

# Izgradnja klasične elektrodinamike



# Elektricitet i magnetizam do 19 stoljeća

## Magnetizam

P.Peregrinus, pokus

W.Gilbert, 1600.g., De magnete

## Elektricitet

Von Guericke, elektrostatički stroj

Boyle, pokusi o električnim djelovanjima vakumu

Newton, motri preskakanje električne iskre između  
šiljka i naelektriziranog tijela

## *Stephen Gray (1670. – 1736.), član Royal Society*

- 1729.g otkriva vođenje elektriciteta i uočava zadržavanje naboja samo kod izoliranog tijela
- uspoređuje elektricitet s toplinskim fluidom
- dobivanje elektriciteta trenjem

## *Charles du Fay (1698. – 1739.)*

- prva teorija električnih pojava, prvi elektroskop, električna uočava el. privlačenje i odbijanje, el.prirodu groma i munje

*...postoje dvije vrste električnog fluida jednog nazivam elektricitetom stakla, a drugog elektricitetom jantara..*

*O privlačenju i odbijanju električnih tijela, 1733.*

# Istraživanja elektriciteta u 18.st

- razvoj elektrostatičkih strojeva važnih za dobivanje elektriciteta, elektrofora, elektrometra...
- izum kondenzatora - leidenska boca (Ewald von Kleist, 1745.g, Pieter van Musschenbroek 1746)

## *Benjamin Franklin (1706. – 1790.)*

- američki fizičar i političar; *Istrže nebu munju, tiranima žezlo* (epitaf na grobu B. Franklina)

Pokusi i motrenja elektriciteta → uočio i zaključio:

- jednofluidna teorija elektriciteta
- čestična priroda elektriciteta
- objašnjenje munje, pokusi sa šiljkom, konstrukcija gromobrana
- očuvanje naboja
- predlaže ispravljanje “neelektrik-elektrik” u “nevodič-vodič”

## Franz Aepinus

– proširio Franklinovu teoriju na magnetske pojave

*Ispitivanje teorije elektriciteta i magnetizma, 1759.g.*

– otkrio piroelektrični efekt turmalina, opisivao el. influenciju

*...uzrok električnih i magnetskih pojava je sličan...*

## John Canton

- pokusi iz elektriciteta, među prvima opisao el. influenciju 1754.

*...rezultati pokusa proturječe Franklinovoj jednofluidnoj teoriji*

## Robert Symmer

- 1759.g. predlaže dualnu teoriju elektriciteta, dvije vrste naboja

## Joseph Priestley

- pokusi iz elektriciteta, knjiga *Povijest elektriciteta*, 1767.g.

*..električno međudjelovanje opada s kvadratom udaljenosti..*

**Lord Cavendish** (nije objavljivao, radove objavio Maxwell)

*..električno međudjelovanje opada s udaljenošću s potencijom  $2 \pm 0.02$*



# *Charles Augustin de Coulomb* *Paris (1736. – 1806.)*

Vojni inženjer, član Pariške akademije

- konstruirao osjetljivu torzijsku vagu i otkrio zakon torzije
- torzijskom vagom mjerio električnu silu (mjeranjem kutova torzije nakon nabijanja kuglica jednakim količinama naboja)

## Prvi rad 1785.g. **Coulombov zakon - vrijedi za točkaste naboje**

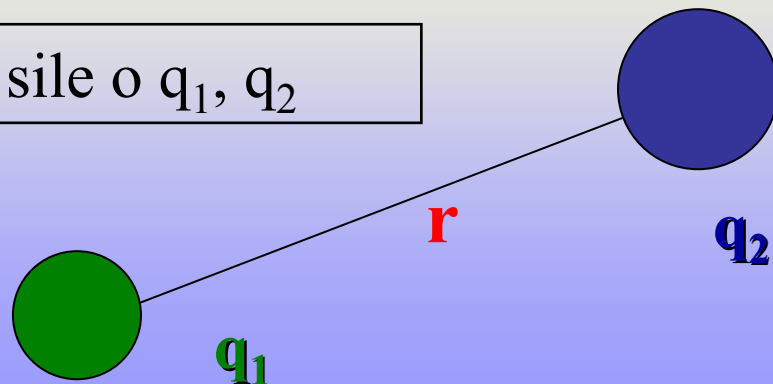
Rezultati pokusa

F opada s  $r^2$

Empirijski zakon

ovisnost sile o  $q_1, q_2$

Nije provjeravao (smatrao da vrijedi analogija s gravitacijskom silom)







***Luigi Galvani, profesor anatomije,  
Bologna (1737. – 1798.)***

*- Rasprava o utjecaju elektriciteta  
na gibanje mišića, 1791. g.*

*- Utemeljitelj elektrofiziologije*

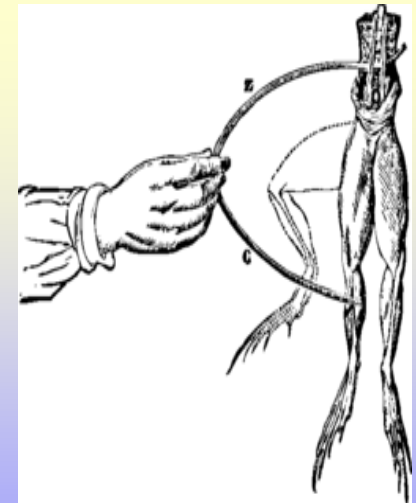
*...električni stroj, metalni nož, kraci...*

*.. ako je nož stakleni ne dolazi do grčenja..*

*.. za neke metale grčenje je jače,  
za druge slabije ..*

*.. to nas je začudilo i navelo na zaključak da je  
Elektricitet možda prisutan u samoj žabi..*

*...žablji krak posjeduje životinjski elektricitet..*





## *Alessandro Volta* *Como (1745. – 1825.)*

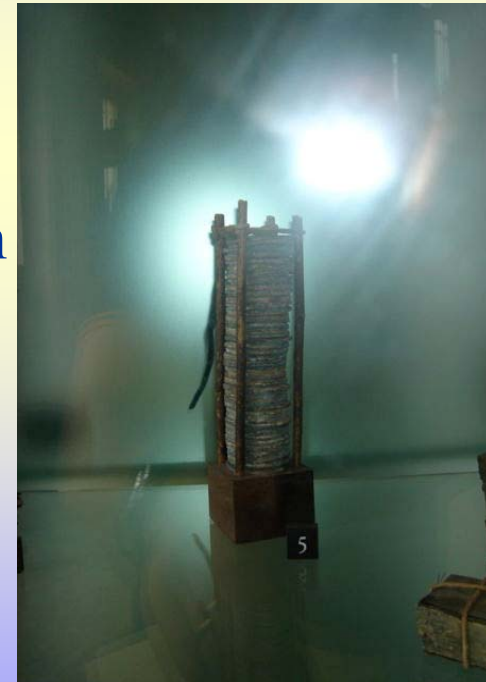
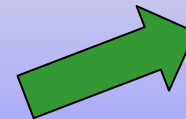
- 1769. g. rad o leidenskoj boci
- od 1774. g. nastavnik u školi
- konstrukcija uređaja

*Autor pojmova  
zatvoreni strujni krug  
galvanska struja  
napon*

- ponovio Galvanijeve pokuse i shvatio da ne postoji *životinjski elektricitet* nego je žaba *životinjski elektroskop* → prepirka s Galvanijem

- 1799.g. načinio **prvi izvor električne struje** - elektrode Cu, Zn, elektrolit: otopina  $H_2SO_4$

- Baterija članaka → izvori u seriji  
→ **Voltnin stup** (u Voltinom muzeju u Comou)







## *Hans Christian Ørsted* *Copenhagen, (1777. – 1851.)*

- Knjiga: *Pokusi koji se odnose na djelovanje električnog konflikta (struje) na magnetnu iglu*
- Otkriće iz 1820.g.

### *Posljedice Ørstedovog otkrića:*

#### **Johann Schweigger**

- Ørstedov pokus sa zavojnicom, konstrukcija galvanomentra

#### **Johann Christoff Poggendorff**

- usavršio galvanometar

#### **Thomas Johann Seebeck**

- otkriće termoelektriciteta, 1821.g. Seebeckov efekt: pojava struje na zagrijanom spojišu različitih metala

## Jean Charles Peltier

Peltierov efekt: ako je el. krug sastavljen od dva različita metala na jednom se spojištu razvija toplina, na drugom apsorbira

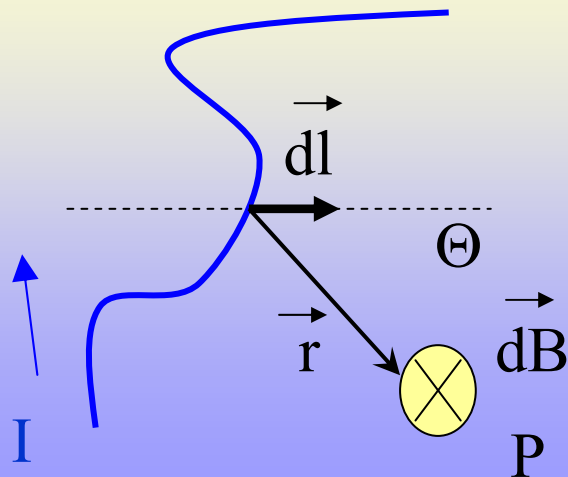
## W.Thompson

Teorija termoelektriciteta, 1878.g.

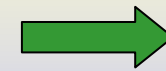
## Jean-Baptiste Biot i Felix Savart

Eksperimentalno otkrili zakon za jakost magnetske indukcije oko ravnog vodiča, matematički oblikovao Laplace (Laplace – Biot-Savart)

### *Biot-Savartov zakon*



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$



$$\vec{B} = \int d\vec{B}$$

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{dl \sin \Theta}{r^2}$$



## *Andre Marie Ampere (1775. – 1836.)*

➤ **Ampereov zakon** - uzajamno djelovanje paralelnih električnih struja  
*...zavojnica “pod strujom” ponaša se kao magnet*

- Definiira (tehnički) smjer struje u krugu
- Uveo u uporabu naziv galvanometar
- Otac ideje telegrafa

- **Tvorac pojmova**
  - elektrodinamika
  - električna struja
  - električni strujni krug

## *Georg Simon Ohm (1787. – 1854.)*

➤ *Galvanski krug razrađen matematički, 1827.g.*

- **Uveo pojmove**
  - elektromotorna sila
  - pad napona
  - električna vodljivost

- Prvi izmjerio elektromotornu silu izvora struje 1830.g.





## *Michael Faraday (1791. – 1867.)*

“Pepeljuga znanosti” .. od knjigoveže do genija pokusa..

*..želim pretvoriti magnetizam u elektricitet...*

(iz dnevnika M.F. 1822.g.)

- Otkrio zakon elektromagnetne indukcije
- Otkrio zakone elektrolize
- Utemeljio ideju elektromagnetnih valova
- Istražio polarizaciju dielektrika, uveo fizičku veličinu električna permitivnost
- Otkrio (dao nazive) *dijamagnetizam i paramagnetizam*
- Uveo koncept polja
- Konstruirao preteču elektromotora i transformatora
- Knjiga: Eksperimentalna istraživanja elektriciteta

*...svi ti rezultati dokazuju da se inducirane struje javljaju po krugu oko magneta ili osi sile točno tako kako je po krugu raspoređen magnetizam koji nastaje oko električne struje ...*

Elektromagnetnu indukciju otkrio neovisno o Faradeyu Henry 1832.g

# *Faradayev zakon elektromagnetne indukcije, 1831.g.*

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Elektromotorni napon

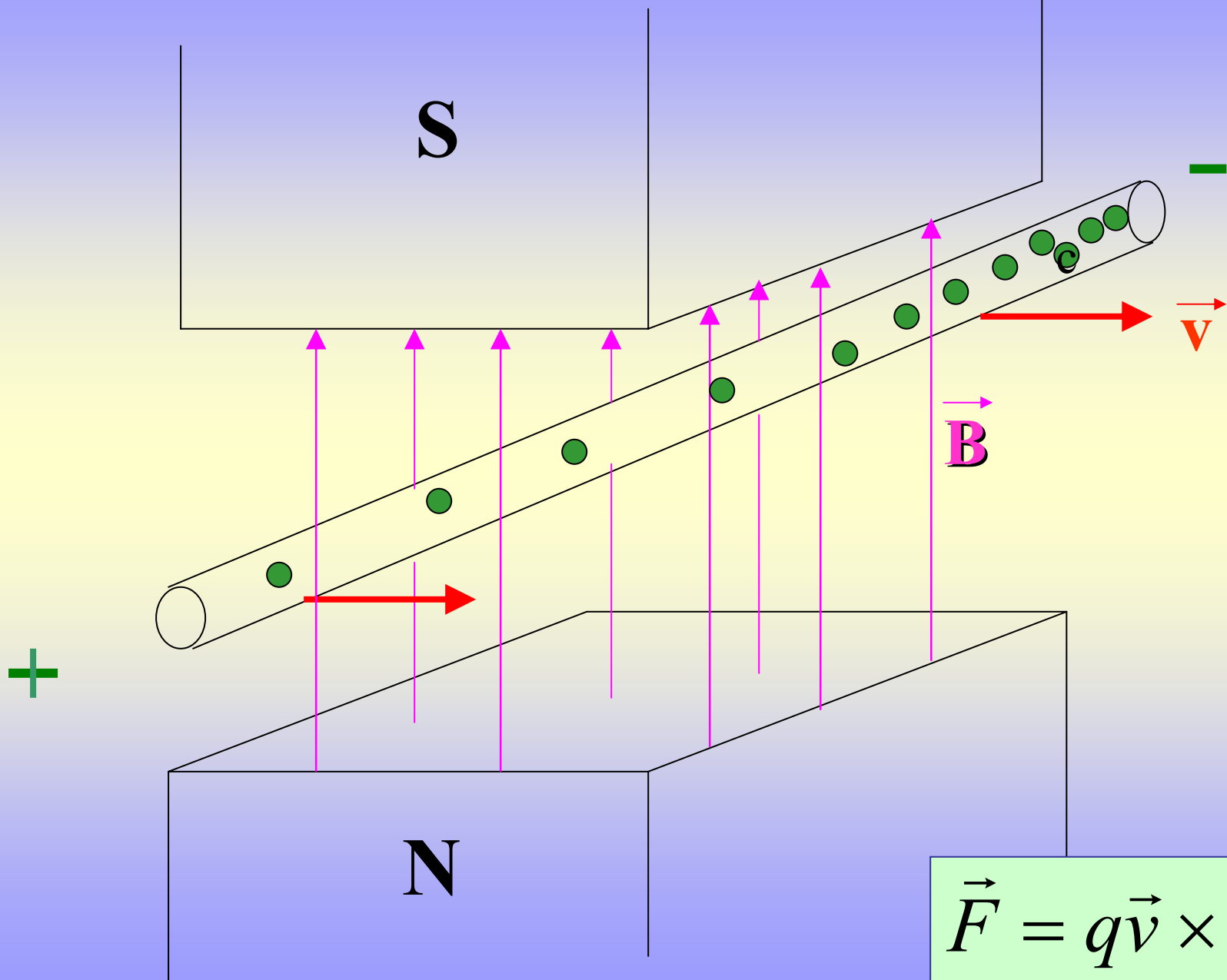
$$\varepsilon = \int \vec{E} d\vec{l}$$

Tok magnetnog polja

$$\Phi_B = \int \vec{B} d\vec{S}$$

$$\int \vec{E} d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int \vec{B} d\vec{S}$$

# Tumačenje elektromagnetske indukcije Lorenzovom silom





## *Osnovni koncepti djelovanja*

<b>Na daljinu</b>	<b>Na blizinu - “Princip polja”</b>
...do Faradaya	od 19. st. do danas
<b>Sila djeluje:</b>	
...trenutačno i neposredno	...ne trenutačno, posredstvom polja
naboj $\Leftrightarrow$ naboj	naboj $\Leftrightarrow$ polje $\Leftrightarrow$ naboj
napušten	aktualan

*... polje je sposobnost prostora da bude uznemireno djelovanjem izvora u njemu...*

M.Faraday pod utjecajem filozofije R.Boškovića