

Elektryczność i Magnetyzm

Wykład: Piotr Kossacki

Pokazy: Kacper Oreszczuk, Aleksander Rodek,
Paweł Trautman

Wykład czwarty 5 marca 2020

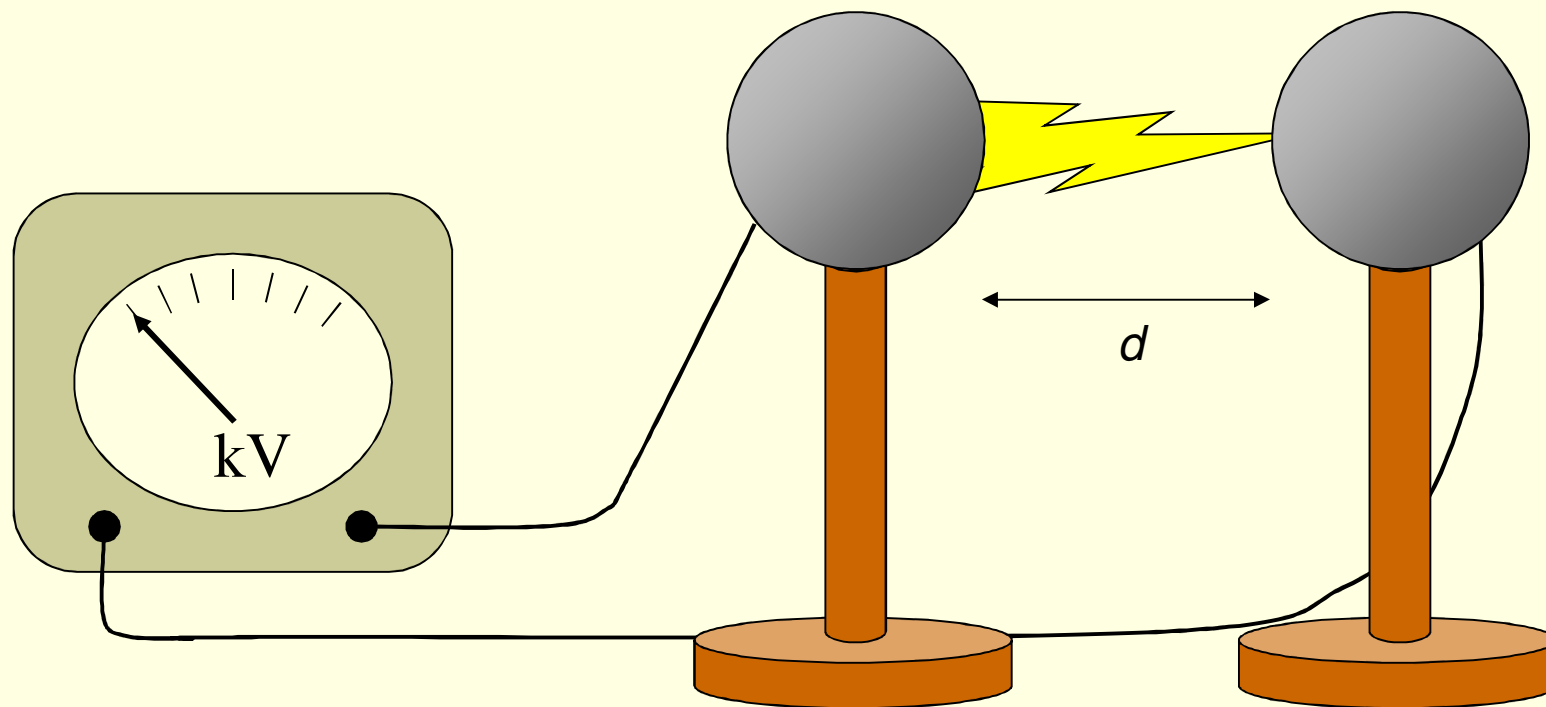
Z poprzedniego wykładu

- Pole potencjału
- Statyczne pole elektryczne i przewodnik
- Elektroskop jako miernik napięcia
- Pomiar wysokich napięć, elektrometry
- Sonda płomieniowa

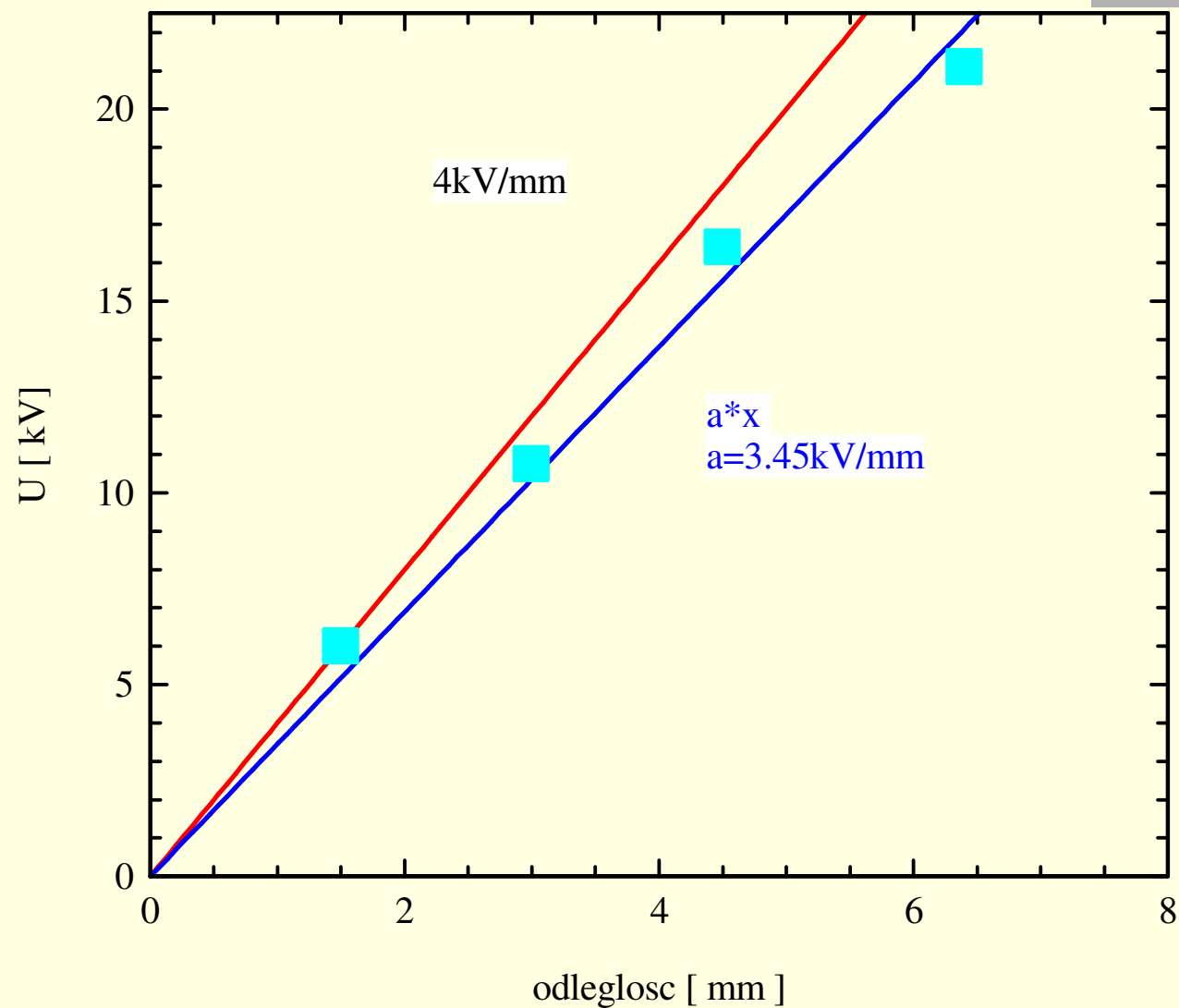
Jaka długa iskra?



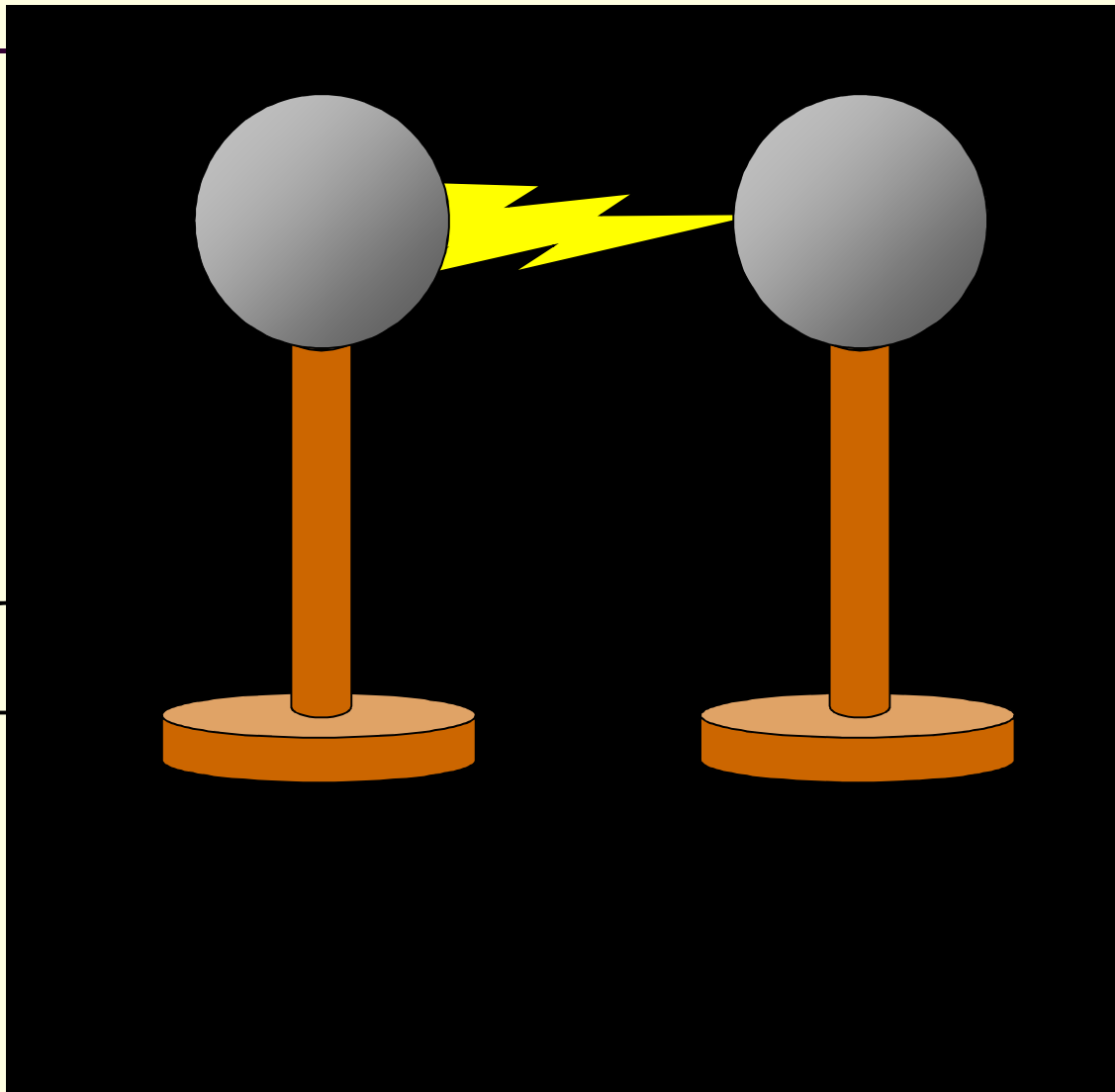
Wyładowanie elektryczne



Wyładowanie elektryczne



Suszarka do włosów i wyładowanie



Wyładowanie elektryczne

- $U_w = f(d)$ wskazuje na zależność od natężenia pola elektrycznego
- W suchym powietrzu w przybliżeniu $\mathcal{E} = 4 \text{ kV/mm}$
- Interpretacja: Rozpędzanie elektronów na długości drogi swobodnej λ do energii jonizacji E_j :
$$e\mathcal{E}\lambda = E_j$$
- Przyjmując $E_j = 1 \text{ eV}$, otrzymujemy
$$\lambda = (E_j/e)/\mathcal{E} = 1 \text{ V}/4 \text{ kV/mm} = 0.25 \text{ }\mu\text{m}$$

Jak zwiększyć krytyczne natężenie pola elektrycznego ?



gaz izolujący,

pozwała zmniejszyć powierzchnię
rozdzielnic średniego i wysokiego
napięcia 10-15 razy

Wyładowanie elektryczne

Sieci wysokiego napięcia AC do
110 kV – 765 kV

Napięcie „bezpieczne”:

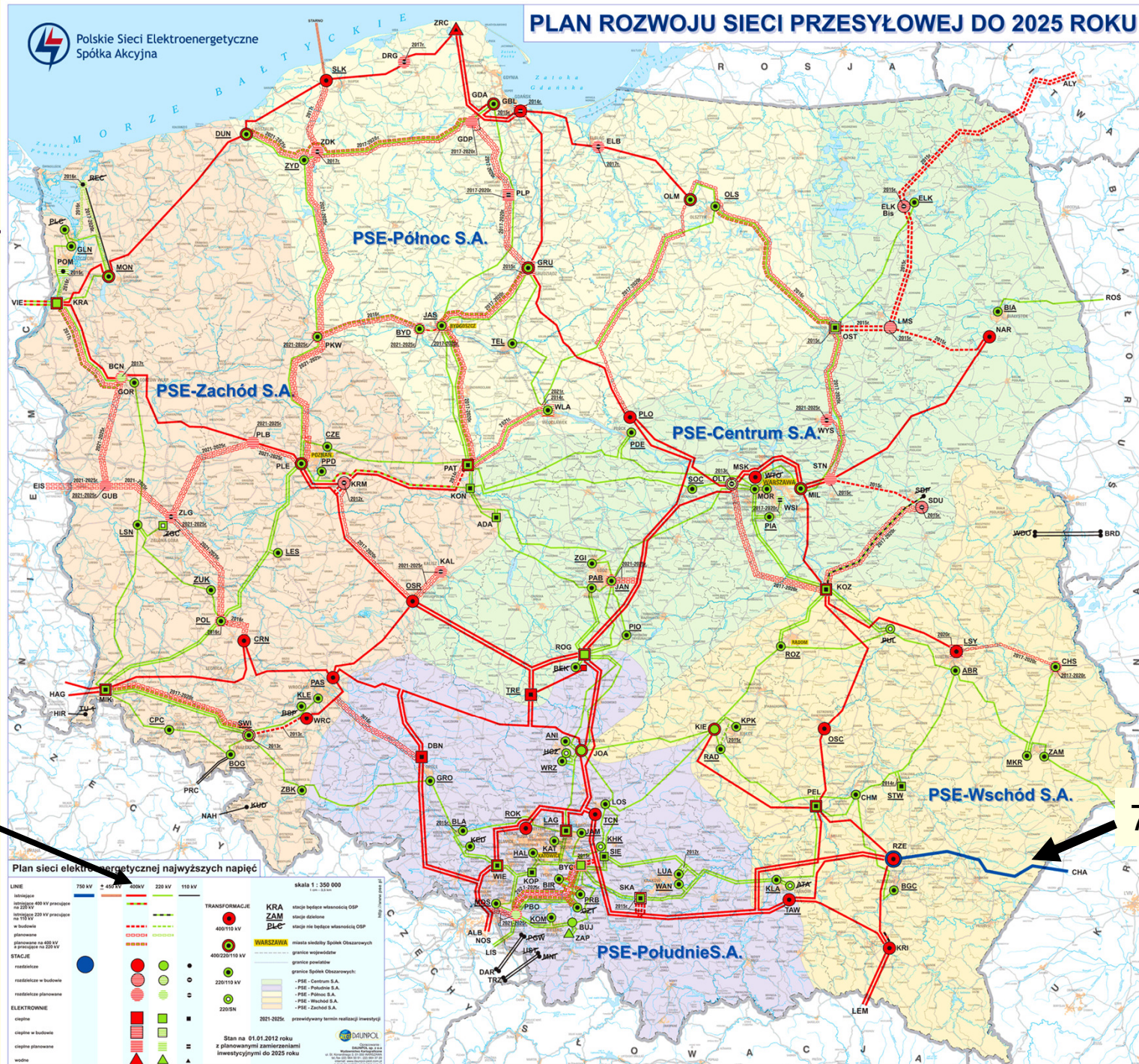
AC 50V

DC 120V

Ale w warunkach wilgotnych / w wodzie:

AC 25V lub 12V

DC 60V lub 30V



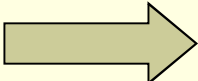
400kV

750kV

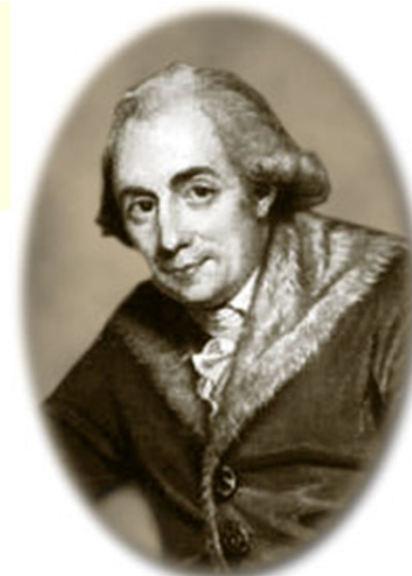
Wyładowanie elektryczne

Sieci wysokiego napięcia AC do
115 kV – 765 kV

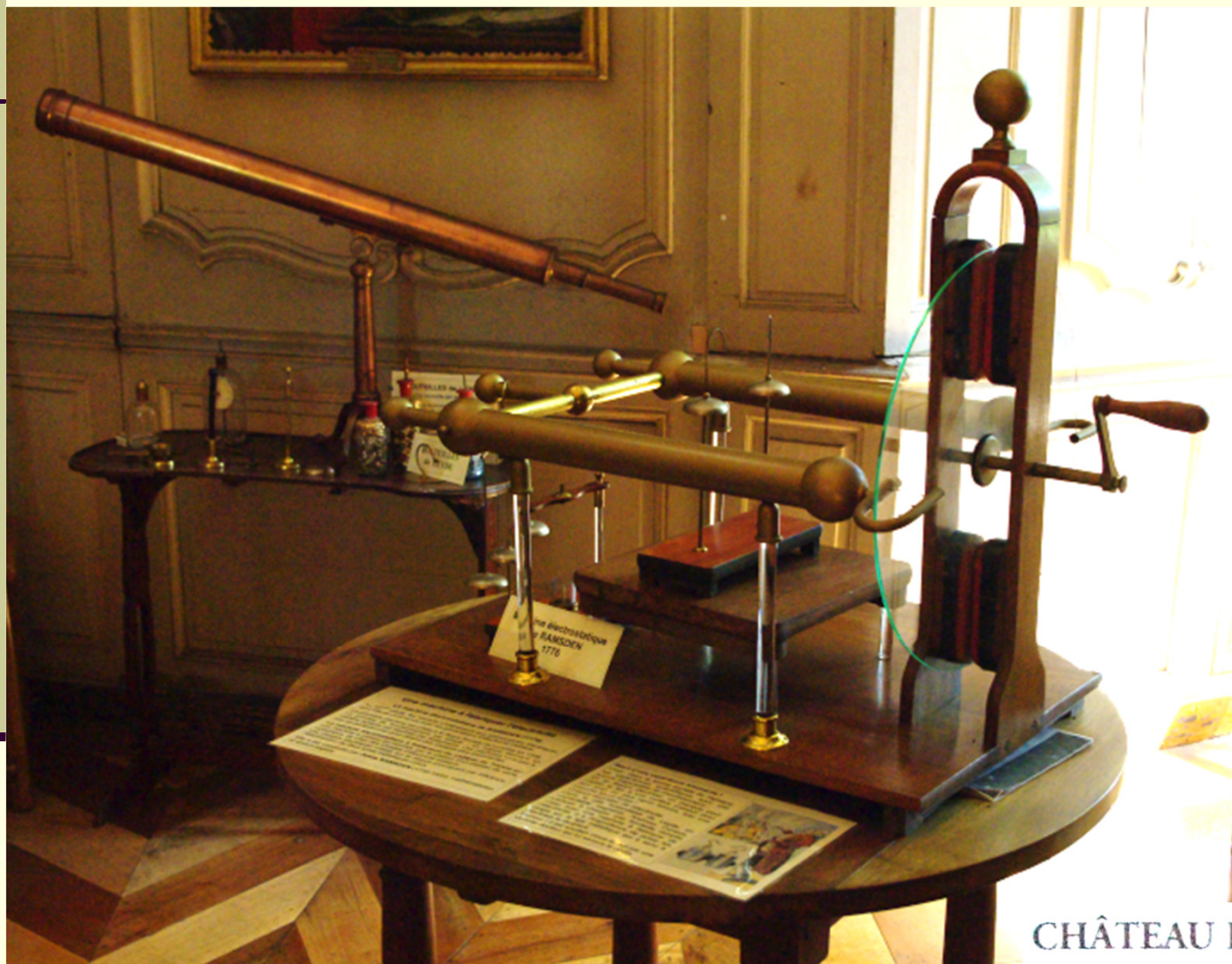
Intel 32nm technology (2010)

1 V  30 kV/mm

Maszyny elektrostatyczne



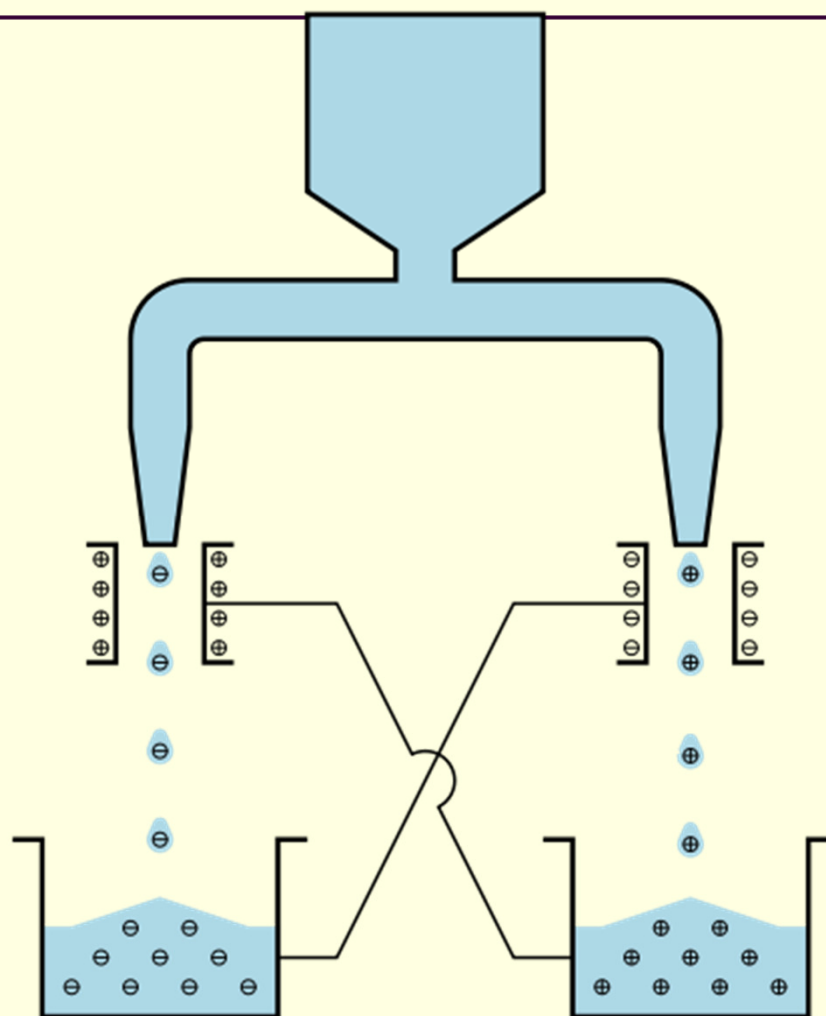
Jesse Ramsden
(1735-1800)



CHÂTEAU DU TOUVET

Jesse Ramsden 1776

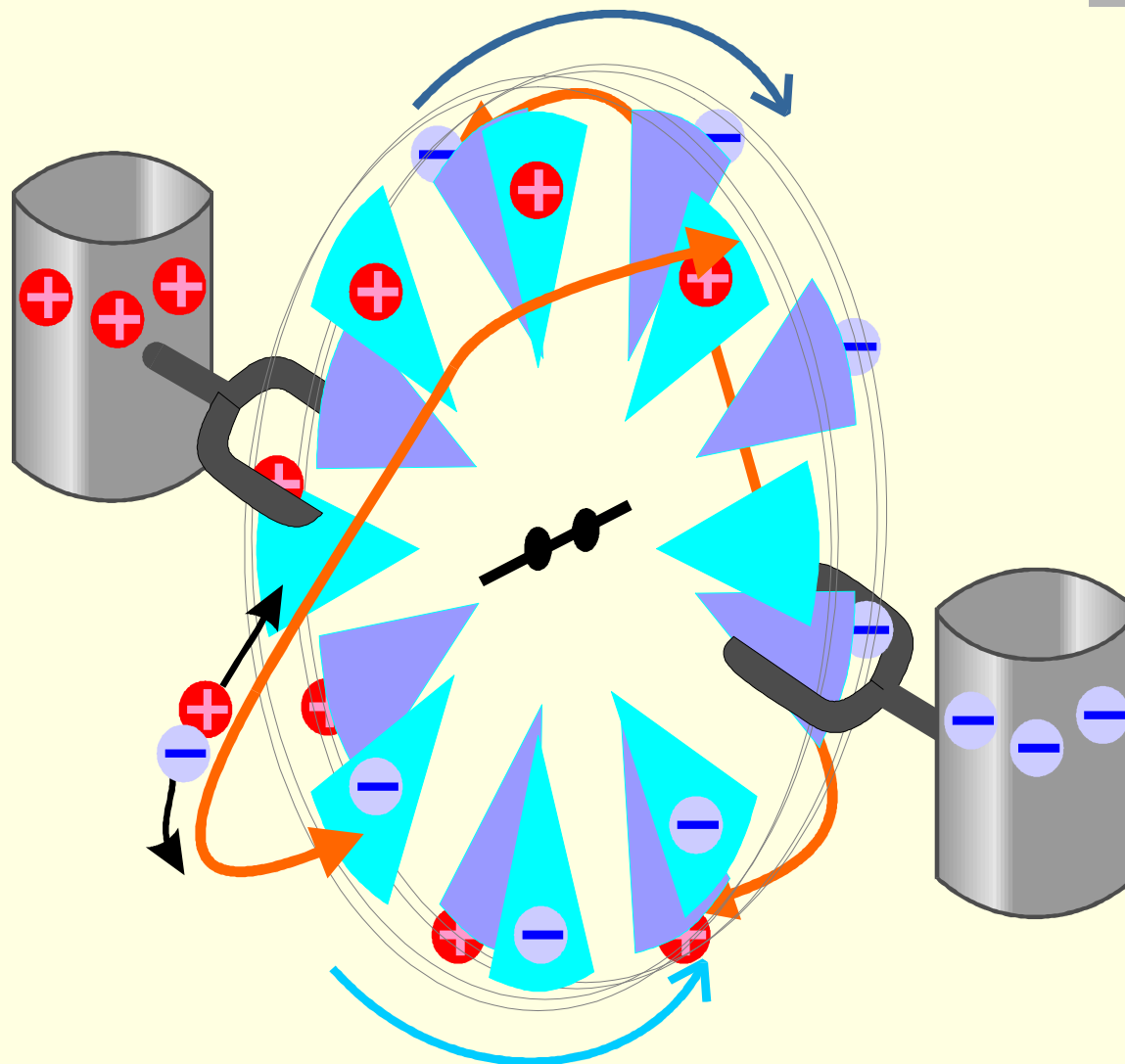
Generator kroplowy Kelvina



Maszyna elektrostatyczna Wimshursta



Jak działa maszyna elektrostatyczna?



Maszyny elektrostatyczne a Sprawa Polska

Cud mniemany, czyli Krakowiacy i górale Wojciech Bogusławski

Odsłona I

(patrzac na elektrykę.)

Oj, ty, ty elektryko, ty jesteś jedyną

Nieszczęścia mego przyczyną!

(...)

Hola! jest cud, cud dobry na takie prostaki.

Mam s sobą elektrykę! użyję jej teraz

Na zdurzenie szaleńców, wszakże nią przed laty

Wiele rozumnych nawet odurzono nieraz,

Nim człowiek, do dzisiejszej podniósł się oświaty.

Sprawa II /Odsłona II BARDOS

(wychodzi na wzgórek i patrzy za nimi.)

Już poszli, próżno, chciałbym przywieść ich do zgody,

Ale ich tak przynajmniej pomięszam, przerażę,

Że może, co zamysłam, z łatwością dokażę.

Przeciągnijmy naprzód drót przez całą drogę,

Jak się nim trąci któren, czy w rękę, czy w nogę,

Uderzony iskierką ognia elektryki,

Upadnie gdyby mucha,

(stawia elektrykę)

poczekajcie, smyki!

Nauczę ja was lepiej szanować naukę,

Jak wam nosy przypiekę i żebra potłukę.

Ale gdzież się tu schować, ażeby machinę

Z bezpieczeństwem ustawić, tutaj w tę krzewinę;

Właśnie ten pniaczek bardzo mi będzie wygodny,

Bo w nim dobrze zakryję całe me działanie,

A żaden mnie tu z dołu pałką nie dostanie,

(schodzi po drut na dół i rościaga go przez całą drogę.)

Otóż to będzie teraz, sposób wcale modny

Toczenia wojny. Czemuż mój drut przez świat cały

Nie jest dziś przeciągniony by wstrzymał potoki

Krwi ludzkiej?

(wychodzi na wzgórek z końcem druta.)

Jestem, jako profesor w katedrze wysokiej,

Dam ja wam tu lekcję, zawzięte cymbały!

Ale cicho, już hałas z daleka powstaje,

Zaczynamy robotę.

(pompuje mocno machinę, słysząc głosy wrzeszczące)

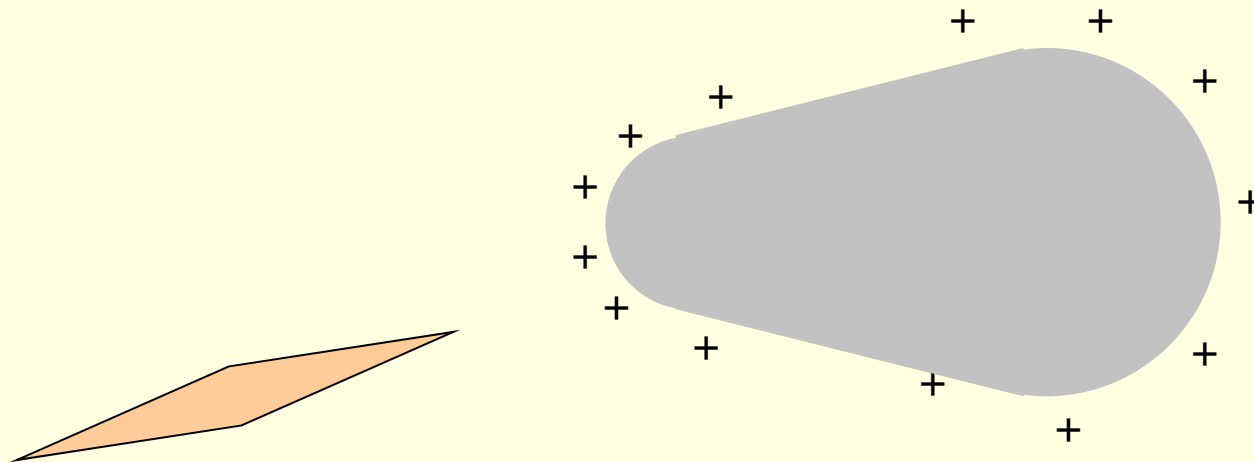
Ha, łotry, hultaje!

Gońcie! gońcie!

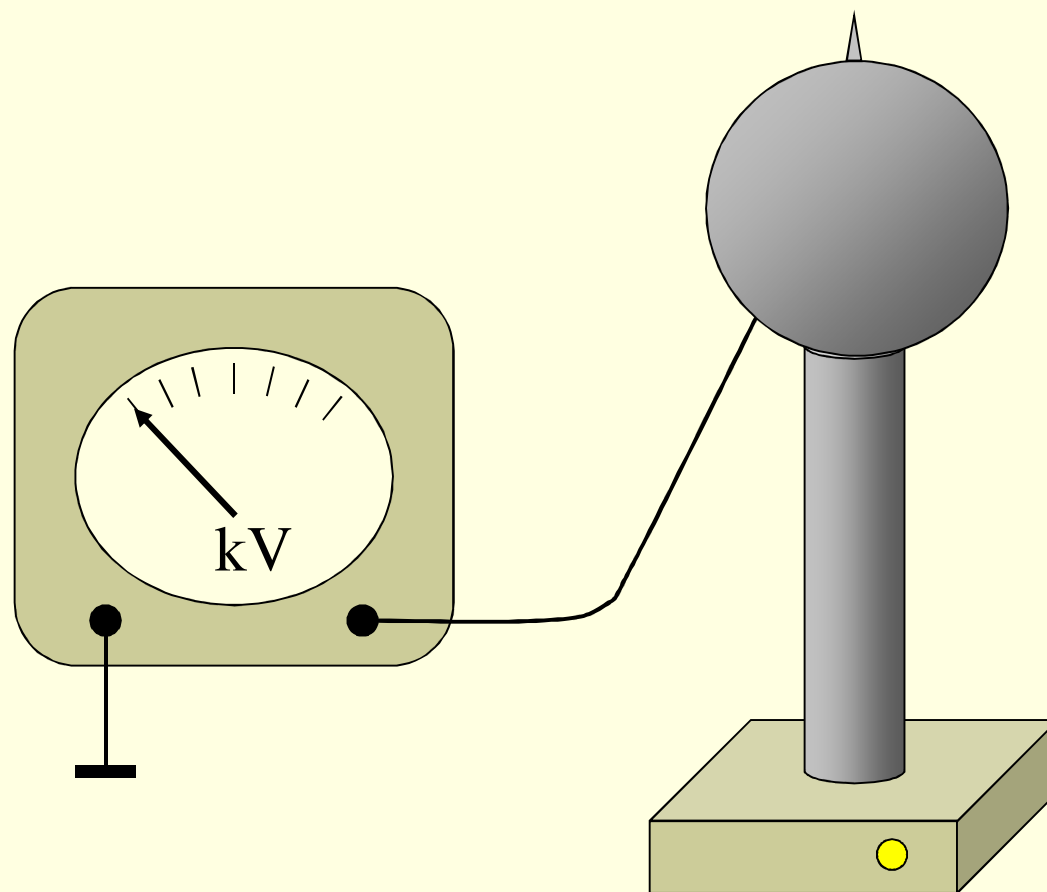
(Bardos ukrywa się lepiej na wzgórek.)

Natężenie pola w pobliżu powierzchni przewodnika

- Zależy od krzywizny powierzchni przewodnika



Rola ostrza



Ognie Św.Elma

wyladowanie koronowe,

piorunochron aktywny
(Benjamin Franklin)

NA PIORUNOCHRON UMIESZCZONY NA ZAMKU
WARSZAWSKIM

...A na koniec, aby
Gdy się wichry zawezmą i srogie łaskoty,
Rażąc poziome twory ognistymi groty,
Gmach ten nowotną sztuką bojaźni pozbawił,
Powietrznego ku straży przewodnika stawił.
Tak mówiąc, Wieczny Twórco, którego rozkazem
I niebo się, i ziemia niskim ściele płazem,
I morze rozigrane, a groźnym skinieniem
Pierzcha wszelka przeciwność przed ludzkim plemieniem,
Osłoń twym nieprzebitym puklerzem te domy
I ojczyznę, troiste uchylając gromy.

Adam Naruszewicz



'ST. ELMO'S FIRE' ON MASTS OF SHIP AT SEA.

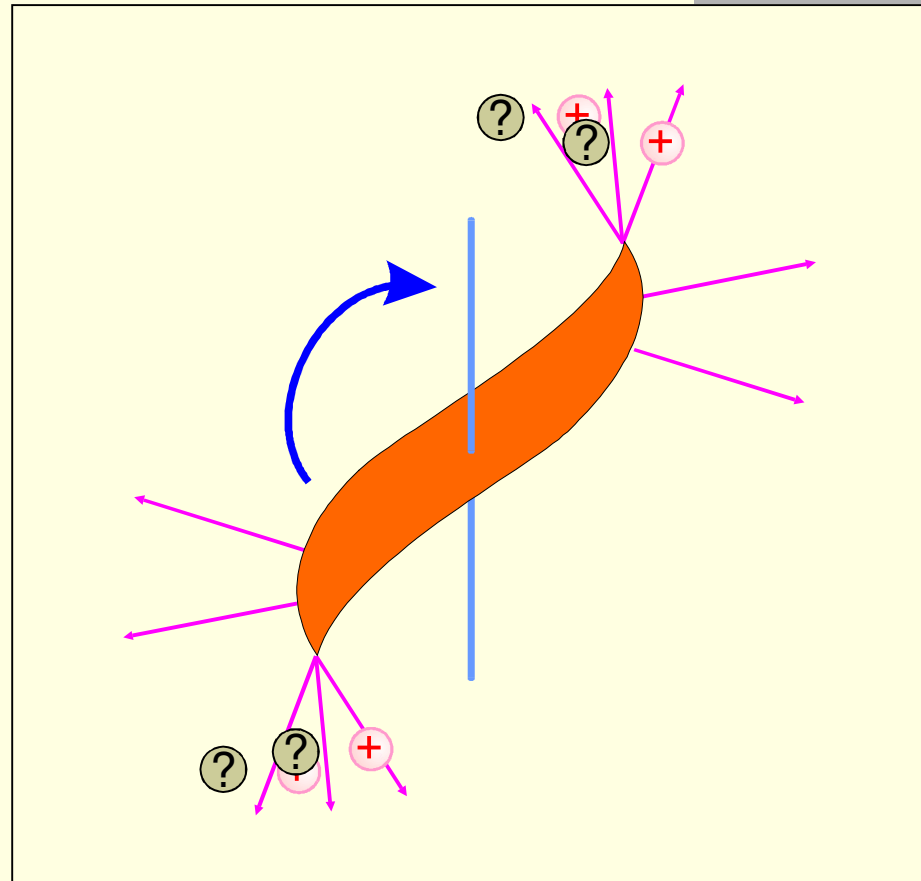
Młyneczek Franklina

Jaki znak ładunku?

Od czego łatwiej się odepchnąć?

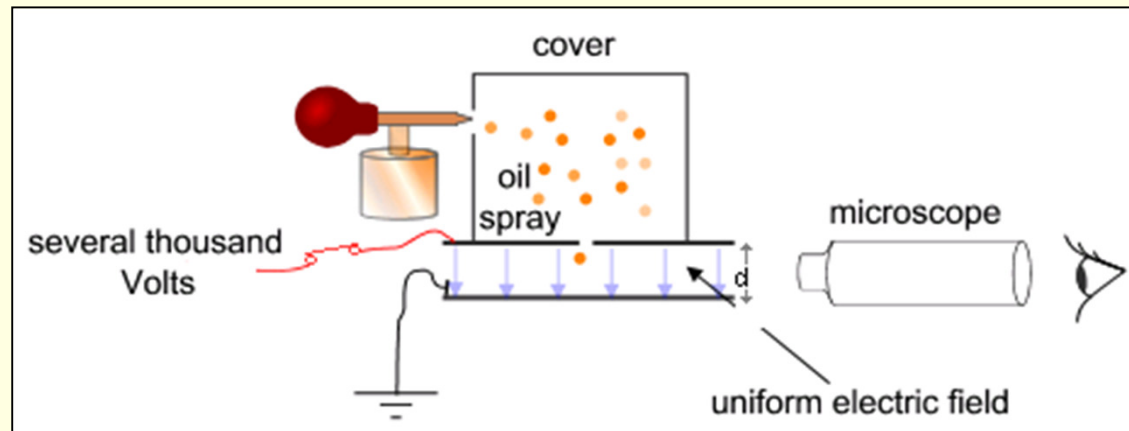
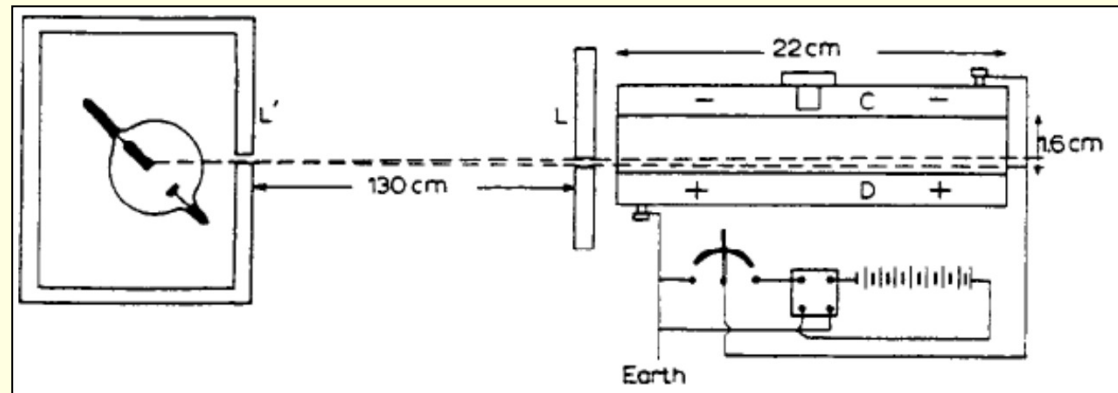
$$p = \sqrt{2mE}$$

Masa protonu 2 tysiące razy większa od masy elektronu!



Młyneczek Franklina - model silnika elektrycznego (jonowego)

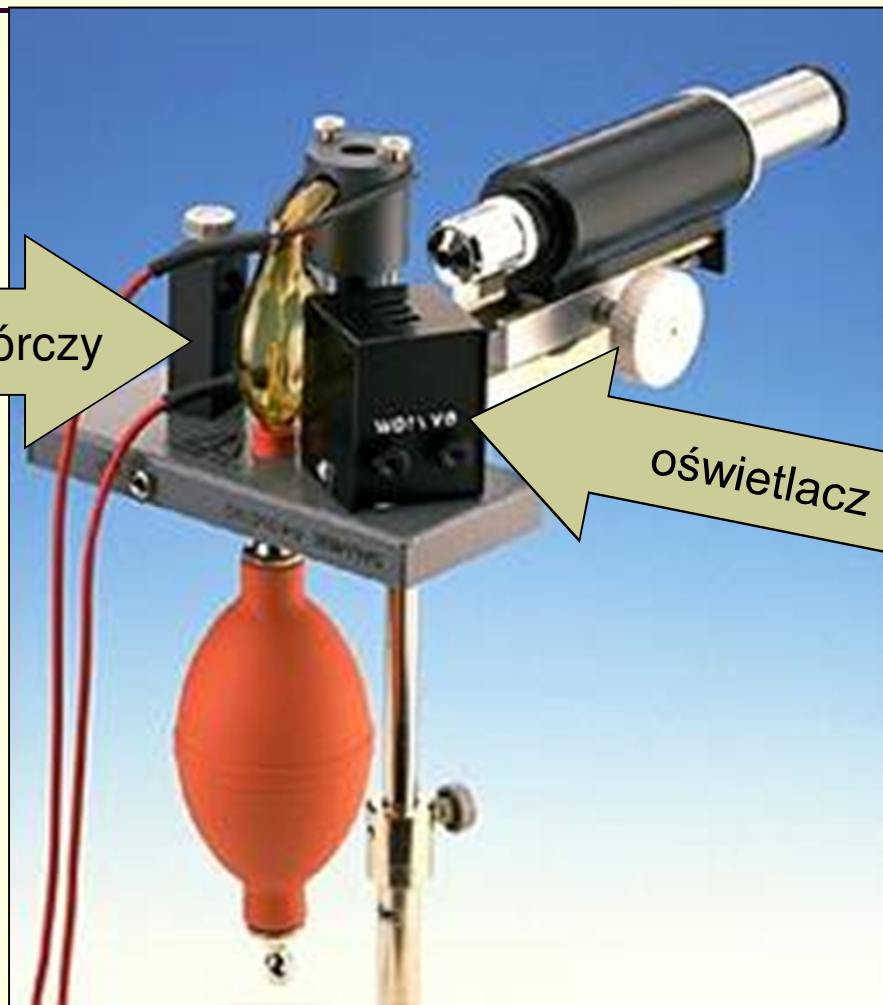
R.A. Millikan, Nobel 1923



Doświadczenie Millikana

Preparat promieniotwórczy

oświetlacz



Doświadczenie Millikana: procedura

1. Spadek kropli oleju z oporem powietrza, pomiar prędkości $v_{\downarrow}$
2. Ruch w górę w polu elektrycznym, pomiar prędkości $v_{\uparrow}$
3. Obliczenia

Doświadczenie Millikana: rachunek

$$W = 6\pi r \eta v_{\downarrow} \quad q \frac{U}{d} - W = 6\pi r \eta v_{\uparrow} \quad W = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho_{oil} - \rho_{air}) g$$

Lepkość powietrza $\eta = 1.8 \times 10^{-5} \text{ N s/m}^2$

Rozwiązując powyższe równania na W , r i q otrzymujemy

$$q = \frac{6\pi d}{U} \sqrt{\frac{9\eta^3}{2g(\rho_{oil} - \rho_{air})}} (v_{\downarrow} + v_{\uparrow}) \sqrt{v_{\downarrow}}$$

Rzędy wielkości:

Wynik (w dzisiaj używanych jednostkach): $q = ne$; $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Praca nad eksperymentem

ROBERT A. MILLIKAN

The electron and
experimen

Nobel Lec

The measurement of
it imparts to a given o
observations of the fore
made from a number o
of different gases at w
down to a millimeter a

It involved also years

ities, and in determining just how « Stokes' law » must be modified to yield
the complete law of fall of a particle through a gas at any density whatever.

<i>Time of fall 1.303 cm under gravity (sec)</i>	<i>Time of rise 1.303 cm in field (sec)</i>	<i>Mean times of rise in field (sec)</i>	<i>Divisors for speeds due to field</i>	<i>The elec- tron in terms of a speed</i>
120.8	26.2			
121.0	11.9			
121.2	16.5	67.73	1	3.007
120.1	16.3	26.40	2	3.009
120.2	26.4	16.50	3	2.993
119.8	67.4	11.98	4	3.008
120.1	26.6			
—	16.6			
120.2	16.6			
—	16.4			
120.2	68.0			
119.9	67.8	120.35		
—	26.4			

*Mean time
of fall under
gravity*