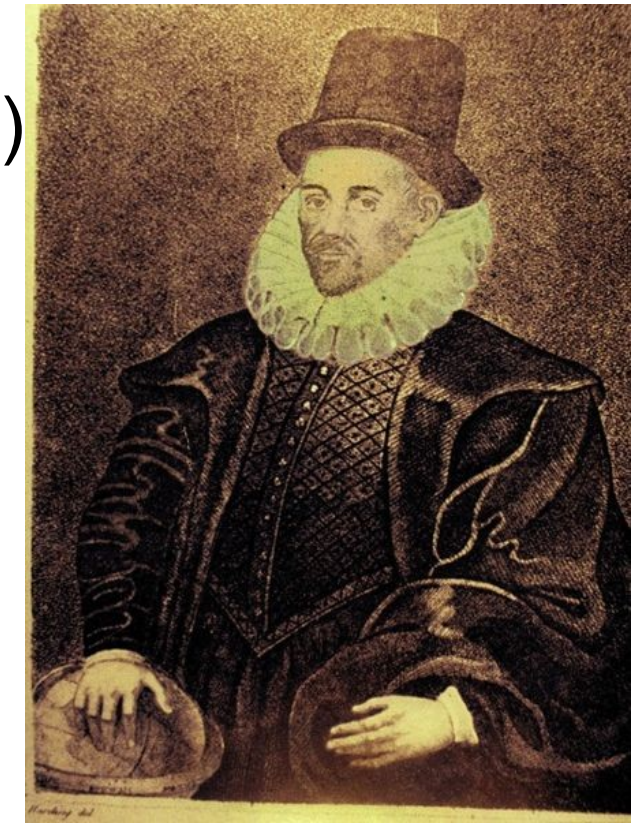
Początki nauki nowożytnej – część 4 (elektryczność i magnetyzm)

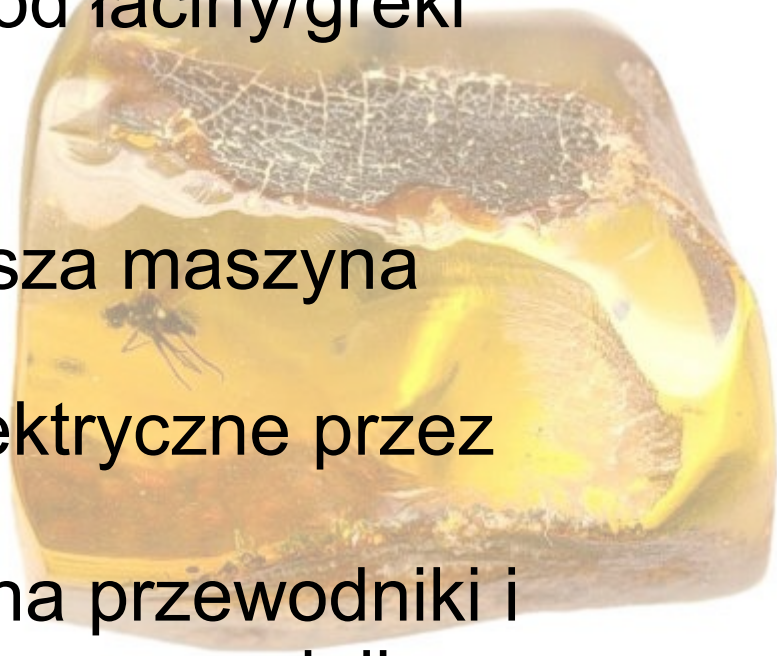
Magnetyzm

- Odkrycie – 4-5 stulecie pne (jeżeli wierzyć Arystotelesowi, to i siódme) – przyciąga żelazo
- Pierwsze kompasy 12 wiek (Alexander Neckham)
  - pierwszy traktat o naturze magnetyzmu – Petrus Peregrinus, 1269 (list)
- William Gilbert, „De Magnete”
  - magnetyczne własności Ziemi, problem inklinacji igły magnetycznej
  - bardzo stanowcze oddzielenie magnetyzmu od elektryczności
- Thomas Le Seur, Francis Jacquier (1742) – wzór na siłę między dwoma magnesami ($1/r^3$)
- John Mitchell (1750) – siły blisko bieguna
- S.J. Bergman (1778) – odkrycie diamagnetyzmu



Elektryczność

- Podobno opisywana już w 625 r. p.n.e. (Tales)
  - zauważany głównie jako przyciąganie przez potarte bursztynowe guziki włosów, ew. wytwarzanie iskry
- Girolamo Cardano (1550) –
  - pierwszy opis nowożytny, rozwinięcie – Gilbert (1600), który stworzył nazwę dziedziny od łaciny/greki (*electrum*/*elektron*)
- Rozwój elektrostatyki
  - Otto von Guericke (1660) pierwsza maszyna elektrostatyczna (kula z siarki)
  - Robert Boyle (oddziaływania elektryczne przez próżnię)
  - Stephen Gray (1729) – podział na przewodniki i izolatory, przekaz ładunku przez przewodnik
  - Charles François du Fay (1733) – dwa typy elektryczności, ich przyciąganie i odpychanie

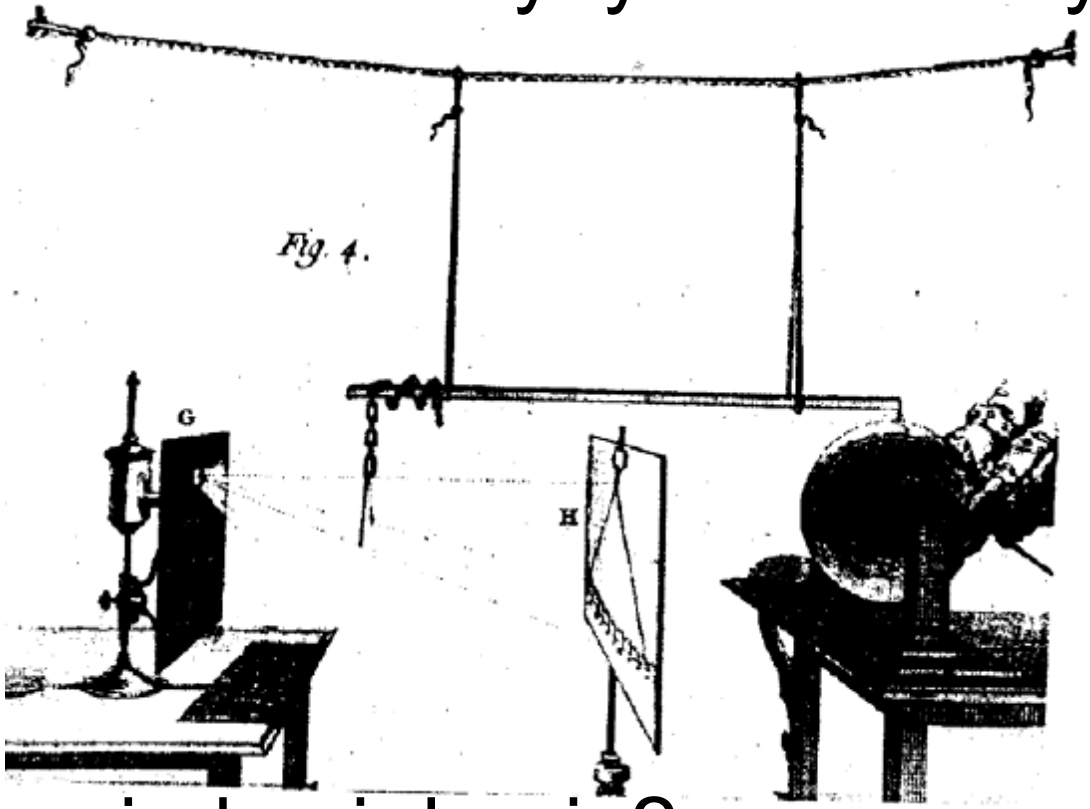


Elektryczność – c.d.

- 1745 – wynalezienie butelki lejdejskiej (równolegle, Kleist i Musschenbroek)
- William Watson (1748) – pierwsze wyładowanie w rurze próżniowej
- Kontrowersja – dwa rodzaje „fluidu elektrycznego” czy też jeden? (po stronie jednego Franklin, Watson, Cavendish, drugiego Nollet, Symmer)
- Benjamin Franklin (1752) – piorunochron
- Joseph Priestley (1766) pokazuje, że ładunek rozkłada się na powierzchni przewodnika, z czego wnioskuje że oddziaływania elektryczne to $1/r^2$
- Charles Coulomb (1785), po wielu latach doświadczeń z wagą skręceń, dowodzi $1/r^2$

Problem pomiarów elektryczności

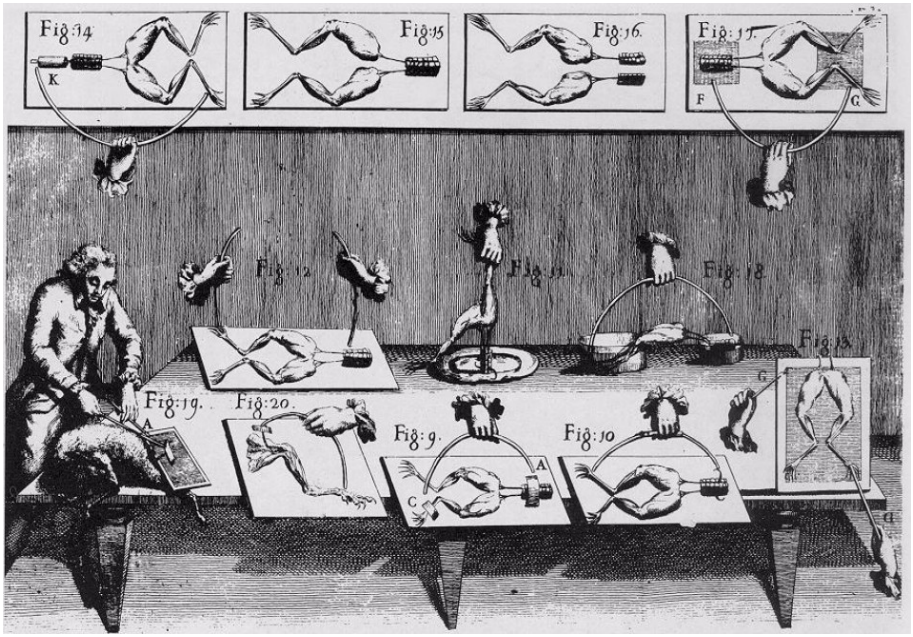
- Abbe Nollet (1747) – elektroskop ze skalą
- Liczba obrotów maszyny elektrostatycznej



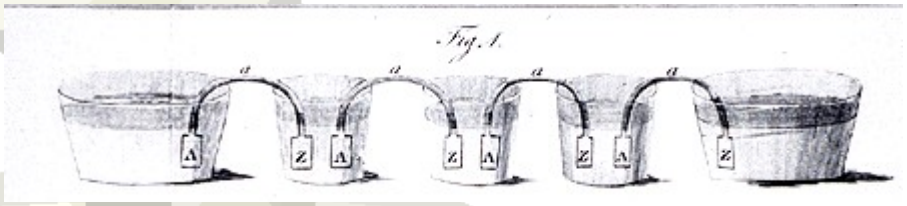
- Co mierzy jedno i drugie?
  - kąt listków – napięcie
  - liczba obrotów maszyny – ładunek
- Prawo Volty – Q = CT

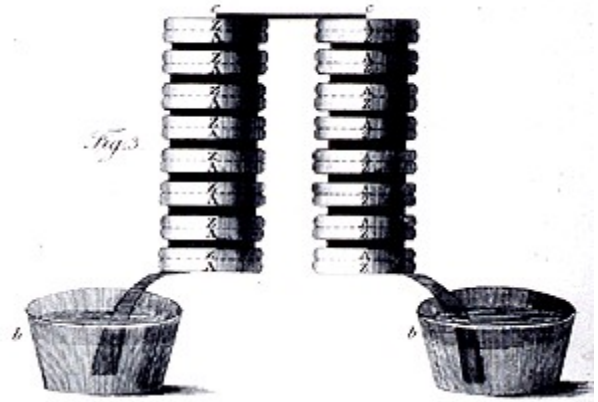
Prąd elektryczny

- „Elektryczność zwierzęca” Galvaniego (1791)



- Stos Volty (1800)





- Badania Davy'ego (1807) – chemia stosu

Elektromagnetyzm

- 1820, rok odkryć:
  - Hans Oersted odkrywa oddziaływanie między przewodnikiem a igłą magnetyczną
  - Andre Marie Ampere odkrywa oddziaływanie przewodników z prądem (kontynuując rozumowanie Oersteda)
  - Jean-Baptiste Biot i Felix Savart podają dane pola magnetycznego wokół przewodnika (zależność 1/r, kierunek, zwrot)
- Kontynuacja – Francois Arago i Humphry Davy niezależnie od siebie odkrywają, że żelazo w cewce z prądem ulega namagnesowaniu (~1823)
- Wiele lat prób odkrycia elektrycznego efektu magnetyzmu, ponieważ szukano efektu **statycznego**

Doświadczenia Michaela Faradaya

- 1821, budowa silnika synchronicznego (zainspirowana pracami Wollastona i Davy'ego)
- 1831 – seria doświadczeń zakończona odkryciem prawa indukcji (Joseph Henry w tym samym czasie odkrył samoindukcję)
- 1838 – odkrycie „ciemni Faradaya”
- 1845-1855 – idea unifikacji oddziaływań, pomysł pola elektromagnetycznego, światło jako drgania pola elektromagnetycznego („sił pola”)
- 1845
  - odkrycie zjawiska magnetooptycznego
  - badania nad magnetyzmem ciał – podział wszystkich ciał na trzy grupy, określenie „diamagnetyzm” dla ciał odpychanych przez magnes

Prawa elektryczności

- Eksperymenty Davy'ego (1821)
  - R~l/S (dla długich drutów), rośnie z temperaturą
- Eksperymenty Ohma (1825)
  - Druty jednakowej grubości, różnej długości:
    Drut standardowy Odczyt s
    Drut badany Odczyt a
    „Ułamkowa strata siły” v = (s - a)/s
  - Prawo Ohma (1825):
    v= m log (1 + x/a) (x – długość drutu, m – parametr)
- Wheatstone – pomiar prędkości prądu (1834?)
- 1820 i dalej – rozwój teorii elektromagnetyzmu:
  - Poisson (1824) – m.in. pojęcie potencjału
  - George Green (1828)
- 1834 – Lenz podaje regułę na kierunek indukowanego prądu

Unifikacja Maxwella

„...Te wyniki wyrażam w postaci Ogólnych Równań Pola Elektromagnetycznego. Równania te wyrażają:

(A) Związek między przesunięciem elektrycznym, rzeczywistym przewodnictwem i prądem całkowitym, będącym sumą tych dwu.

(B) Związek między liniami siły magnetycznej i współczynnikami indukcji obwodu, wyprowadzonymi z praw indukcji.

(C) Związek między natężeniem prądu i jego skutkiem magnetycznym, zgodnie z elektromagnetycznym układem jednostek.

(D) Wartość siły elektromotorycznej powstającej w ciele wskutek jego ruchu w polu, zmianę samego pola oraz zmienność potencjału elektrycznego w różnych miejscach pola.

(E) Związek między przesunięciem elektrycznym i siłą elektromotoryczną, która je wywołuje.

(F) Związek między prądem elektrycznym i siłą elektromotoryczną, która go wywołuje.

(G) Związek między ilością ładunku swobodnego w danym punkcie i przesunięciem elektrycznym w jego sąsiedztwie.

(H) Związek między wzrostem lub zmniejszaniem się ładunku swobodnego i prądem elektrycznym w sąsiedztwie.

Łącznie tych równań jest dwadzieścia i zawierają one dwadzieścia niewiadomych wielkości.

Równania Maxwella

- Maxwell swoje równania podał na współrzędnych
- Równania Maxwella w obecnie używanej postaci wprowadził pierwszy Oliver Heaviside w 1885 roku

EQUATIONS OF:		MAXWELL'S NOTATION	VECTOR NOTATION
Magnetic Induction	(A)	$a = \frac{dH}{dy} - \frac{dG}{dz}$ $b = \frac{dF}{dz} - \frac{dH}{dz}$, $c = \frac{dG}{dx} - \frac{dF}{dy}$.	$\mathfrak{B} = \nabla \times \mathrm{A}$

the same field with a magnet, I shew the distribution of its equipotential magnetic surfaces, cutting the lines of force at right angles.

In order to bring these results within the power of symbolical calculation, I then express them in the form of the General Equations of the Electromagnetic Field. These equations express—

(A) The relation between electric displacement, true conduction, and the total current, compounded of both.

(B) The relation between the lines of magnetic force and the inductive coefficients of a circuit, as already deduced from the laws of induction.

(C) The relation between the strength of a current and its magnetic effects, according to the electromagnetic system of measurement.

(D) The value of the electromotive force in a body, as arising from the motion of the body in the field, the alteration of the field itself, and the variation of electric potential from one part of the field to another.

(E) The relation between electric displacement, and the electromotive force which produces it.

(F) The relation between an electric current, and the electromotive force which produces it.

(G) The relation between the amount of free electricity at any point, and the electric displacements in the neighbourhood.

(H) The relation between the increase or diminution of free electricity and the electric currents in the neighbourhood.

There are twenty of these equations in all, involving twenty variable quantities.

(19) I then express in terms of these quantities the intrinsic energy of the Electromagnetic Field as depending partly on its magnetic and partly on its electric polarization at every point.

From this I determine the mechanical force acting, 1st, on a moveable conductor carrying an electric current; 2ndly, on a magnetic pole; 3rdly, on an electrified body.

The last result, namely, the mechanical force acting on an electrified body, gives rise to an independent method of electrical measurement founded on its