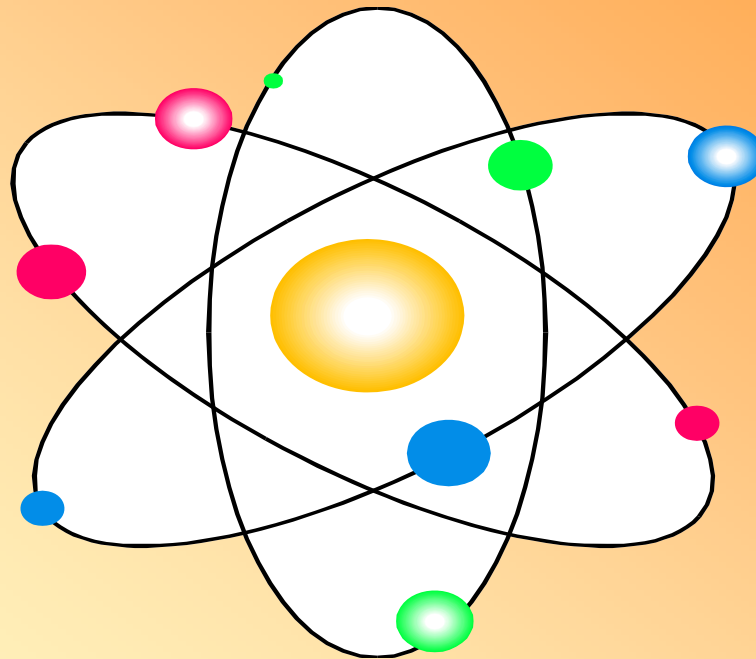


FIZYKA ATOMOWA I CZĄSTECZKOWA



Kamil Fedus, Krzysztof Służewski
Zakład Dydaktyki Fizyki UMK

LITERATURA

Ulceral metoprolol

Obținuturi la Proba scrisă la Fizică

Nowa organizacja strażnicowa, wchodząca do szeregów podległościowych w roku 2015/2016, powstała z fuzji posterunków (3 + 1) = 2. Realizacja zadań przez szereg strażniczą w dwuosobowym składzie, (z wyłączeniem w Nowym Proszowie, gdzie strażnica, W kołomyżach), realizująca według reguł z siedziby wojewódzkiego sądownictwa wysyłając jedynie z pierwszą Mary IV stopnia edukacyjnym.

Z tych powodów byłaby, kiedy Patrowa próbowała, nie jest łatwa. Doremi otrzymał możliwość samą opieką nad z medycyną tomografią komputerową i na pewno udzieli w przyszłości z wykształceniem zawodowym i innych typów rodzaju dalszymi dziedzinami pomysłami. Dzięki z tych perspektyw, przez najbliższe 30 lat, może stać się niepowtarzalną. Sądzimy, oczywiście, nie tylko z powodu z wieloma obywatelami do historii, innych osób, humanistów i pracowników.

[illegible]

Sukces dydaktyczny planowany jako „Początek”, udoświadczony w badaniach dydaktycznych to doświadczenie rozpoczęcia wykładu „Wprowadzenie do nauki o języku” [1, 23]. Był dydaktyczny argumentem dla kursysoznawcy (uczestcy) sem. Podkreślał on planetyzm (tzn. „Początek po-początek” do fizyki wprowadzono) jest metodą dla ucznia (i nauczyciela) argumentu.

Authority
 Townsh. 25:246-250:2

- [1] Hapłucha Iwona, *Wskazywanie spójników w nazwach Npł* – *zjawisko występujące w nazwach Npł*,
Prac. filologiczne, 1915.
- [2] Kozłowska Wiktoria, *Wskazywanie spójników w nazwach Npł* – *zjawisko występujące w nazwach Npł*,
Prac. filologiczne, 1915.

Wszystkie materiały dostępne na stronie: <http://dydaktyka.fizyka.umk.pl>

FIZYKA

WSPÓŁCZESNA

Grzegorz Karwasz
Magdalena Wiecek



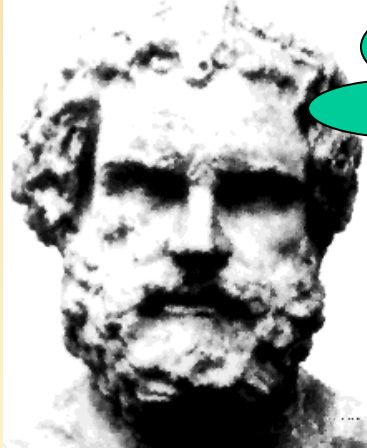
Materiały dydaktyczne

Zakładu Dydaktyki Fizyki UMK



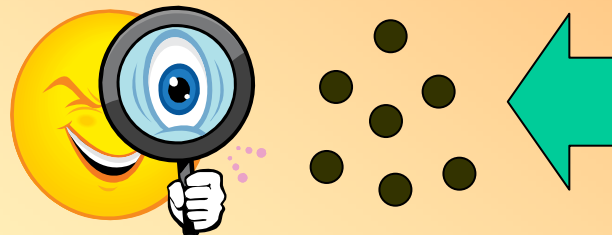
HISTORIA ATOMU

Demokryt



Demokryt

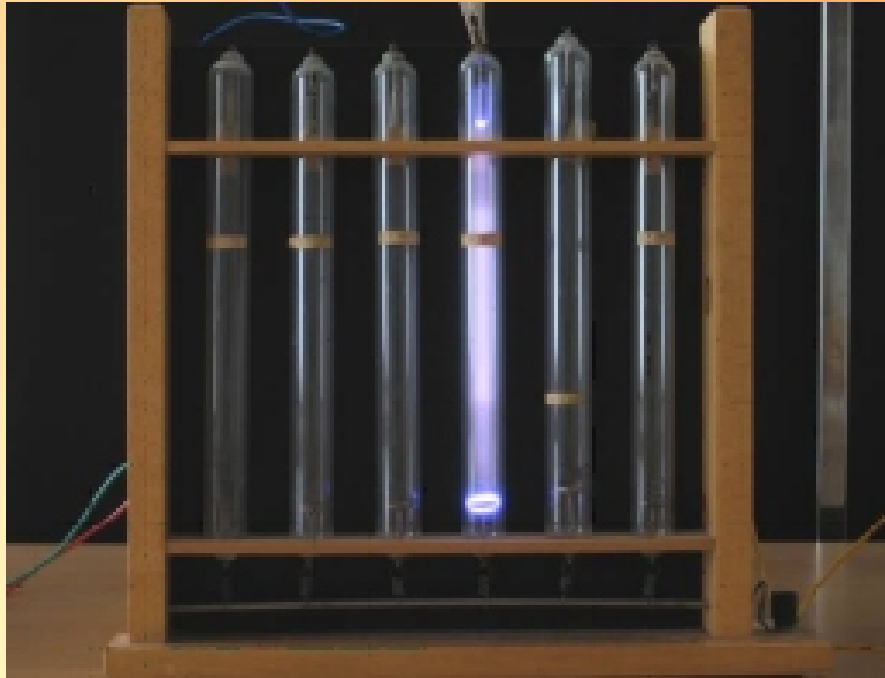
Materia nie jest
nieskończenie podzielna



atomos = „niepodzielny”

Elektrony – pierwsze składniki atomów

Michel Faraday w XIXw. odkrył wyładowania jarzeniowe w rozrzedzonym powietrzu.

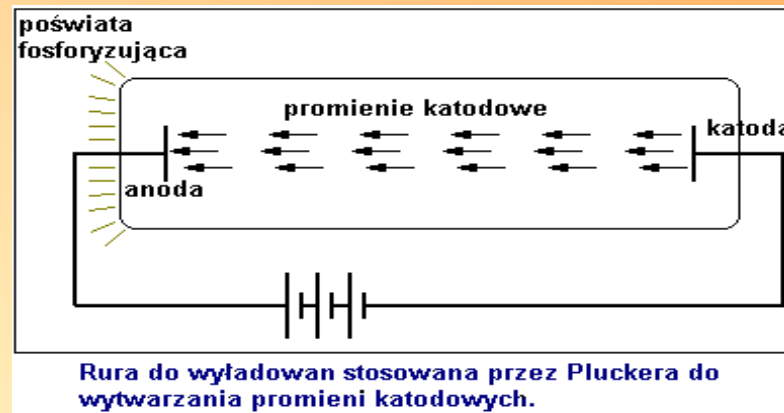


Do zbadania zjawiska wyładowania w gazach rozrzedzonych posługujemy się induktorem Rumkorffa i zestawem rurek, w których znajduje się powietrze pod różnym ciśnieniem.

Elektrony – pierwsze składniki atomów

Promieniowanie katodowe, kanalikowe

Plücker (XIXw.) stwierdził, że w rurkach do wyładowań przy ciśnieniach około miliona razy mniejszych od ciśnienia atmosferycznego, przepływowi prądu elektrycznego przez gaz towarzyszy zielonkawe świecenie rury szklanej, w miejscach naprzeciw ujemnej elektrody - katody.



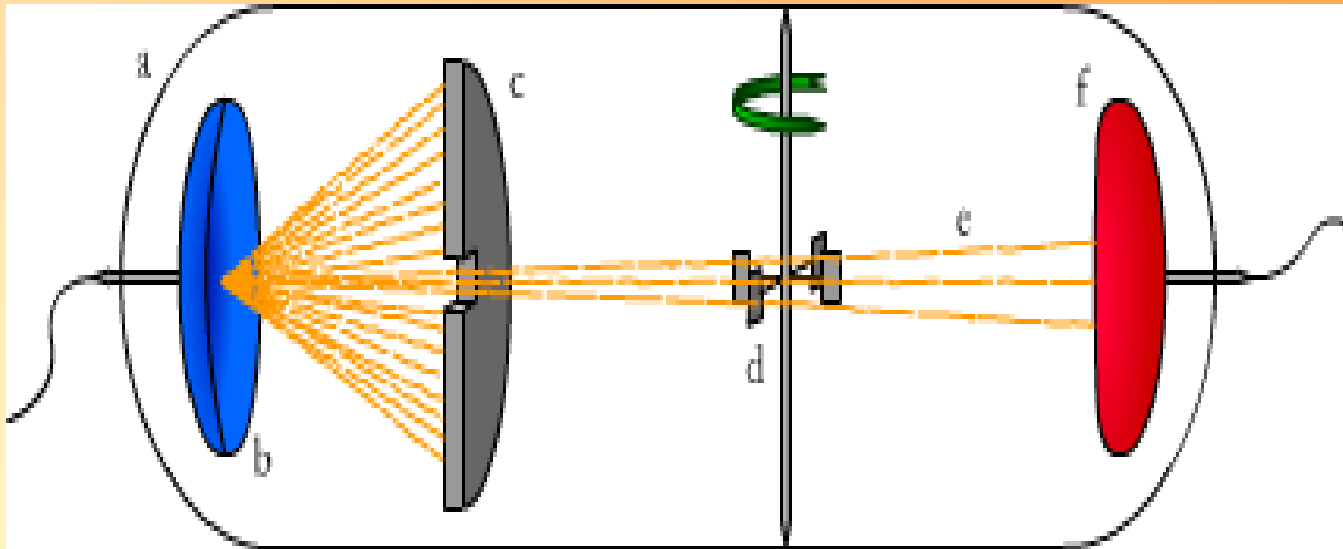
Wyglądało to tak, jakby katoda wysyłała jakieś nieznane promieniowanie, nazwane **promieniowaniem katodowym**.



Rura Crookesa – promienie katodowe pozostawia "cień" na szerszym końcu rury = poruszają się po linii prostej.

Elektrony – pierwsze składniki atomów

Promieniowanie katodowe przekazuje energię i pęd

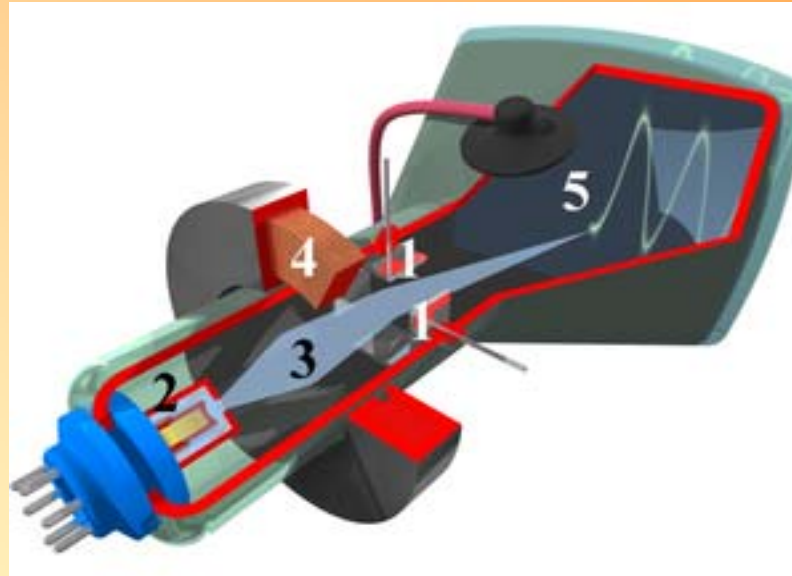


Obracanie wiatraczka promieniami katodowymi: (a) szklana rurka, (b) katoda, (c) przesłona, (d) wiatraczek, (e) promienie katodowe, (f) anoda

Elektrony – pierwsze składniki atomów

Lampa Brauna

Promieniowaniem katodowe odchylają się pod wpływem pola elektrycznego i magnetycznego



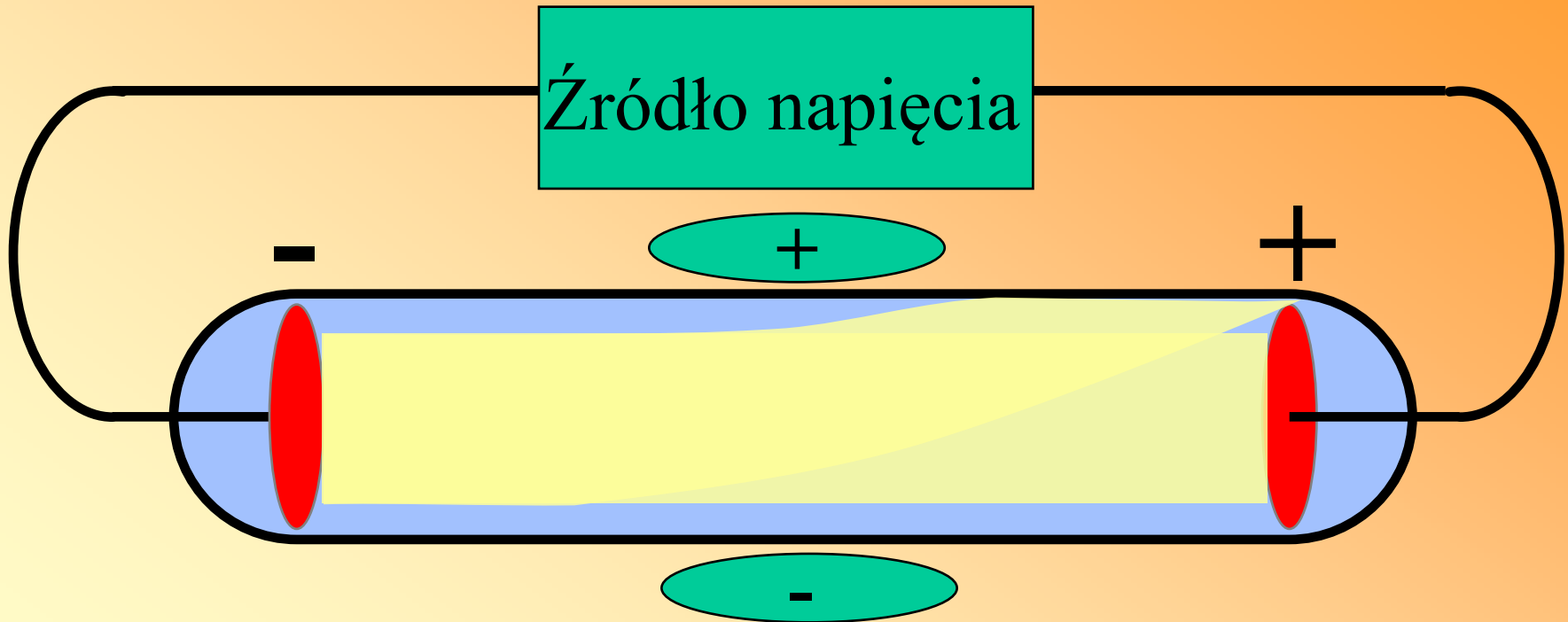
Schemat budowy lampy oscyloskopowej:

1. Elektrody odchylające
2. Działo elektronowe
3. Wiązka elektronów
4. Cewka skupiająca
5. Pokryta luminoforem wewnętrzna strona lampy

HISTORIA ATOMU

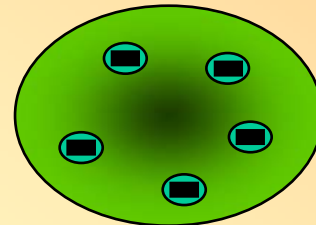
Model Thomsona (1896) – odkrycie elektronu

Rura z rozrzedzonym gazem służącą do wytwarzania promieni katodowych



Stosunek q/m – niezależny od rodzaju gazu wypełniającego rurę do wyładowań

Promienie katodowe = strumień cząstek

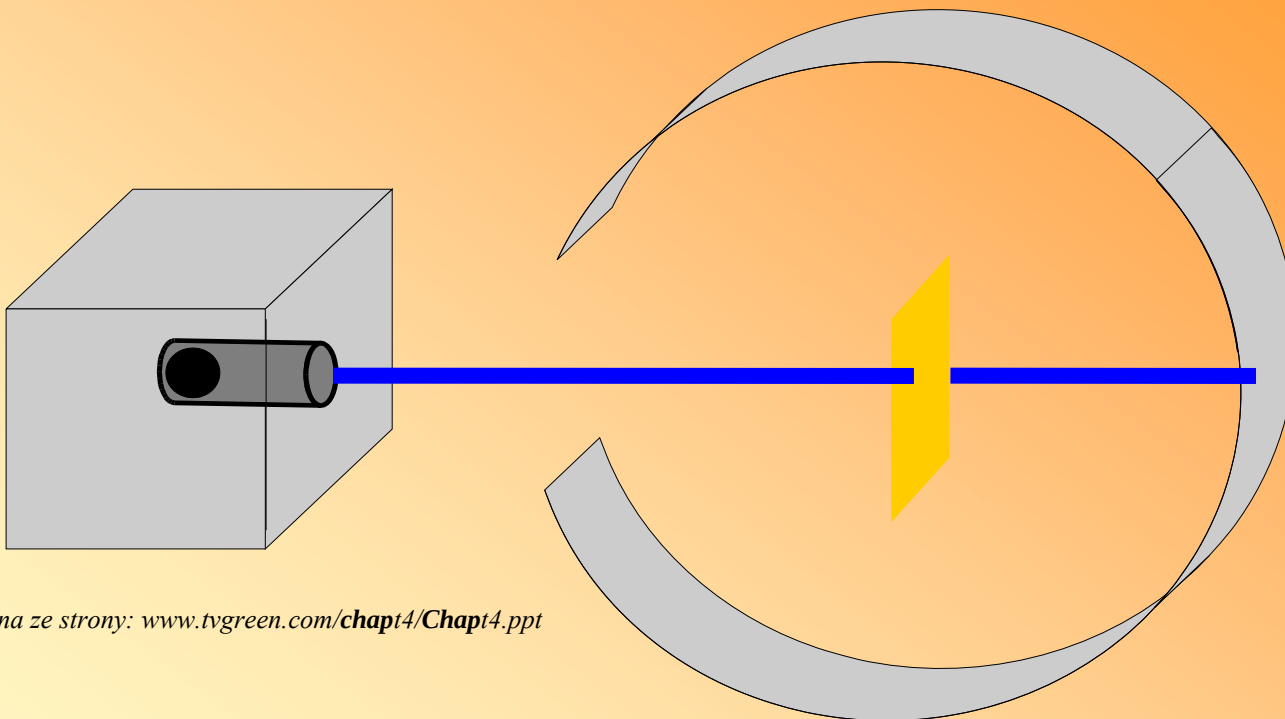


=

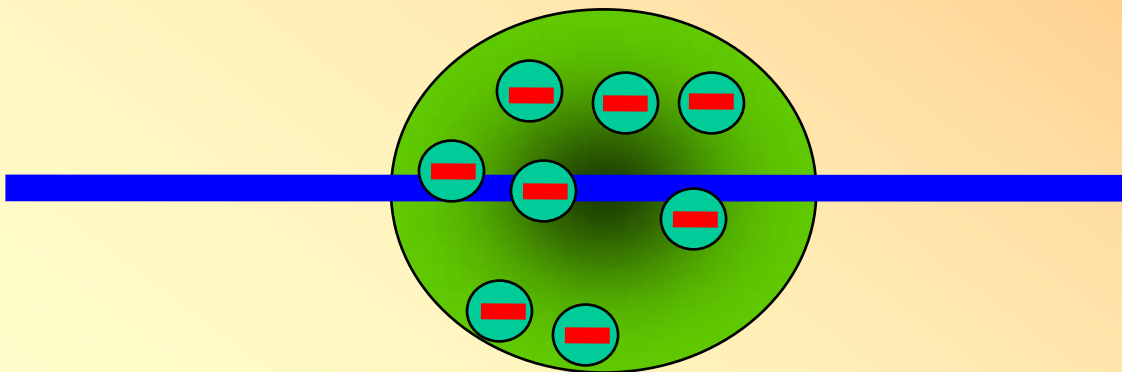


HISTORIA ATOMU

Eksperyment Rutheforda (1909)

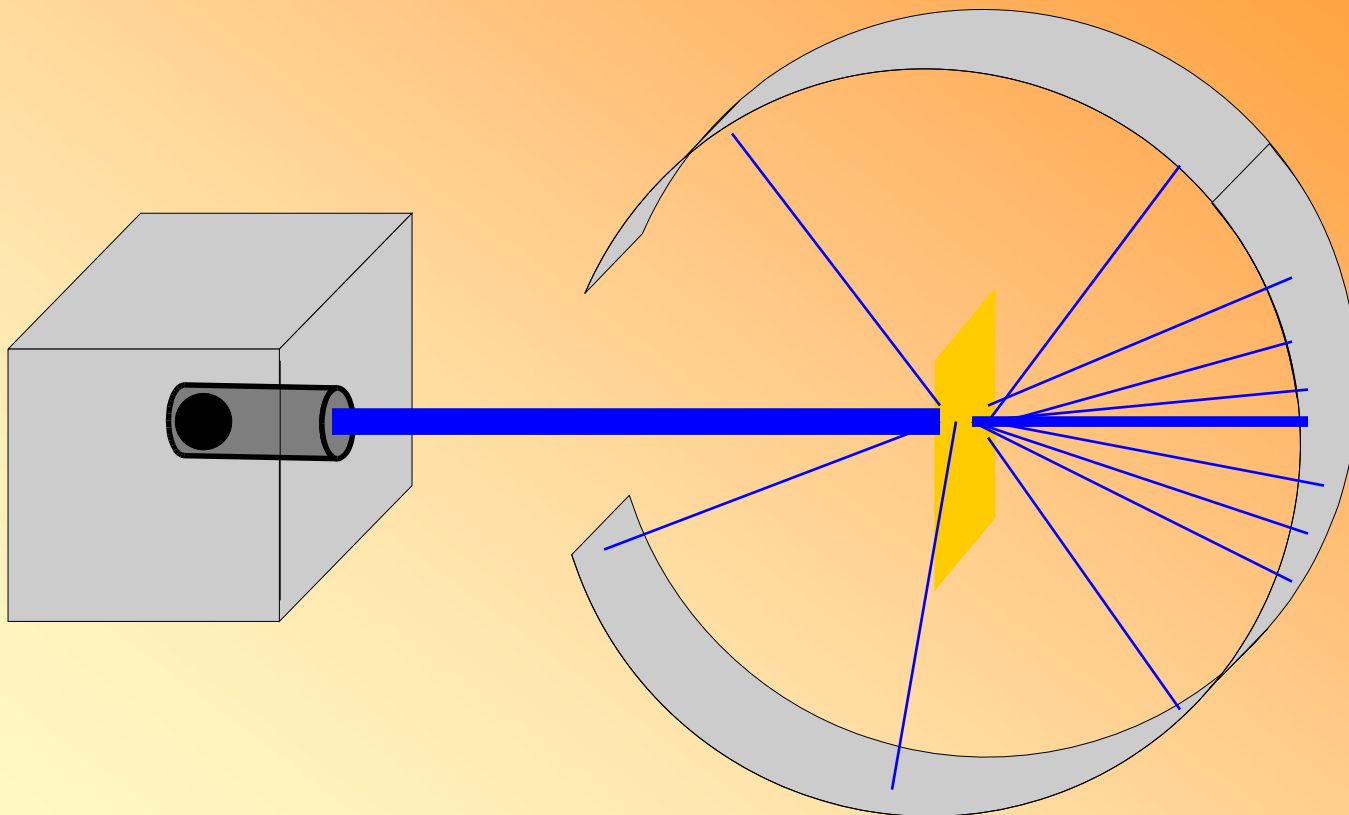


Animacja zapożyczona ze strony: www.tvgreen.com/chapt4/Chapt4.ppt



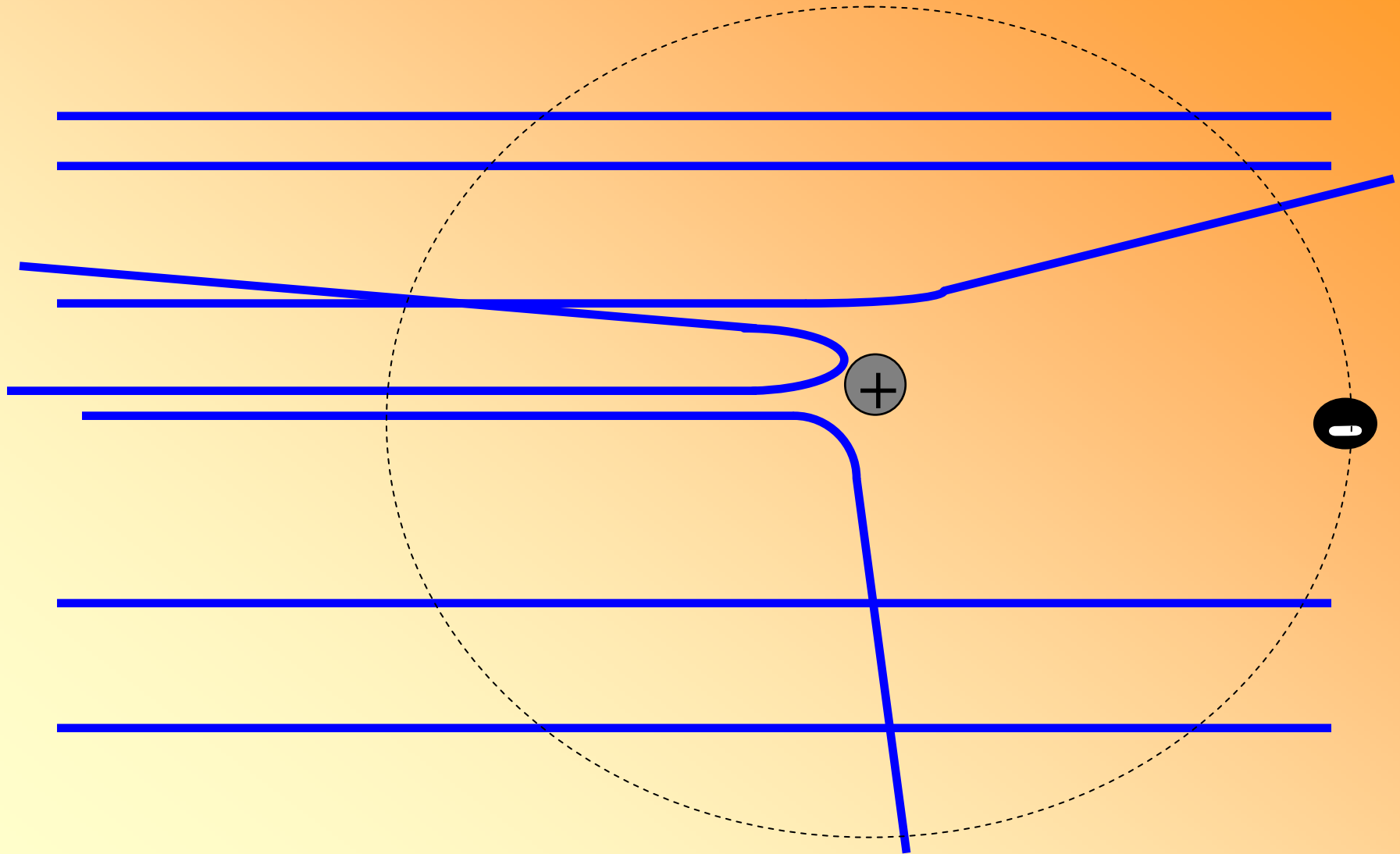
HISTORIA ATOMU

Eksperyment Rutheforda (1909)



HISTORIA ATOMU

Heliocentryczny model Rutheforda (1909)



Symulacje doświadczenia Rutheforda

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/rutherford-scattering>

Rutherford Scattering (1.05)

File Help

Rutherford Atom Plum Pudding Atom

Legend

- electron
- proton
- neutron
- alpha particle

Alpha Particle Properties

Energy:

min max

☒ Show traces

Atom Properties

Number of protons: 100

20 100

Number of neutrons: 66

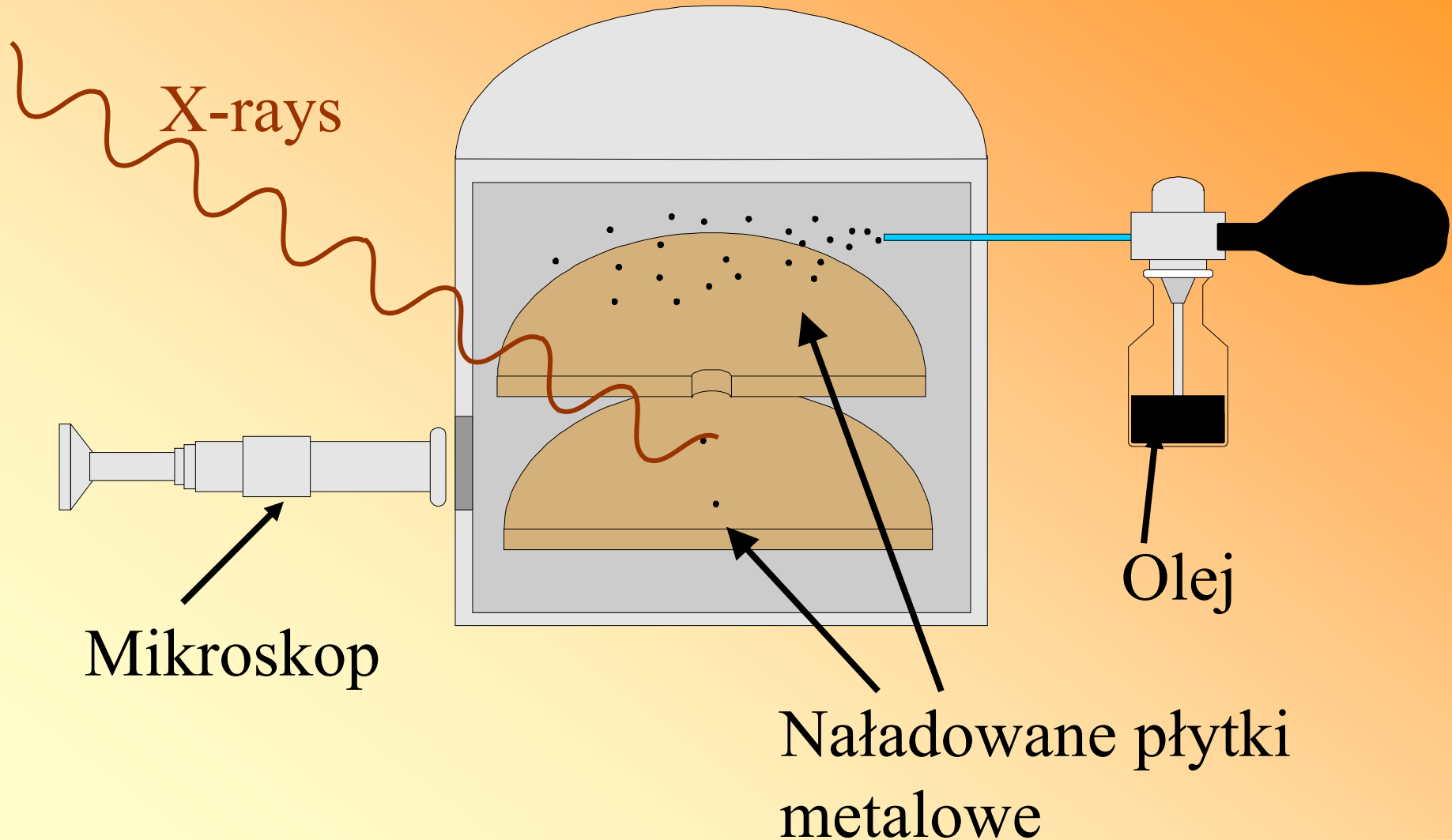
20 150

Reset All

150 fm (nuclear scale)

HISTORIA ATOMU

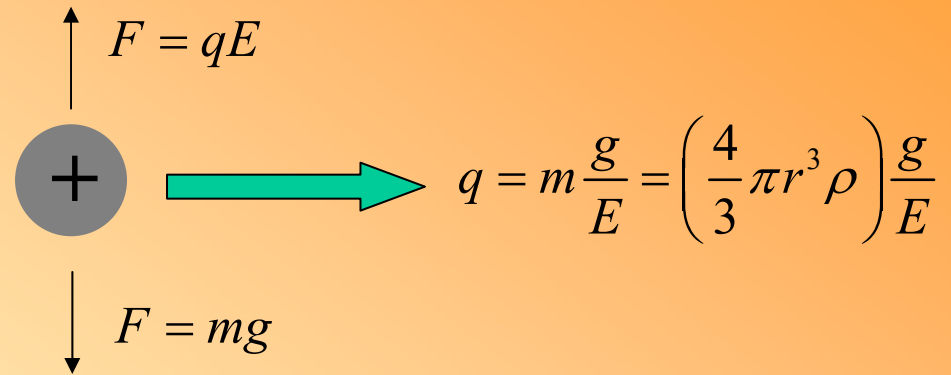
Wyznaczenie ładunku elektronu – eksperyment Millikana (1911)



HISTORIA ATOMU

Wyznaczenie ładunku elektronu – eksperyment Millikana (1911)

- - - - -

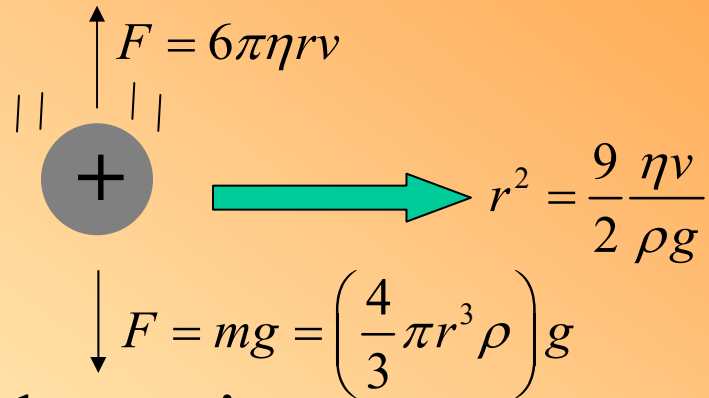

$$F = qE$$
$$F = mg$$
$$q = m \frac{g}{E} = \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \rho \right) \frac{g}{E}$$

Kropla oscyluje

+ + + + +

HISTORIA ATOMU

Wyznaczenie ładunku elektronu – eksperyment Millikana (1911)



The diagram illustrates a single oil drop, represented by a grey circle with a black '+' sign inside, suspended between two horizontal parallel metal plates. The top plate is connected to a positive terminal, indicated by three short vertical lines. An upward-pointing arrow from the drop is labeled with the equation $F = 6\pi\eta rv$, representing the Stokes drag force. A downward-pointing arrow from the drop is labeled with the equation $F = mg = \left(\frac{4}{3}\pi r^3 \rho\right)g$, representing the gravitational force. A large teal arrow points from the drop to the right, where the equation $r^2 = \frac{9}{2} \frac{\eta v}{\rho g}$ is written, showing the derivation of the drop's radius from the balance of forces.

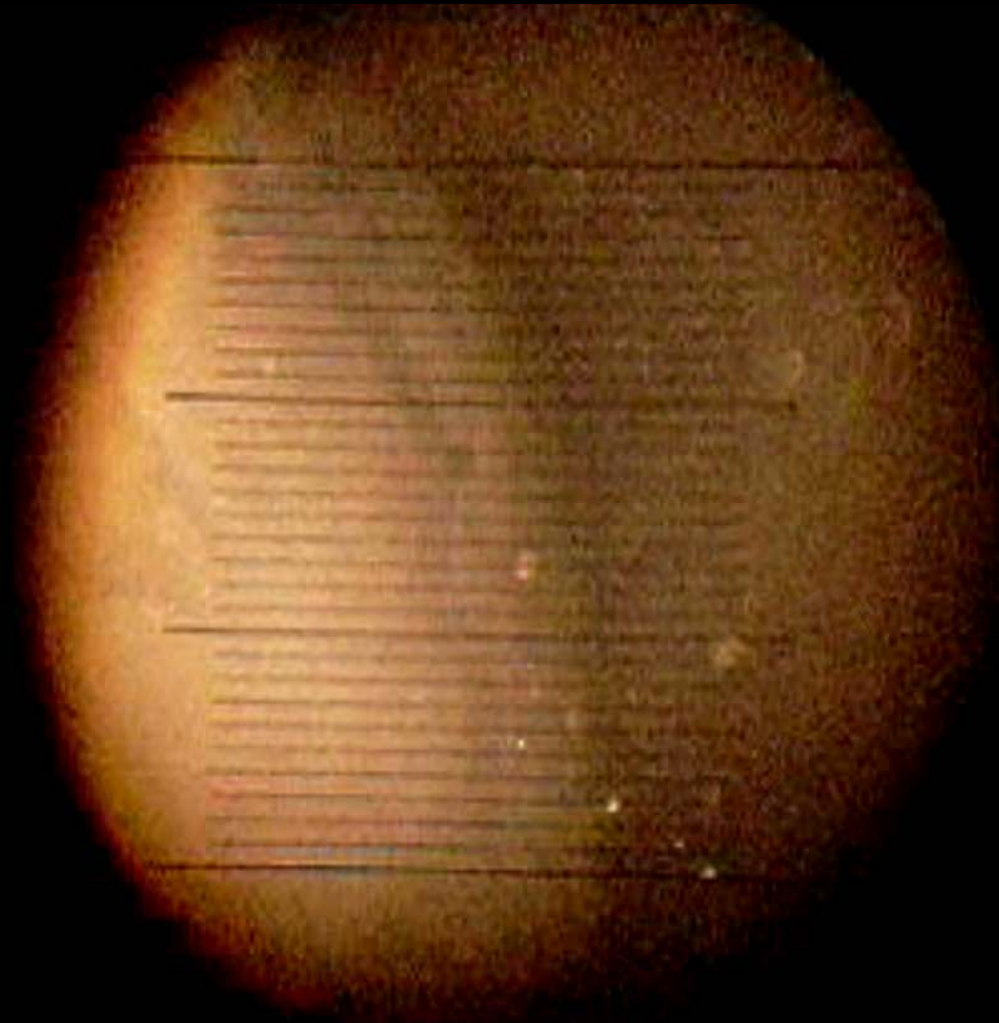
$$F = 6\pi\eta rv$$
$$F = mg = \left(\frac{4}{3}\pi r^3 \rho\right)g$$
$$r^2 = \frac{9}{2} \frac{\eta v}{\rho g}$$

Kropla spada ruchem jednostajnym

HISTORIA ATOMU

Pokaz eksperymentu Millikana (1911)

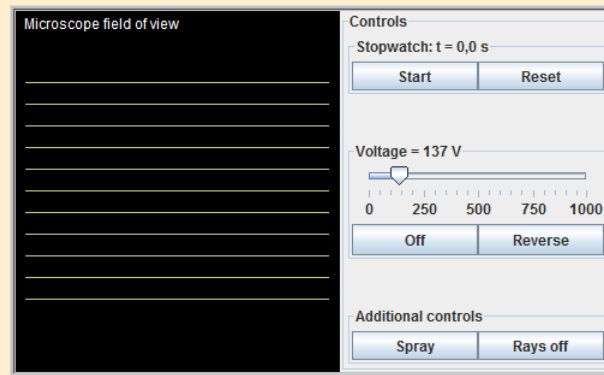
http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/conf/UDINE/esper.html



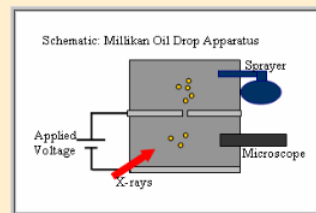
Symulacje doświadczenia Millikana

http://webphysics.davidson.edu/applets/pqp_preview/contents/pqp_errata/cd_errata_fixes/section4_5.html

Section 4.5: Exploring the Millikan Oil Drop Experiment



J. J. Thomson's experiment (Section 4.4) resulted in a value for e/m (the ratio of the charge of the electron to the mass of the electron), but it took the Millikan's oil drop experiment to determine the value of the charge on the electron. This animation is a virtual version of the Millikan's experiment.³ The experiment was based on balancing forces: the gravitational pull down on an oil drop and the electric force up on ionized particles. Below is a schematic of the apparatus. The sprayer releases ionized oil drops into the apparatus. The oil drops fall and enter the a region where they can be seen through the microscope. Turning on the applied voltage provides a force that can, if adjusted correctly, exactly balance the gravitational force on the drop.



In the animation, push the "spray" button to spray a group of drops into the virtual apparatus where it is as if you are looking through the microscope (**the grid lines are separated by 0.1 mm**). Note that each individual drop falls (in the animation, the drops move vertically up because the microscope lens produces an inverted image) at a constant rate (no acceleration). This is because the drops are falling in air where the friction is not negligible and so they reach terminal velocity quickly.

You can "catch" one of the particles by turning on the voltage and adjusting it (push the "On" button and move the slider). The electric field produced (in the real experiment by two plates above and below the view of the microscope) provides a force in the opposite direction to the fall (rise in the animation). Balance a drop somewhere in the screen. Notice that the voltage you use to balance one drop, or several drops, does not balance the rest of the drops. The drops are not all the same size and do not have the same charge (just as in the real experiment).

"Catch" a drop by adjusting the voltage so that it stays still, at least on average. What are the small oscillations due to? (Hint: See Section 4.3.) Balancing the particles, then, you have set the electric force, qE (where q is the charge and E is the magnitude of the electric field) equal to the gravitational force, mg , so that

$$qV/d = mg, \quad (4.6)$$

where V is the voltage and d is the distance between the plates applying the voltage. Unfortunately, this still does not provide a value of the charge q independent of the mass m . Record the values of the voltages to suspend this drop

HISTORIA ATOMU

Model Bohra atomu wodoru (1914r)

1) Moment pędu jest skwantowany:

$$L = mvr = n\hbar$$

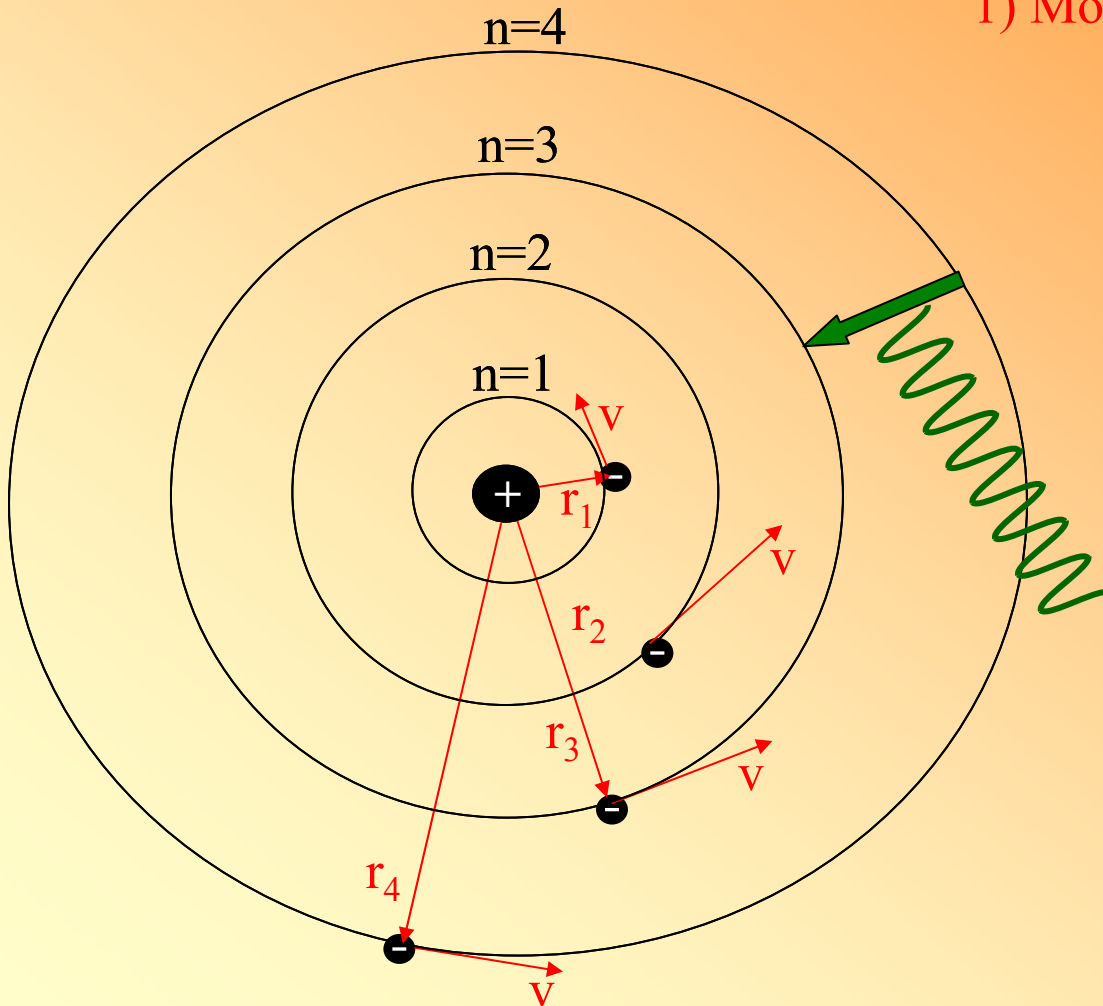
$$n = 1, 2, 3, \dots$$

2) Nadmiar energii
związany ze zmianą orbity
jest wypromieniowywany
w postaci kwantu światła
(fotonu):

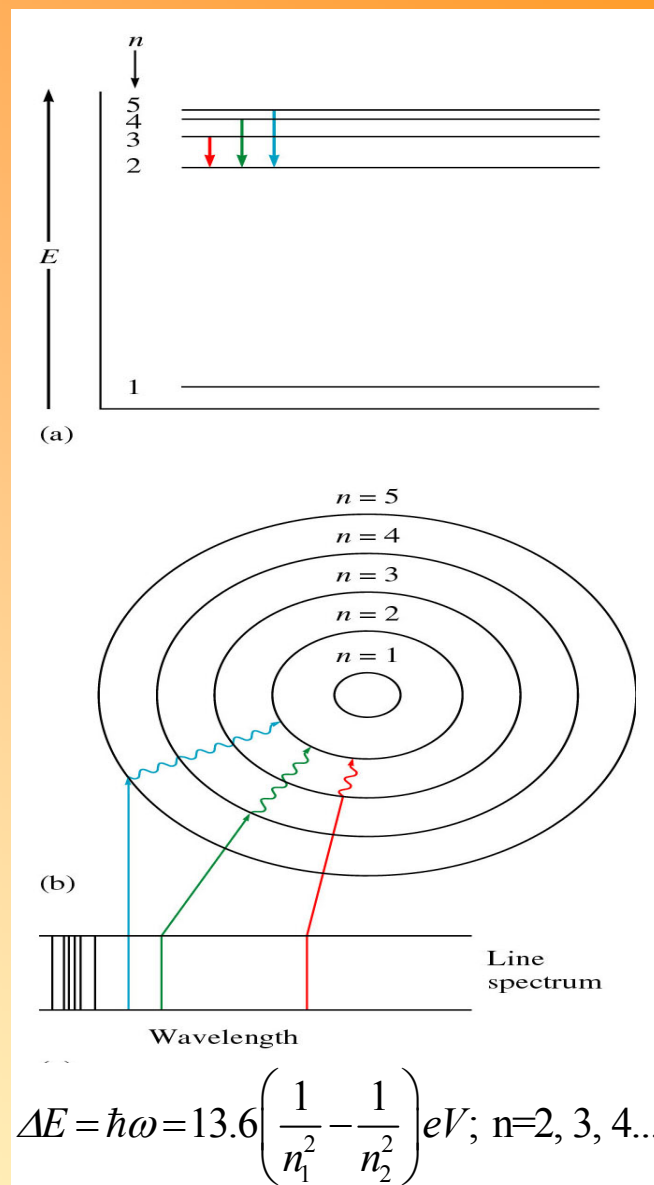
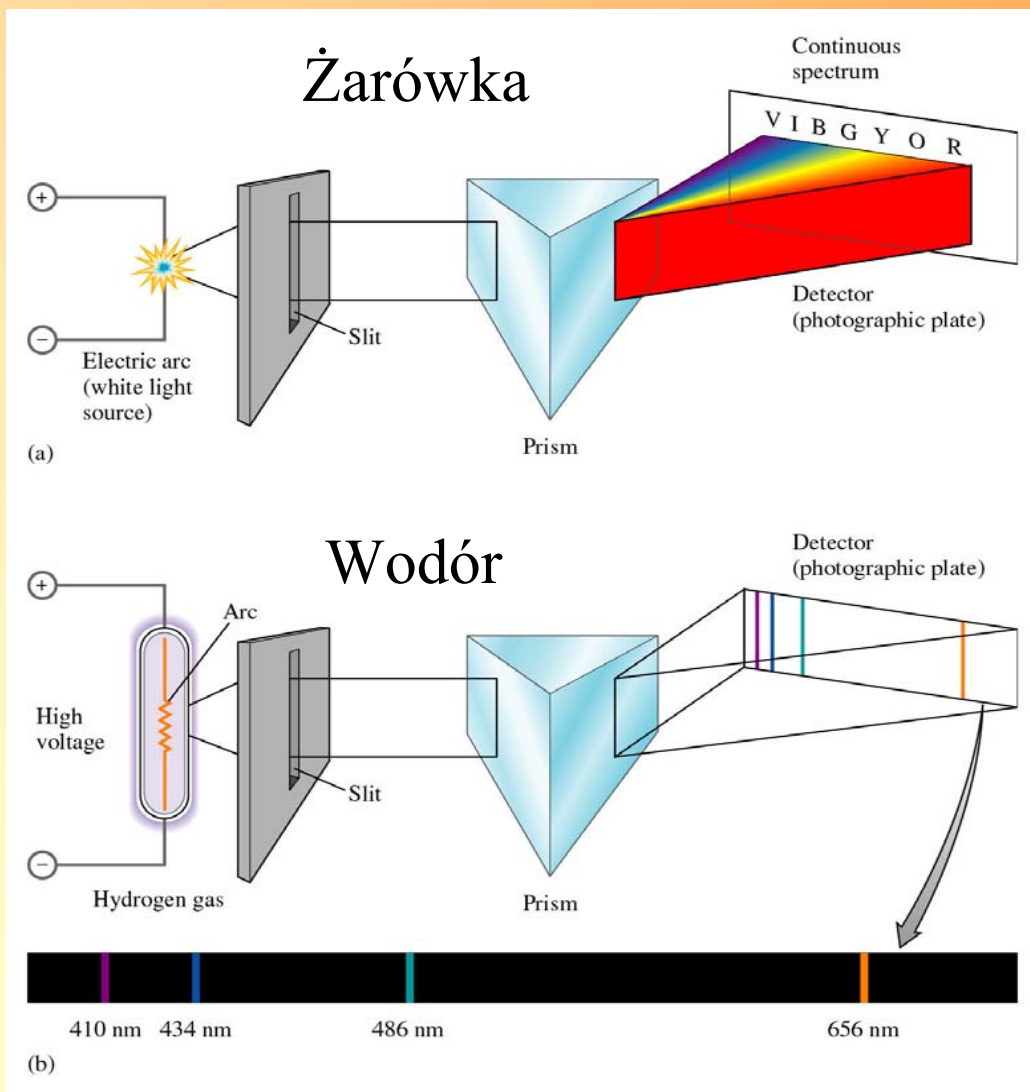
$$\Delta E = \hbar\omega$$

(wzór Plancka)

$$\hbar = 1.054 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

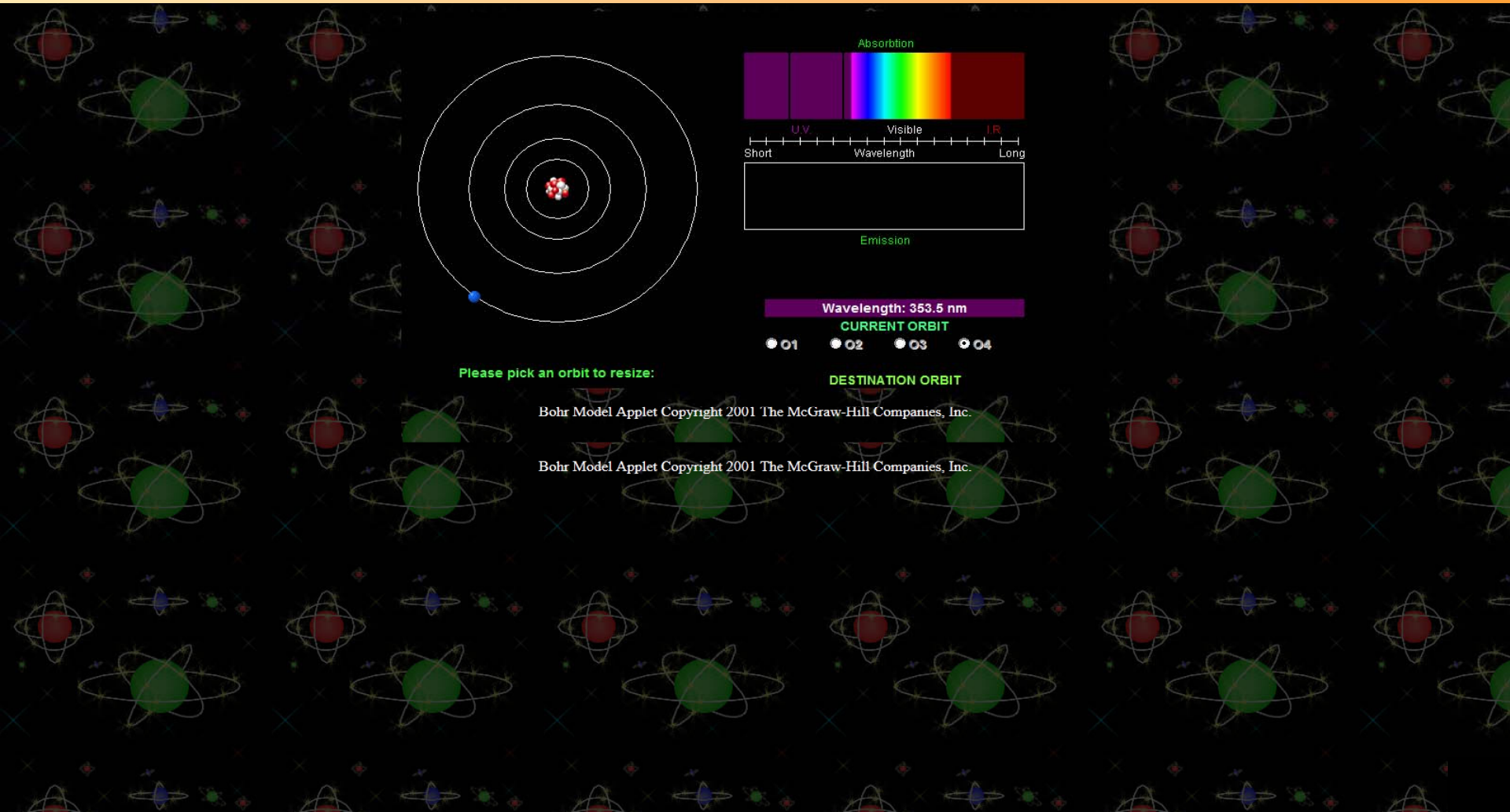


WIDMO EMISYJNE WODORU

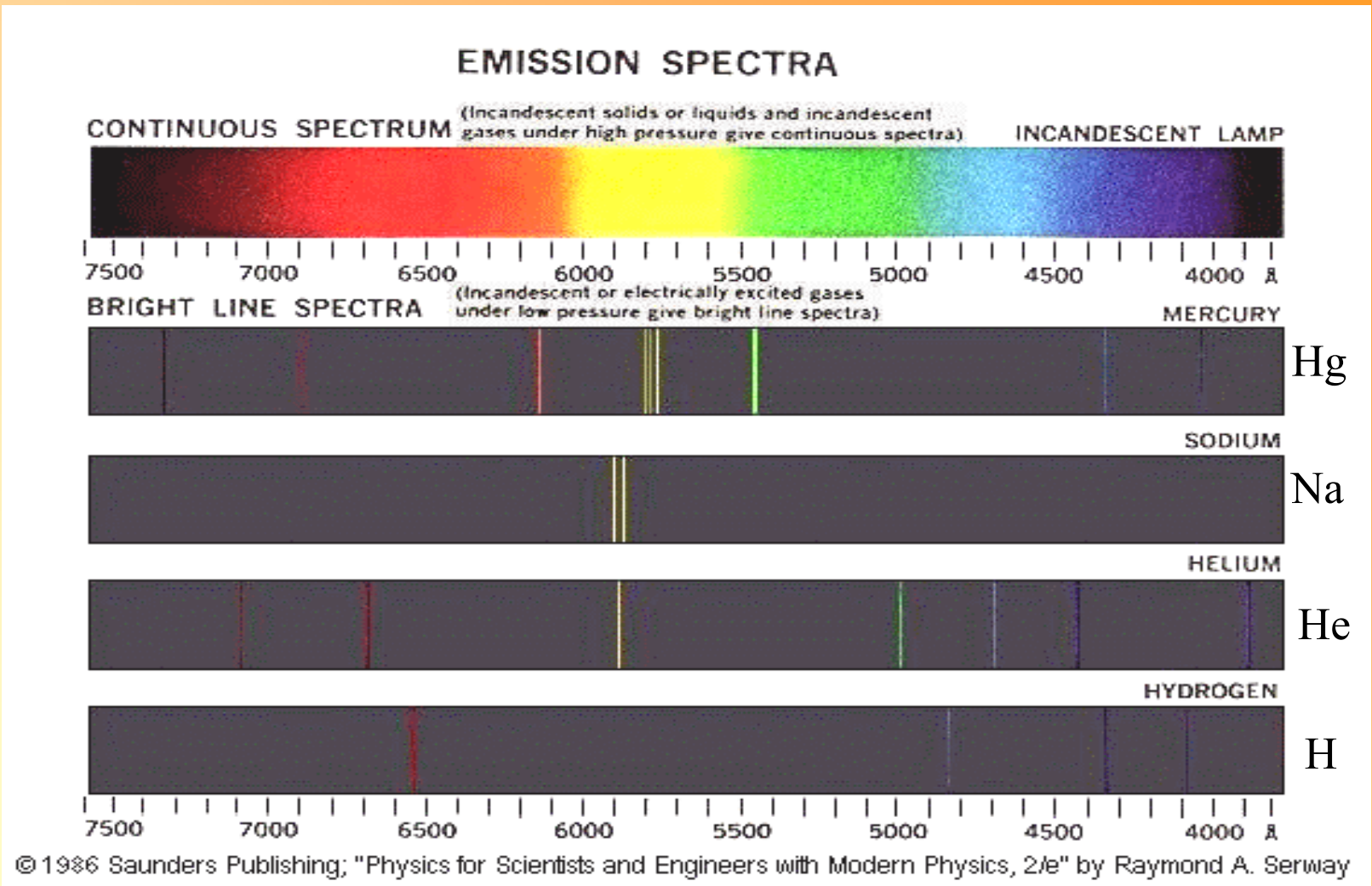


Symulacje atomu Bohra

http://www.mhhe.com/physsci/astronomy/applets/Bohr/applet_files/Bohr.html



WIDMA INNYCH ATOMÓW

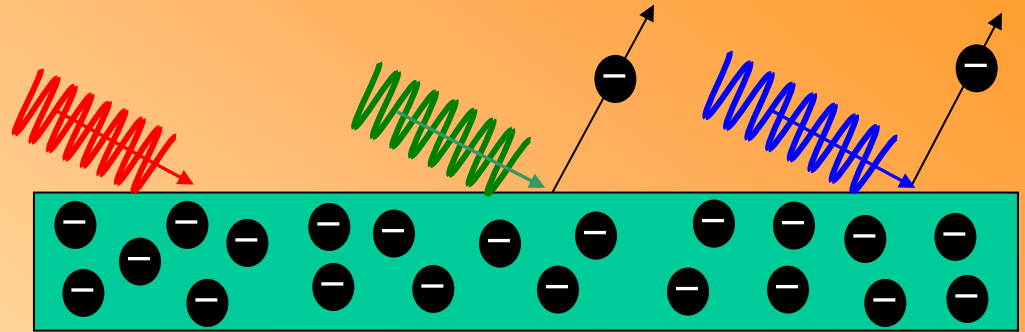


<http://jersey.uoregon.edu/vlab/elements/Elements.html>

DUALIZM KORPUSKULARNO-FALOWY

A. Einstein (1905):

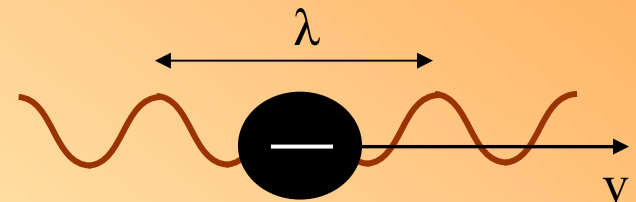
**Światło jest
równocześnie falą jak
i cząsteczką (fotonem)**



L. De Broglie (1923):

**Elektron (materia) jest
również falą jak
i cząsteczką**

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$



DUALIZM KORPUSKULARNO-FALOWY

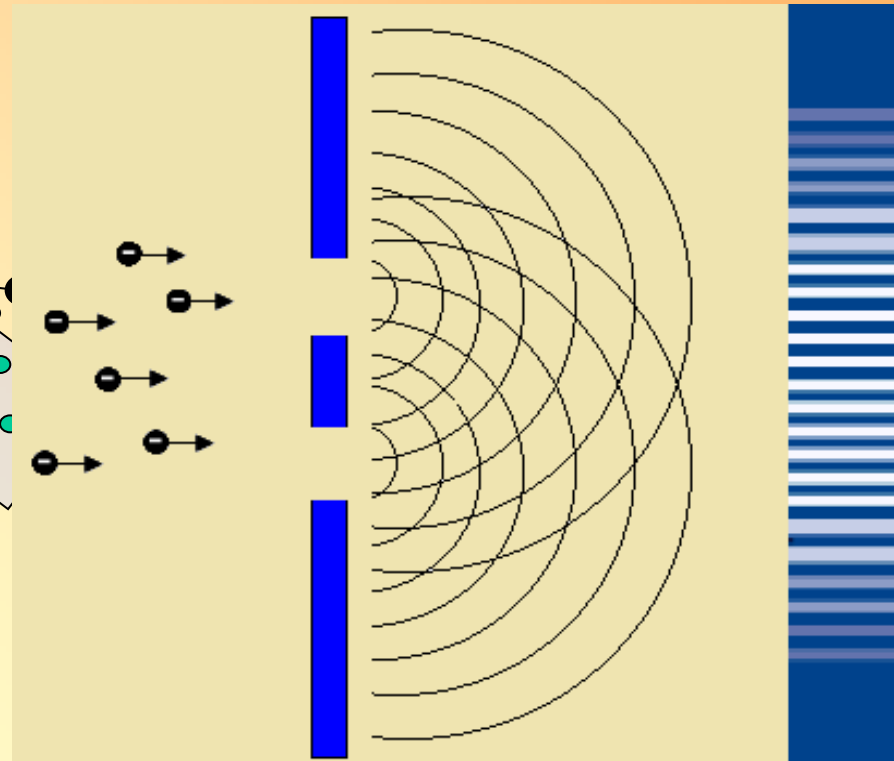
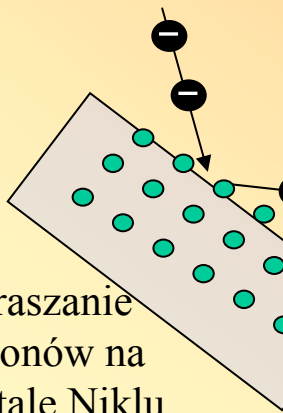
Elektrony (protony, neutrony...) mogą **interferować** i ulegać **dyfrakcji** tak jak fale



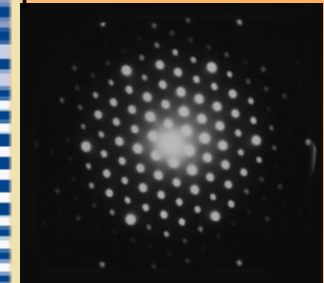
Potwierdzone w szeregu eksperymentów

Interferencja elektronów w eksperymencie Younga

Rozpraszanie
elektronów na
kryształe Niklu



raz dyfrakcyjny jak w
praszaniu fotonów



Symulacje eksperymentu Davissona i Germera

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/davisson-germer>



Interactive Simulations

UNIVERSITY OF COLORADO AT BOULDER

[Sign in / Register](#)

Search

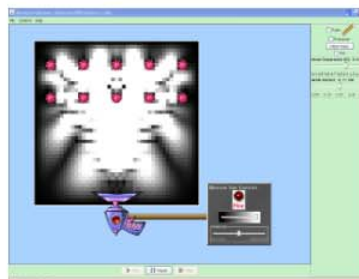
PhET's Annual Campaign

Donate to advance science literacy and education worldwide

[Donate now](#)

- Home
- **Simulations**
 - New Sims
 - Physics
 - Motion
 - Sound & Waves
 - Work, Energy & Power
 - Heat & Thermo
 - **Quantum Phenomena**
 - Light & Radiation
 - Electricity, Magnets & Circuits
 - Biology
 - Chemistry
 - General Chemistry
 - **Quantum Chemistry**
 - Earth Science
 - Math
 - Cutting Edge Research
 - By Grade Level
 - Elementary School
 - Middle School
 - High School
 - **University**
 - All Sims
 - Translated Sims
- For Teachers
- Stay Connected
- How to Run Simulations
- Troubleshooting
- FAQ

Davisson-Germer: Electron Diffraction



[Download](#) 2,023 kB

[Run Now!](#)

[Embed](#)

Version: 1.11 ([change log](#))

Simulate the original experiment that proved that electrons can behave as waves. Watch electrons diffract off a crystal of atoms, interfering with themselves to create peaks and troughs of probability.

[Support PhET >](#)

PhET is supported by

PEARSON

and educators like you.
Thanks!



TEACHING RESOURCES

Main Topics

- [Electron Diffraction](#)

Sample Learning Goals

- Recognize that electrons are reflected from a lattice mostly at certain angles due to wave interference.

Tips for Teachers

The [teacher's guide](#) (pdf) contains tips created by the PhET team.

Teaching Ideas

Title	Authors	Level	Type	Updated
Concept Questions for Chemistry using PhET	Trish Loeblein	HS UG-Intro MS	CQs	8/29/12
Visualization and Visual Illusions SIM Homework	Kathy Perkins, Carl Wieman	UG-Intro	HW	1/9/11

See Below

[Translated Versions >>](#)
[Software Requirements >>](#)
[Credits >>](#)

Symulacje zjawiska interferencji

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/quantum-wave-interference>



Interactive Simulations
UNIVERSITY OF COLORADO AT BOULDER

[Sign in / Register](#)

PhET's Annual Campaign

Donate to advance science literacy and education worldwide

[Home](#)

► Simulations

[New Sims](#)

[Physics](#)

[Motion](#)

► [Sound & Waves](#)

[Work, Energy & Power](#)

[Heat & Thermo](#)

[Quantum Phenomena](#)

► [Light & Radiation](#)

[Electricity, Magnets & Circuits](#)

[Biology](#)

[Chemistry](#)

► [Earth Science](#)

[Math](#)

[Cutting Edge Research](#)

[By Grade Level](#)

► [Elementary School](#)

► [Middle School](#)

► [High School](#)

► [University](#)

[All Sims](#)

[Translated Sims](#)

[For Teachers](#)

[Stay Connected](#)

[How to Run Simulations](#)

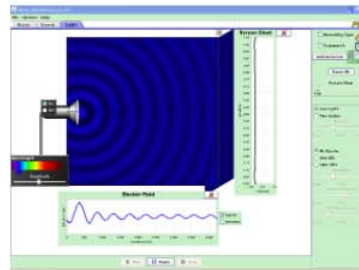
[Troubleshooting](#)

[FAQs](#)

[For Translators](#)

[Donate](#)

Wave Interference

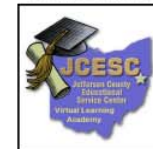


1,957 kB

Version: 1.10 ([change log](#))

Make waves with a dripping faucet, audio speaker, or laser! Add a second source or a pair of slits to create an interference pattern.

PhET is supported by



and educators like you.
Thanks!



TEACHING RESOURCES

Main Topics

- Waves
- Sound

Sample Learning Goals

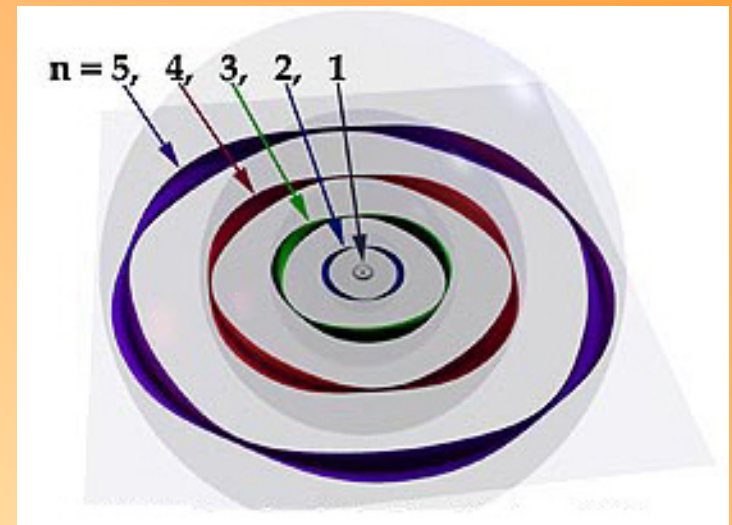
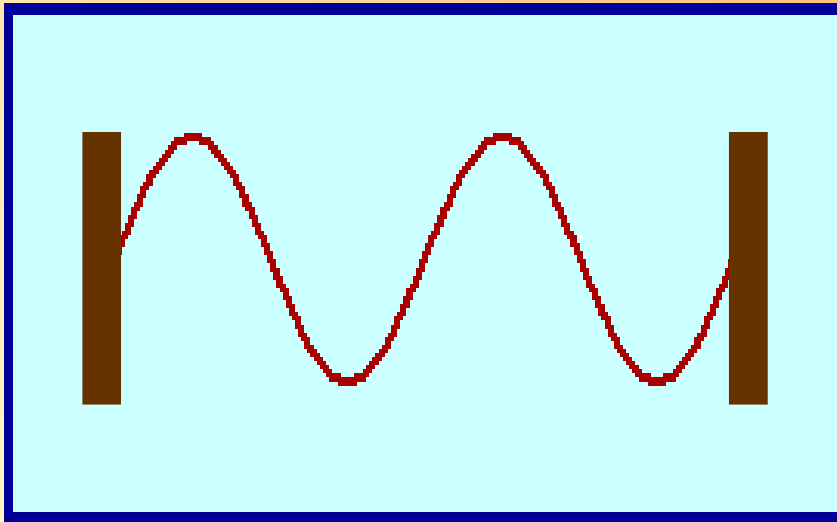
- You can watch water, sound, and light waves move and see how they are related. All can be represented by a sinewave.
- What does this sinewave represent for these three different phenomena?
- Use multiple sources with different spacing and see a changing interference pattern.
- Find points of constructive and destructive interference by eye, and by using the detectors.
- Put up a barrier to see how the waves move through one or two slits. What sort of pattern do the slits create? How can you change this pattern?
- In the light panel, predict the locations of the fringes that appear on the screen using $d \sin(\theta) = m\lambda$. Use the tape measure to verify your predictions.

Teaching Ideas

See Below

[Translated Versions >>](#)
[Software Requirements >>](#)
[Credits >>](#)

ELEKTRON JAKO FALA W MODELU BOHRA



Dozwolone są tylko takie orbity, na których
mieści się całkowita wielokrotność fali.

Tylko wtedy atom jest stabilny!!!

ZASADA NIEOZNACZONOŚCI HEISENBERGA

Nie da się wykryć elektronu bez oddziaływania z tym elektronem. Pomiar jednej wielkości charakteryzującej obiekt kwantowy zmienia inne właściwości tego obiektu.



Niemożliwe jest jednoczesne wyznaczenie z dowolną dokładnością np. **położenia i pędu** (prędkości) lub **energii i czasu**.

położenie i pęd

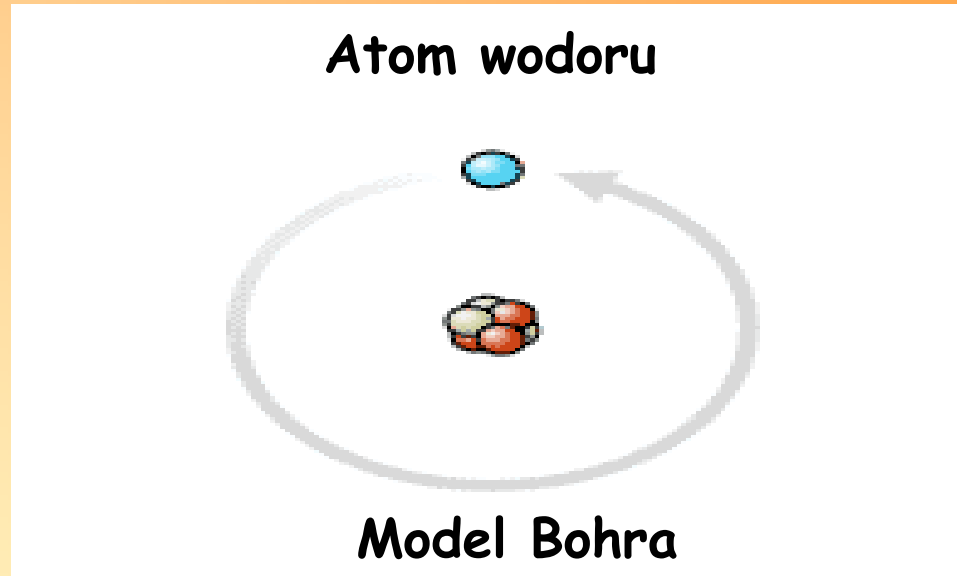
$$\Delta x \Delta p \geq \frac{1}{2} \hbar$$

energia i czas

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{1}{2} \hbar$$

Można rozpatrywać tylko **prawdopodobieństwo znalezienia elektronu** w określonym czasie w dowolnym punkcie przestrzeni wokół jądra atomowego (tzw. **chmurze elektronowej**)

ATOM WEDŁUG MECHANIKI KWANTOWEJ



RÓWNANIE FALOWE SCHRÖDINGERA

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(r) \right] \underbrace{\psi(r, t)} = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \underbrace{\psi(r, t)}$$



Szukana funkcja falowa

PRAWDOPODOBIEŃSTWO ZNALEZIENIA ELEKTRONU

Prawdopodobieństwo
zależenia elektronu w
jakimś miejscu $\propto \psi^2$ w tym
miejscu

Elektron nigdy nie
znajdzie się tutaj

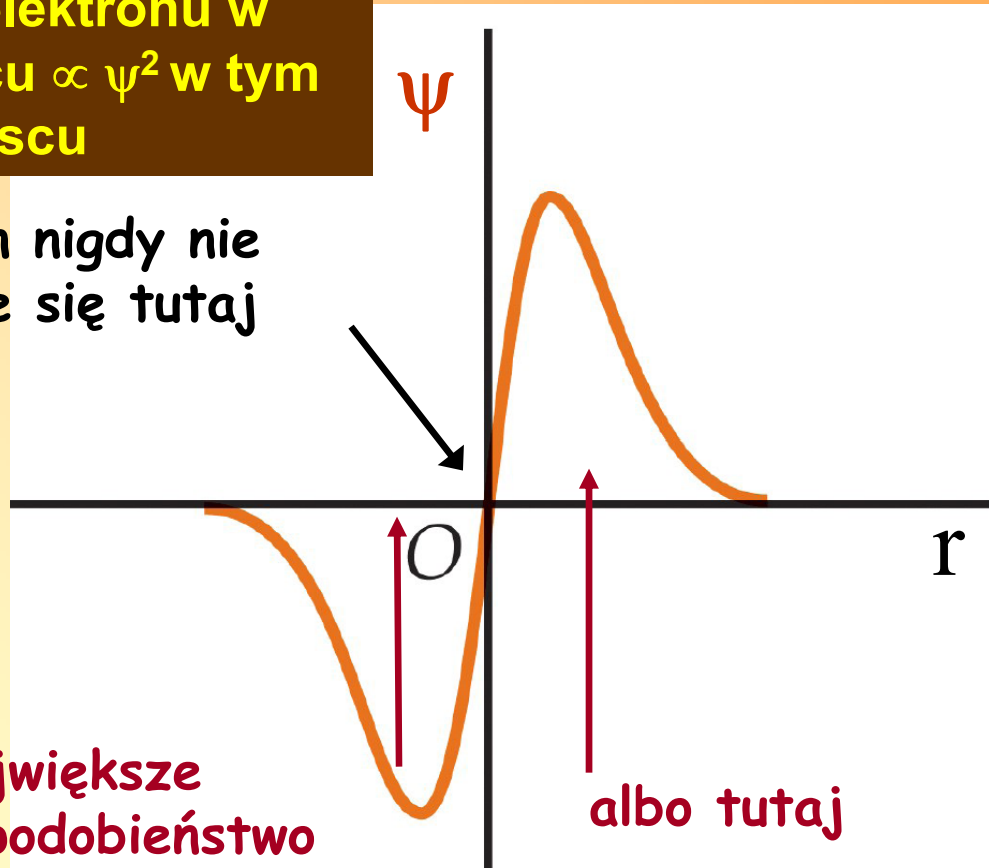
ψ

O

r

Największe
prawdopodobieństwo
znalezienia elektronu tutaj

albo tutaj



LICZBY KWANTOWE

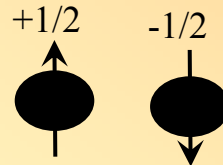
$$\psi = \psi_{n,l,m,s} \longrightarrow \text{Orbital Atomowy}$$

$n=1,2,3,\dots$ - GŁÓWNA LICZBA KWANTOWA = ODPOWIADA NUMEROWI ORBITY W MODELU BOHRA= GŁÓWNY PODZIAŁ ENERGII – DEFINIUJE POWŁOKĘ (orbital) ELEKTRONOWĄ

$l=0,\dots,(n-1)$ - POBOCZNA LICZBA KWANTOWA = OPISUJE DOZWOLONE WARTOŚCI MOMENTU PĘDU $L \sim [l(l+1)h]^{1/2}$

$m=-l,-l+1,\dots,l-1,l$ - MAGNETYCZNA LICZBA KWANTOWA = RZUT WEKTORA MOMENTU PĘDU NA KIERUNEK ZEWNĘTRZNEGO POLA MAGNETYCZNEGO

$s=-1/2, +1/2$ – SPIN ELEKTRONU



Zapis:

$l=0 \longrightarrow$ orbital s

$l=1 \longrightarrow$ orbital p

$l=2 \longrightarrow$ orbital d

np. $2p_{-1}$ oznacza $n=2$, $l=1$, $m=-1$

MODELOWANIE ORBIAŁI ATOMOWYCH

<http://winter.group.shef.ac.uk/orbitron/AOs/2p/index.html>

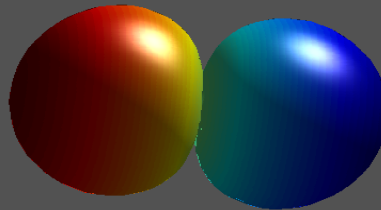
<http://www.falstad.com/qmatom/>

<http://www-teach-old.ch.cam.ac.uk/applets/OrbitalViewer/web/web/OrbitalViewer.html>

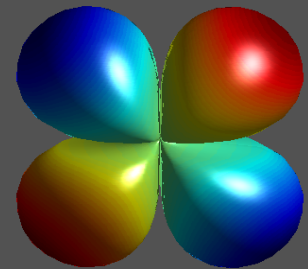
Hydrogen Atom with $n=1$, $l=0$, $m_l=0$



Hydrogen Atom with $n=2$, $l=1$, $m_l=1$



Hydrogen Atom with $n=3$, $l=2$, $m_l=1$



MODELOWANIE EFEKTÓW ATOMOWYCH

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/hydrogen-atom>



Interactive Simulations

UNIVERSITY OF COLORADO AT BOULDER

[Sign in / Register](#)

Search

PhET's Annual Campaign

Donate to advance science literacy and education worldwide

[Donate now](#)

[Home](#)

Simulations

[New Sims](#)

[Physics](#)

[Motion](#)

[Sound & Waves](#)

[Work, Energy & Power](#)

[Heat & Thermo](#)

[Quantum Phenomena](#)

[Light & Radiation](#)

[Electricity, Magnets & Circuits](#)

[Biology](#)

Chemistry

[General Chemistry](#)

[Quantum Chemistry](#)

[Earth Science](#)

[Math](#)

[Cutting Edge Research](#)

[By Grade Level](#)

[Elementary School](#)

[Middle School](#)

[High School](#)

[University](#)

[All Sims](#)

[Translated Sims](#)

[For Teachers](#)

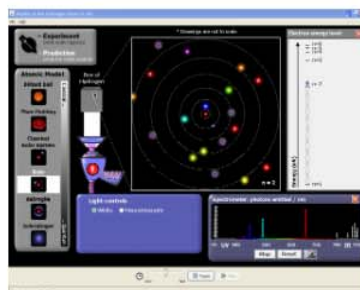
[Stay Connected](#)

[How to Run Simulations](#)

[Troubleshooting](#)

[FAQ](#)

Models of the Hydrogen Atom



[Download](#) 1,531 kB

[Run Now!](#)

[Embed](#)

Version: 1.11 ([change log](#))

How did scientists figure out the structure of atoms without looking at them? Try out different models by shooting light at the atom. Check how the prediction of the model matches the experimental results.

[Support PhET >](#)

PhET is supported by



and educators like you.
Thanks!



TEACHING RESOURCES

Main Topics

- Quantum Mechanics
- Hydrogen Atom
- Bohr Model
- DeBroglie Wavelength
- Schrodinger Model

Sample Learning Goals

- Visualize different models of the hydrogen atom.
- Explain what experimental predictions each model makes.
- Explain why people believed in each model and why each historical model was inadequate.
- Explain the relationship between the physical picture of the orbits and the energy level diagram of an electron.
- Engage in model building.

Tips for Teachers

The [teacher's guide](#) (pdf) contains tips created by the PhET team.

See Below

[Translated Versions >>](#)
[Software Requirements >>](#)
[Credits >>](#)

ZAKAZ PAULIEGO

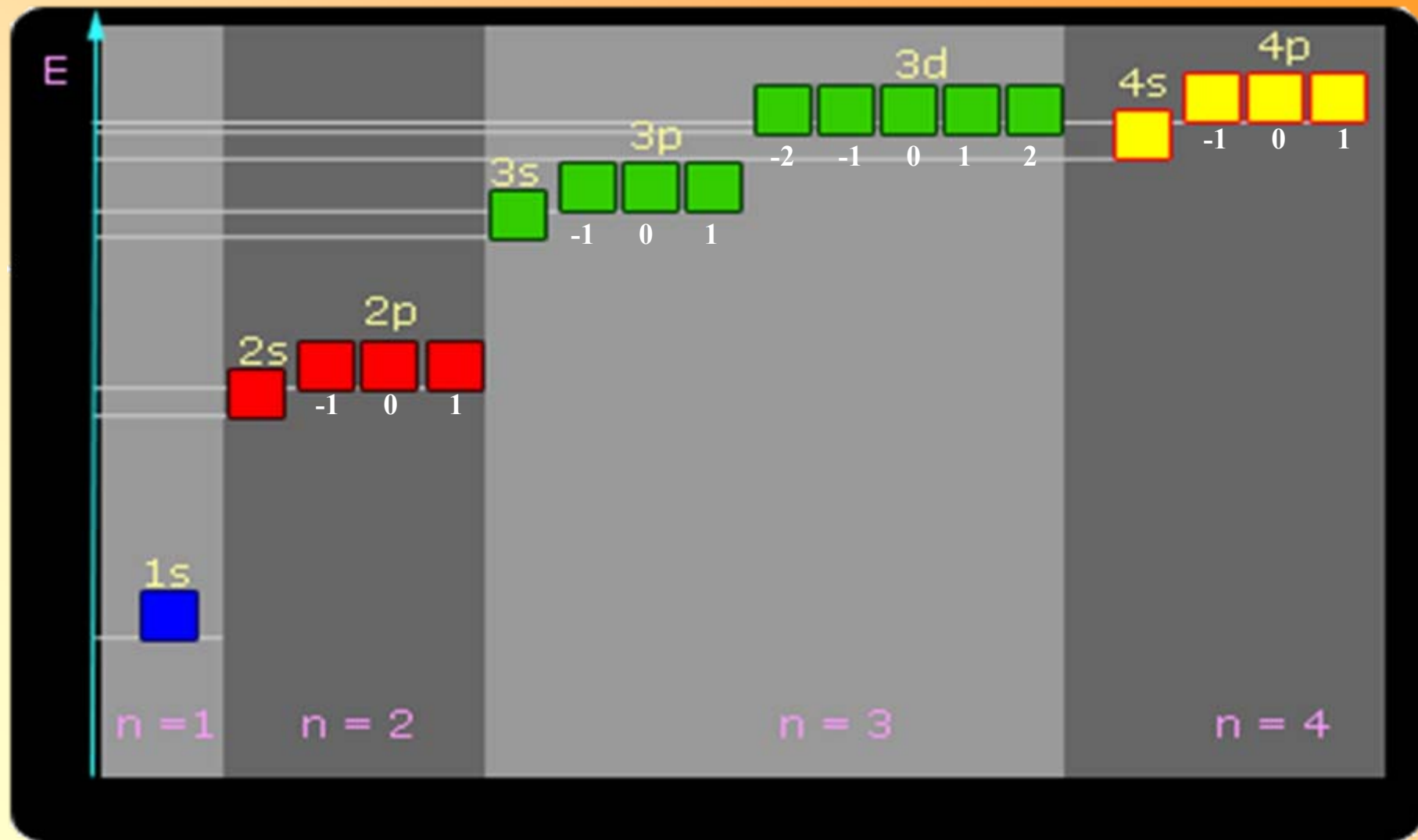
„W tym samym stanie kwantowym może znajdować się co najwyżej jeden elektron”

The periodic table is color-coded by groups: Group 1 (blue), Group 2 (red), Groups 13-18 (various colors: purple, green, pink, orange), and the transition metals (yellow). The lanthanide and actinide series are shown in yellow and are connected to the main table by a bracket.

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub						
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

ZAKAZ PAULIEGO

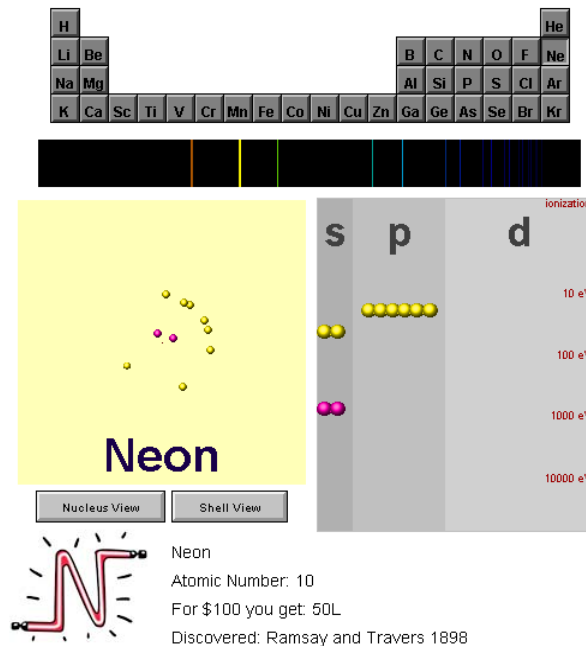
tworzenie układu okresowego pierwiastków



Interaktywny układ okresowy z obsadzeniami orbitali

<http://www.colorado.edu/physics/2000/applets/a2.html>

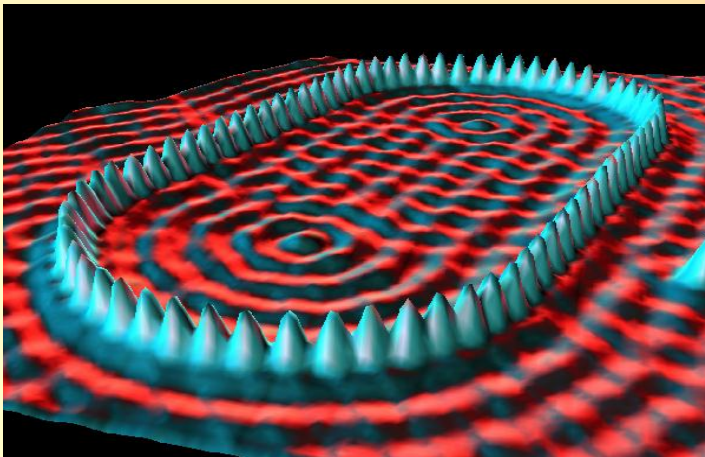
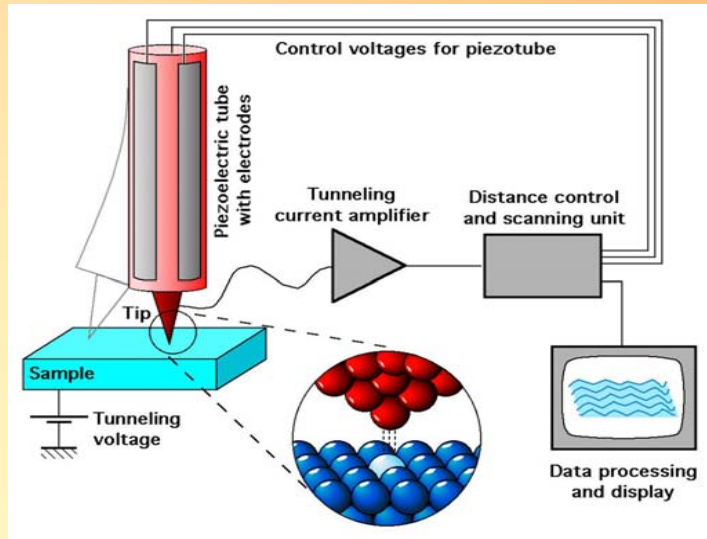
David's Whizzy Periodic Table



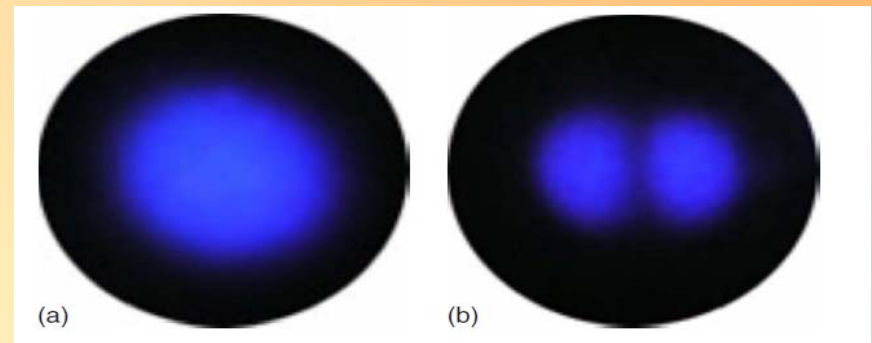
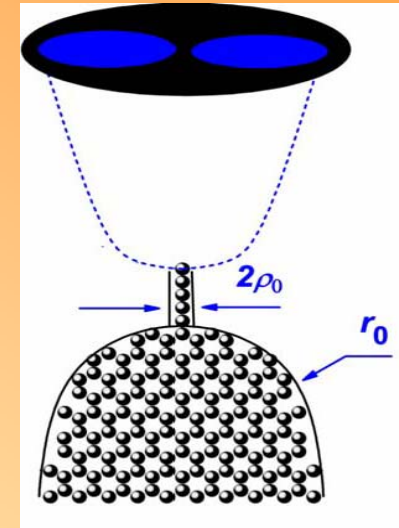
Instructions: Click things and see what happens.

Współczesne metody obserwacji atomów

Skaningowy mikroskop elektronowy



Polowy mikroskop elektronowy



I. M. Mikhailovskij, et al. Phys. Rev. B 80, (2009)

Dziękuję za uwagę

