925 r. w Torquay. Pochowany w grobie rodziców na Colley End Road Cementary w Paington.



Miss Mary (Eliza Jones) Way,
sister of Charles' wife

Sarah Susannah Jones,
Miss Way's sister
(wife of Charles)

Ethel Sarah
Charles' daughter

Basil Bell, Arthur's son
Oliver Heaviside

Thomas Heaviside'
Oliver's father

Rachel Elizabeth Way,
Charles' eldest child

Arthur West,
Oliver's brother

Isabel Sarah Bell,
Arthur West's wife

Frederick, Charles' son

Mrs. R.E. Heaviside,
Oliver's mother
(nee Rachel Elizabeth West)

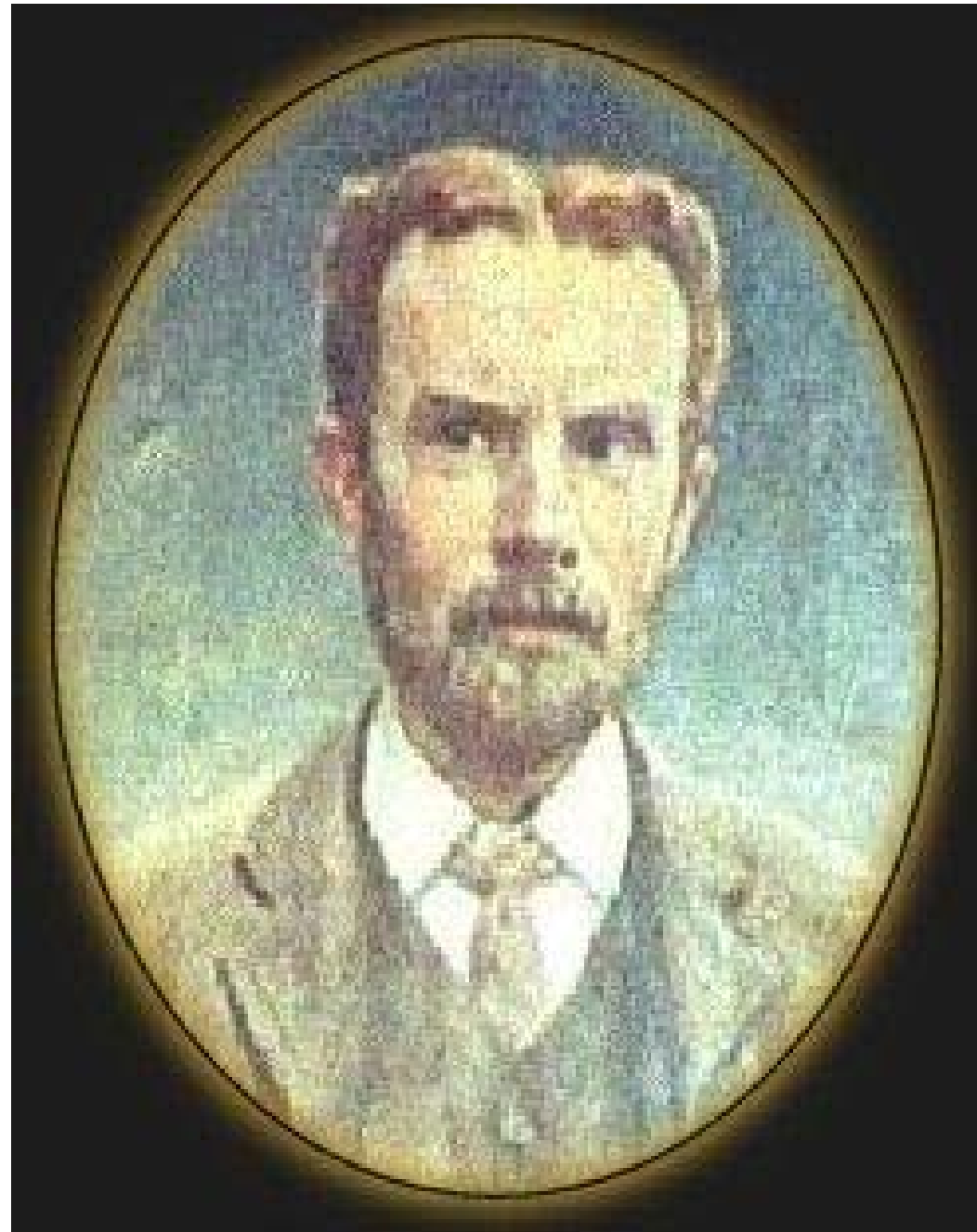
Lionel Bell,
eldest son of
Arthur West

Beatrice Emma, Charles' daughter

Charles,
Oliver's brother

Colin,
Arthur's son





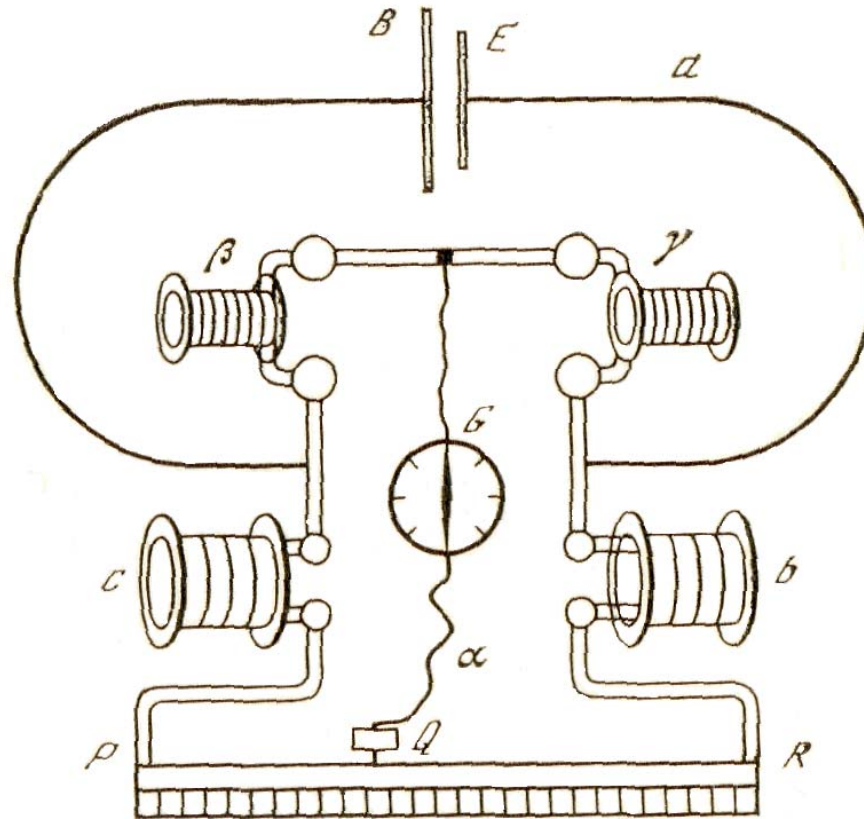


Olivier był ostatnim i niechcianym dzieckiem w rodzinie, w której wszyscy członkowie, prócz niego, byli retorianami. Nazwa grupy z IV w n.e. zwolenników Retoriusza. Charakterystyczną ich cechą było to, że uznawali wszystkie herezje, które do tej pory się pojawiły i akceptowali wszystkie sekty. Silnie zwalczana grupa przez kościół katolicki.

Poglądy Oliviera były bliskie unitarianom, którzy w 1773 roku oddzielili się od anglikanizmu i kładą nacisk na swobodę wyboru wyznania i na tolerancję religijną. .

POCZĄTKI BADAŃ

Początkowe ukierunkowanie badawcze Heaviside zawdzięcza inspiracji **Sir Charlesa Wheatstone`a**. Pracę naukową rozpoczął od badania wpływu docisku styków na rezystancję zestyku. Następnie zajął się zwiększeniem dokładności pomiarów rezystancji za pomocą mostka Wheatstone`a. Rozwiązał zagadnienie doboru rezystancji porównawczych w gałęziach mostka w zależności od rezystancji mierzonej tak, żeby uzyskać największą wrażliwość a zatem i dokładność pomiaru. **Wyniki pracy zostały opublikowane już w 1872 r. w piśmie Electrician a w lutym 1873 r. w Philosophical Magazine.** Na tę pracę, jako jedyną w całym traktacie **A Treatise on Electricity and Magnetism** powołał się J. Clerk Maxwell w paragrafie 350-tym drugiego wydania z 1881 r.



Oryginalny rysunek O. Heaviside'a z pracy ekstremalizacji o wrażliwości mostka Wheatstone'a.

Podane przez Heaviside'a zależności mają postać:

$$c = \sqrt{a\alpha}$$

$$b = \sqrt{a\gamma \frac{\alpha + \gamma}{a + \gamma}}$$

$$\beta = \sqrt{\alpha\gamma \frac{a + \gamma}{\alpha + \gamma}}$$

W których : c – rezystancja w dolnej lewej gałęzi mostka; b – rezystancja w dolnej prawej gałęzi; β – rezystancja w górnej lewej gałęzi; γ – rezystancja mierzona w górnej prawej gałęzi; a – rezystancja źródła zasilania; α – rezystancja galwanometru.

SAMOKSZTAŁCENIE

Gdy w 1868 r. została uruchomiona kablowa podmorska linia telegraficzna między Anglią a Danią, okazało się, że **zdolność przesyłowa (dopuszczalna szybkość przesyłania sygnałów) z Anglii do Danii jest o ok. 40% mniejsza niż w kierunku przeciwnym.** W tym czasie wiele niewyjaśnionych zjawisk utrudniało budowę linii i rozwój łączności telegraficznej a następnie telefonicznej. O. Heaviside zainteresował się ilościowym opisem zjawisk wywołujących zniekształcanie sygnałów i wpływających na szybkość ich przesyłania w liniach. Okazało się jednak, że jego przygotowanie matematyczne do podjęcia tak złożonego zagadnienia jest niewystarczające. **Ogromną przyszłą wiedzę nabył jako samouk.** Na przykładzie Heaviside`a sprawdza się pogląd, że: **albo jest się samoukiem albo nieukiem.**

Intensywnie zaznajamiał się on z wyższą analizą matematyczną, tj. z rachunkiem różniczkowym i całkowym oraz z metodami rozwiązywania równań różniczkowych, posługując się m.in. książką **Isaaca Todhundersa**. Studiował także dzieło matematyczne **Georgea Biddella Airy** (1801-1892) **Partial differential equations** a także dzieła **Georga Boole'a**: **An Investigation of the Laws of Thought** (Rozważania nad prawami myślenia), które nadal jest podstawą logiki matematycznej oraz: **A Treatise on Differential Equations** (Traktat o równaniach różniczkowych

PRACE NAD TEORIA ́ OBWODÓW

W latach 1873-1876 Heaviside opublikował cykl artykułów, w których przedstawił oryginalny pomysł realizacji **TELEGRAFU DUPLEKSOWEGO**, tj.. umożliwiającego za pomocą jednej linii jednoczesne nadawanie i odbieranie sygnałów.

Równocześnie pracował nad **najdonioślejszym swoim wkładem do teorii obwodów**, tj. nad **rachunkiem operatorowym**, umożliwiającym m.in. rozwiązywanie równań opisujących stany nieustalone w obwodach elektrycznych o stałych parametrach skupionych.

Wprowadził on do tego rachunku dwie nowe funkcje; jedna reprezentuje skok jednostkowy (nazywana obecnie *funkcją Heaviside'a* oraz funkcję impulsową wszędzie równą zero za wyjątkiem jednego punktu, w którym dąży do nieskończoności. Całka z tej funkcji w granicach zawierających ten wybrany punkt jest równa 1. Tymi koncepcjami wyprzedził on o 50 lat powstanie teorii funkcji uogólnionych (*dystrybucji*) oraz wprowadzenie przez *Paula A. M. Diraca (1902-1984)* tak samo zdefiniowanej *funkcji impulsowej δ* .

Zaproponowane przez Heaviside'a metody, a zwłaszcza wprowadzone w 1875 r. funkcje specjalne, spotkały się ze strony matematyków z niezrozumieniem i ostrą krytyką, jako nie ugruntowane teoretycznie i wręcz błędne. Matematyczne aksjomatyczne uzasadnienia rachunku operatorowego nastąpiło znacznie później. Na podstawie całkowej transformacji Laplace'a rachunek ten został przedstawiony m.in. w pracach **G. R. Carsona (1926)** i **G. Doetscha (1937)**. Najbardziej ogólne uzasadnienie rachunku operatorowego podał w 1954 r. profesor Uniwersytetu Wrocławskiego oraz Warszawskiego **Jan Mikusiński (1913-1987)**. Po ok. 1930 roku zastosowanie rachunku operatorowego rozpowszechniło się, także poza naukami elektrycznymi, np. w analizie drgań układów mechanicznych.

Rachunek operatorowy jest obecnie uważany przez matematyków jako jedno z najważniejszych osiągnięć w rozwoju matematyki w ostatnim kwartale 19 wieku.

Metodę operatorową Heaviside zastosował do analizy równań opisujących zjawiska w liniach telekomunikacyjnych, przedstawiając je jako jednorodne linie długie. Wcześniej od niego zajmował się tym zagadnieniem **William Thomson (lord Kelvin) (1824-1907)**; jego ujęcie było jednak uproszczone, uwzględniał bowiem tylko jednostkową rezystancję podłużną R_{dx} oraz jednostkową pojemność poprzeczną C_{dx} linii.

Thomson opisywał rozkład napięć w linii długiej równaniem:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - RC \frac{\partial u}{\partial t} = 0$$

Natomiast Heaviside w 1876 r. uzupełnił model linii podłużną indukcyjnością Ldx i wkrótce po tym – także konduktywnością poprzeczną Gdx . Dla takiej linii o parametrach R , L , C , G wyprowadził równania dla prądów i napięć, nazywane obecnie równaniami telegraficznymi i w 1881 r. podał ich pełne rozwiązania.

Na przykład dla rozkładu napięcia w linii Heaviside sformułował **równanie falowe**:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - R(LG + RC)\frac{\partial u}{\partial t} + LG\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$$

Heaviside wyjaśnił, że rozkład napięcia i prądu w linii może być interpretowany jako superpozycja fali padającej i odbitej. Jednocześnie sformułował warunki, jakie powinna spełniać linia długa nie zniekształcająca sygnału i zaproponował skuteczną metodę zmniejszenia tłumienia oraz nieliniowych zniekształceń sygnału w linii. Te zagadnienia nabrały szczególnego znaczenia przy budowie długich łączy telefonicznych.

Metoda polegała na włączaniu w linię dodatkowych szeregowych indukcyjności. Ta propozycja była jednak sprzeczna z ówczesnymi poglądami i spotkała się z krytyką. Do rozgoryczenia doprowadził Heaviside'a brak zrozumienia jego rozważań matematycznych i zgłaszanych rozwiązań technicznych. Naczelnny inżynier poczty brytyjskiej, **Sir William Preece**, zdecydowanie uznał prace oraz propozycje Heaviside'a za błędne.

Pomysł włączanie w linię szeregowych indukcyjności wykorzystał i opatentował **Michael Campbell** z **AT & T**, a następnie w 1899 r., profesor w Columbia University w Nowym Jorku z pochodzenia Serb, **Michael Idvorsky Pupin (1858-1935)**.

Za odkupienie patentu firma American Telephone and Telegraph Co. zapłaciła Pupinowi w 1901 r. pół miliona dolarów. Metoda, nazywana *pupinizacją* była przed zakończeniem pierwszej wojny światowej powszechnie stosowana we wszystkich długich napowietrznych i kablowych liniach telekomunikacyjnych.

Inna metoda, którą zaproponował duński inżynier *Karl Emil Krarup (1872-1909)* okazała się bowiem zbyt kosztowna.

Heaviside w **1874** opracował i opublikował tak zwaną metodę symboliczną do analizy stanów ustalonych w obwodach prądu przemiennego powszechnie stosowaną do dziś. Było to około 15 lat wcześniej zanim prąd przemienny zaczął być stosowany. Zwykle się przyjmuje, że algebrę liczb zespolonych do analizy prądów przemiennych pierwszy zastosował urodzony we Wrocławiu niemiecki inżynier elektryk *Karl Augustus Rudolf Steinmetz (1865-1923)*. Opublikował on na ten temat cykl czterech artykułów, ale dopiero w **1893** r. w czasopiśmie *Elektrotechnische Zeitschrift* a następnie przedstawił tę metodę wraz z zastosowaniami w obszernej trzy tomowej pracy opublikowanej w Niemczech w **1900** r. i w Stanach Zjednoczonych w **1901** r.

PRACE NAD TEORIĄ MAXWELLA

Heaviside kupił przypadkowo spostrzeżony antykwaryczny egzemplarz pierwszego wydania traktatu J. Clerka Maxwella, w którym były krytyczne uwagi poprzedniego nieznanego czytelnika. Był zafascynowany koncepcjami Maxwella i studiował jego ogólną teorię pola elektromagnetycznego powiązaną z teorią światła doksztalcając się w nowych działach matematyki, zwłaszcza w **rachunku kwaternionów**. Przyjacielem Maxwella był **Peter Guthrie Tait (1831-1901)**, który rozwinął i stosował teorię kwaternionów opracowaną przez **William Rowana Hamiltona (1805-1865)**. Pod wpływem Taita Maxwell wyraził analitycznie teorię pola elektromagnetycznego za pomocą rachunku kwaternionów.

Heaviside napotykał na duże trudności w praktycznym zastosowaniu teorii Maxwella i, jak po latach napisał, zrozumiał, że kwaternionowy zapis teorii pola elektromagnetycznego jest niewygodny, gdyż kwaterniony nie mają fizycznej interpretacji. Całkowicie zarzucił posługiwanie się tym zapisem. W to miejsce opracował algebrę oraz **analizę wektorową**. W latach 1891-1892 napisał on książkę nt. „Fundamentals of vector analysis and algebra”, która wpłynęła nie tylko na badania w obszarze teorii pola elektromagnetycznego, ale i na badania w innych dziedzinach bazujących na teorii pola. Do rozwoju analizy wektorowej przyczynił się także amerykański fizyko-chemik **Josiaha Willard Gibbs (1839-1903)** oraz niemiecki fizyk **Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894)**.

OZNACZENIA**MAXWELLA****ELECTROMOTIVE FORCE** P, Q, R **MAGNETIC INDUCTION** a, b, c **ELECTRIC DISPLACEMENT** f, g, h **MAGNETIC FORCE** α, β, γ **ELECTRIC POTENTIAL** ψ **MAGNETIC POTENTIAL** Ω **ELECTROMAGNETIC MOMENTUM**
 F, G, H **CURRENT DUE TO TRUE CONDUCTION** p, q, r **TOTAL CURRENT** p', q', r' **MECHANICAL FORCE** X, Y, Z **CONDUCTIVITY OF ELECTRIC CURRENT**
 C **COEFFICIENT OF ELECTRIC ELASTICITY**
 k **COEFFICIENT OF MAGNETIC INDUCTION**
 μ **OZNACZENIA****WSPÓŁCZESNE**NĄTĘŻENIE POLA ELEKTRYCZNEGO $E = (E_x, E_y, E_z)$ INDUKCJA MAGNETYCZNA $B = (B_x, B_y, B_z)$ INDUKCJA ELEKTRYCZNA $D = (D_x, D_y, D_z)$ NĄTĘŻENIE POLA MAGNETYCZNEGO $H = (H_x, H_y, H_z)$ POTENCJAŁ ELEKTRYCZNY SKALARNY φ POTENCJAŁ MAGNETYCZNY SKALARNY φ_m POTENCJAŁ MAGNETYCZNY WEKTOROWY
 $A = (A_x, A_y, A_z)$ GĘSTOŚĆ PRĄDU PRZEW. $J = (J_x, J_y, J_z)$ GĘSTOŚĆ PRĄDU CAŁKOWITA $J + \frac{\partial D}{\partial t}$ SIŁA LORENTZA $F = (F_x, F_y, F_z)$ **KONDUKTYWNOŚĆ** γ PRZENIKALNOŚĆ ELEKTRYCZNA..... ϵ PRZENIKALNOŚĆ MAGNETYCZNA..... μ

Zapis sformułowanych przez Maxwella równań był przekształcany przez wielu jego następców; obecnie najczęściej jest stosowany zapis podany przez Heaviside'a. Zapis indukcji wg Maxwella:

$$\mu\alpha = \frac{dH}{dy} - \frac{dG}{dz}$$

$$\mu\beta = \frac{dF}{dz} - \frac{dH}{dx}$$

$$\mu\gamma = \frac{dG}{dx} - \frac{dF}{dy}$$

Zapis indukcji wg Heaviside'a:

$$\mathbf{B} = \text{rot } A.$$

Zapis natężenia pola magnetycznego wg Maxwella:

$$\frac{d\gamma}{dy} - \frac{d\beta}{dz} = 4\pi \left(p + \frac{df}{dt} \right) = 4\pi p'$$

$$\frac{d\alpha}{dz} - \frac{d\gamma}{dx} = 4\pi \left(q + \frac{dg}{dt} \right) = 4\pi q'$$

$$\frac{d\beta}{dx} - \frac{d\alpha}{dy} = 4\pi \left(r + \frac{dh}{dt} \right) = 4\pi r'$$

Zapis natężenia pola magnetycznego wg Heaviside'a:

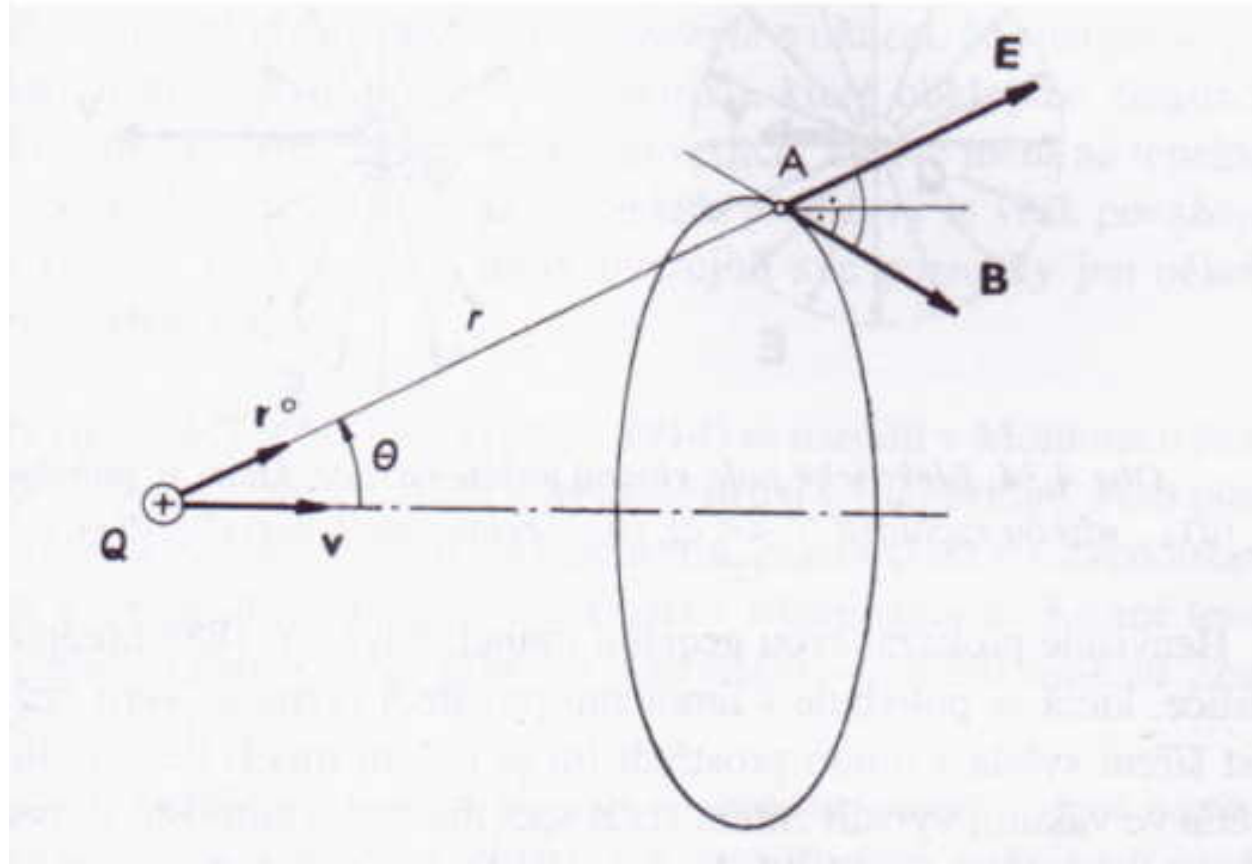
$$\text{rot}\mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}.$$

W latach 1877-1885 Heaviside opublikował ponad 200 prac poświęconych teorii Maxwella. Dzięki zastosowaniu analizy wektorowej uprościł zapis równań, opracował matematyczne metody rozwiązywania wielu praktycznych zagadnień opisanych tymi równaniami zebranych w **Electrical papers. Macmilan, London 1892. Vol. I p. XX+560, Vol. II p. XVI+587.** Dzięki tym pracom bardzo przyczynił się do rozpowszechnienia, podważanych przez wielu ówczesnych teoretyków, koncepcji Maxwella.

Upraszczając zagadnienie, można powiedzieć, że Heaviside zastąpił 20 równań Maxwella z 20-toma niewiadomymi dwoma równaniami z dwoma niewiadomymi. Zastąpienie kwaternionów przez wektory wywołało burzliwą, a nawet napastliwą w stosunku do Heaviside'a, trwającą przez ponad pięć lat polemikę między zwolennikami różnych metod opisu wielkości polowych (Patrz np. **rozd. 9 The Great Quaternionic War** w pracy **Nahin P. J., Oliver Heaviside: Sage in Solitude**).

PRACE W DZIEDZINIE FAL I PROMIENIOWANIA

O naukowej *dalekowzroczności* Heaviside'a świadczą jego prace z 1888 r. nad deformacją pola elektromagnetycznego wokół ładunku elektrycznego poruszającego się ze stałą prędkością v , nawet większą niż prędkość światła w rozpatrywanym środowisku. Wykazał on, że natężenie pola elektrycznego \mathbf{E} oraz indukcję pola magnetycznego \mathbf{B} w polu ładunku Q wyrażają się w punkcie A wzorami - oznaczenia, jak na rysunku



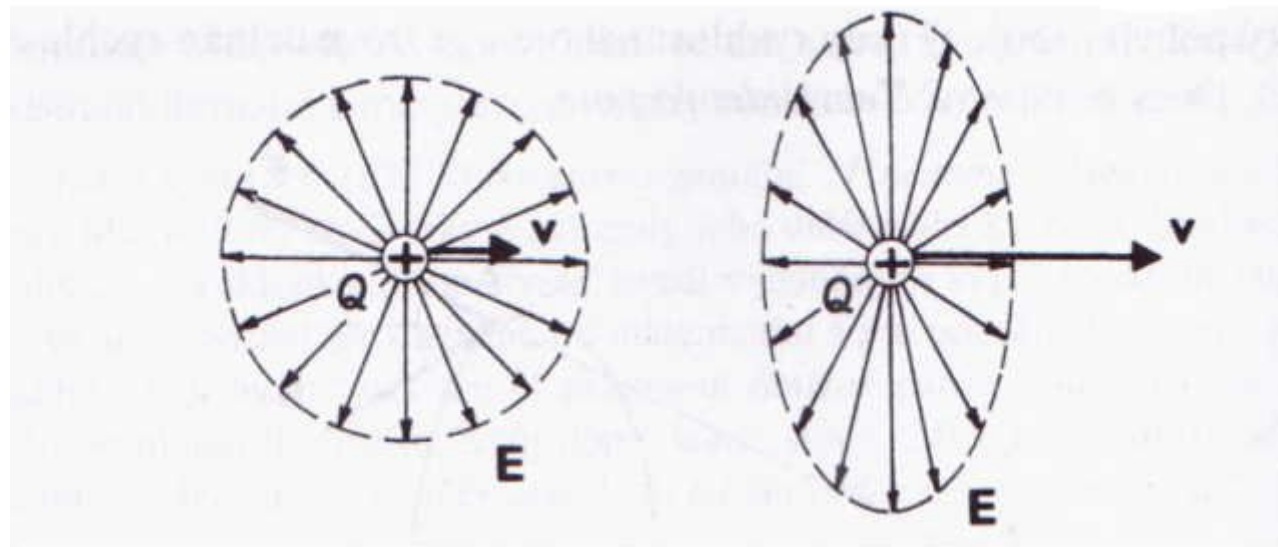
$$\mathbf{E} = \Gamma \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \mathbf{r}^0 \quad [1]$$

$$\mathbf{B} = \Gamma \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} (\mathbf{v} \times \mathbf{r}^0) \quad [2]$$

W których Γ – współczynnik Heaviside'a wyrażony wzorem

$$\Gamma = \left(1 - \frac{\mathbf{v}^2}{c^2}\right) \cdot \left(1 - \frac{\mathbf{v}^2}{c^2} \sin^2 \Theta\right)^{-\frac{3}{2}} \quad [3]$$

Te rozważania i wynikające z nich przytoczone zależności od (1) do (3), w których c jest prędkością światła, mają charakter relatywistyczny. Wyprzedziły one o ok. 3 lata wprowadzenie przez George'a Johnstone'a Stoneya (1826-1911) pojęcia elektronu i o ok. 17 lat powstanie teorii względności A. Einsteina. Na rysunku przedstawiono rozkład wektora natężenia pola elektrycznego wokół ładunku Q poruszającego się z małą prędkością v (strona lewa) oraz z prędkością bliską prędkości światła (strona prawa).



Rozkład natężenia pola elektrycznego E wokół ładunku poruszającego się: po lewej stronie z małą prędkością v ; po prawej stronie z prędkością $v=0,9 c$

Heaviside przewidział, że przy jednostajnym ruchu ładunku Q z prędkością v większą niż prędkość światła c w danym środowisku, np. w wodzie, pojawi się nowy rodzaj spolaryzowanego promieniowanie elektromagnetycznego w obrębie stożka. Przy czym ładunek znajduje się w jego wierzchołku. Podał także zależność na kąt Φ tego stożka.

$$\Phi = 2 \arccos \frac{c}{vn}$$

Przy czym: n – współczynnik załamania ośrodka, w którym porusza się ładunek.

Promieniowanie powstające przy ruchu ładunku z prędkością większą niż prędkość światła wywołuje uderzeniową falę elektromagnetyczną, podobnie jak samolot naddźwiękowy wywołuje uderzeniową falę akustyczną.

Zjawisko to, w przypadku szybkich elektronów wykrył dopiero w 1937 r. **Сергей Иванович Черенков (1904-1990)**; jest ono znane jako *promieniowanie Czerenkowa*. Za to odkrycie uzyskał on w 1951 r. Nagrodę Nobla, a wraz z nim И. Е. Тамм oraz И. М. Франк .

Również w 1888 r. ukazała się praca Heaviside'a o **falach elektromagnetycznych kulistych i cylindrycznych**, które wówczas nie miały jeszcze zastosowania. Zajmował się także promieniowaniem krótkofalowym wewnątrz wydrążonego cylindra, tj. w układzie nazywanym dzisiaj **falowodem cylindrycznym**.

Jednocześnie Heaviside pracował nad odbiciem, załamaniem i pochłanianiem fal elektromagnetycznych w atmosferze. W 1902 r. opublikował notatkę w Encyclopaedia Britannica na temat istnienia jonosfery, niezależnie od amerykańskiego inżyniera **Arthura Edwina Kennelly'ego (1861-1939)**. Warstwa na wysokości 100-200 km odbijająca krótkie fale radiowe nazywa się dzisiaj **warstwą Heaviside'a-Kennelly'ego**.

INNE PRACE Z ELEKTROTECHNIKI

W **1889** r. w artykule opublikowanym w czasopiśmie Philosophical Magazine Heaviside zamieścił wzór na siłę działającą na ładunek elektryczny q poruszający się w polu elektromagnetycznym z prędkością v :

$$F = q (E + v B)$$

przy czym: E – wektor natężenia pola elektrycznego, B – wektor indukcji pola magnetycznego.

Tę zależność podał w **1892** także holenderski fizyk **Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928)**, a występująca w nim wielkość F jest nazywana obecnie **siłą Lorentza**.

Heaviside przewidział istnienie elektretu oraz jego właściwości a także występowanie zjawiska nadprzewodnictwa .

W licznych pracach wzbogacił on język nazwami wielkości w elektrotechnice. Choć nie wszystkie jego propozycje się przyjęły, to jednak takie, jak: rezystancja, reaktancja i impedancja są powszechnie stosowane.

Heaviside zaproponował, żeby z zależności opisujących podstawowe zjawiska elektryczne usunąć czynnik 4π tam, gdzie nie wynika on ze sferycznej geometrii rozpatrywanego układu, zapoczątkował tym pomysłem prace nad racjonalizacją układu jednostek.

Układ opracowany przez Heaviside'a się jednak nie przyjął. Dopiero Włoch **Giovanni Giorgi (1871-1950)**, wykorzystując prace Heaviside'a, opracował zracjonalizowany system jednostek **MKSΩ** bazujący na czterech jednostkach podstawowych. System ten został w 1935 roku przyjęty przez IEC jako międzynarodowy. Stał się on w 1960 roku podstawą do ustanowienia przez **11th General Conference of Weights and Measures** międzynarodowego **systemu SI**, bazującego na siedmiu jednostkach podstawowych.

ZAKOŃCZENIE

Heaviside pozostawił ogromny dorobek publikacyjny. Miał trudności z przyjmowaniem prac do druku; przeważająca większość jego artykułów ukazała się w podrzędnym czasopiśmie dla techników i inżynierów [The Electrician](#) (Elektryk). Prace te zostały zebrane w obszernych wydawnictwach książkowych. W 1912 r. został wydany trzeci tom jego największego dzieła: „[Electromagnetic theory](#)”. Objętość książek Heaviside’a przekracza **2500 stron**. Pozostał po nim obszerny zbiór nie opublikowanych manuskryptów – częściowo po jego śmierci rozgrabiony.

Studiowanie prac Heaviside’a jest trudne, zarówno ze względu na skrótowe ujęcie wywodów analitycznych, małą liczbę powołań na wcześniejsze publikacje a przede wszystkim na złożoność rozpatrywanych zagadnień.

Dopiero od ok. 1891 r. jego działalność badawcza zaczyna być uznawana, m.in. przez tak wybitne postacie, jak lord Kelvin, Vaschy, Bethenod, Larmor, Perry, Rutheford, Pupin. Spotykają go również zaszczyty, np. w 1905 r. uzyskuje doktorat honorowy przodującego w owym czasie w dziedzinie matematyki i fizyki uniwersytetu w Getyndze, w 1908 r. zostaje członkiem honorowym angielskiego, a w 1918 amerykańskiego, stowarzyszenia inżynierów elektryków. Największe wyróżnienie spotkało go w 1921 roku., kiedy to został mu wręczony pierwszy medal Faradaya ustanowiony przez angielskie stowarzyszenie inżynierów elektryków. Mimo ogromnych zasług Heaviside żył na granicy ubóstwa, a ostatnie dziesięć lat – w zupełnym osamotnieniu i biedzie. Zmarł **3 lutego 1925 r.** po miesięcznym pobycie w domu opieki **Mout Sturat Nursing Home** w Homefield koło Torquay i został pogrzebany w grobie swoich rodziców na Colley End Road Cementary w Paington, żegnany przez nieznaną jego znaczenia uczestników pogrzebu jako „drogi stary człowiek”.



Grób Oliviera Heawiside`a i jego rodziców na cmentarzu w Paington

Heaviside nie unikał komentarzy filozoficznych ujmowanych zwykle z właściwym sobie dowcipem. Jako przykład może posłużyć poniższy tekst.

SECTION XXXV. THE TRANSFER OF ENERGY AND ITS APPLICATION TO WIRES ENERGY-CURRENT.

When the sage sits down to write an elementary work he naturally devotes Chapter I. to his views concerning the very foundation of things, as they present themselves to his matured intellect. It may be questioned whether this is to the advantage of the learner, who may be well advised to "skip the Latin," as the old dame used to say to her pupils when they came to a polysyllable, and begin at Chapter n. **If this be done, Prof. Tait's "Properties of Matter" is such an excellent scientific work as might be expected from its author. But Chapter i. is metaphysics. There are only two Things going, Matter and Energy. Nothing else is a thing at all; all the rest are Moonshine, considered as Things.** However this be, the transfer of energy is a fact well known to all, even when we put the statement in such a form that the energy seems to lose its thinginess, by calling it the transfer of the power of doing work. Thus, after transfer of energy from the sun ages ago, followed by long storage underground and convection to the stove or furnace, we set free the imprisoned energy, to be generally diffused by the most varied paths.

Heaviside miał wielu zaciętych wrogów wypowiadających o nim złe i niesprawiedliwe opinie. Miał także nieliczne grono przyjaciół, którzy zdołali się przebić przez aurę samotności, jaką się otaczał i którzy zgodnie zaświadczenia o jego miłym i wielkodusznym charakterze. Jednak jeszcze obecnie ukazują się o nim publikacje zatytułowane: geniusz i gbur.

Na koniec prelekcji przypomniał słowa **Sir George Lee**, który w 1950 roku podczas jubileuszowej sesji IEE z okazji setnej rocznicy urodzin Heaviside'a powiedział **„Tak żył i tak umarł jeden z tych, których dzieło będzie żyć wiecznie. Okazał się on człowiekiem o niebotycznym geniuszu, zaliczanym do najwybitniejszych tego kraju.”**

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ