KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

BIOPHYSICS

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego w projekcie pt.

„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń - zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej - zarządzanie Uczelnią, nowoczesna oferta edukacyjna i wzmacniania zdolności do zatrudniania osób niepełnosprawnych”

Lecture 8

Properties of the matter (8)

Bogdan Walkowiak

Department of Biophysics
Institute of Materials Science and Engineering
Technical University of Lodz

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Electrical Properties

Electrical properties depend on:

- electrical conductivity $\sigma = 1/\rho$ where ρ is a resistivity, the conductivity depends on:
  - type and concentration of electric charge
  - mobility of the charge in the electric field

- dielectric constant (relative permittivity) ε, the dielectric constant depends on:
  - space configuration of electric charge
  - ability of the charge to move

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Electrical Properties

Gases – due to a lack of free charges and a weak molecular interactions at normal conditions generally are considered as not conductive materials. But under a high voltage, or temperature, gases can be converted into plasma and then are very good conductors (example: plasma lamps)

Liquids – due to a weak cohesion forces are also considered as not conductive materials. But some liquids are conductors of the second type. For example water is able to dissolve several salts, acids or bases, and can dissociate them to ions. Then we have electrolytes which are conductors. Chemically pure water is not conductive liquid – it is a dielectric substance.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Electrical Properties

Solid materials – can be found as conductors, semiconductors or insulators (dielectrics).

The property depends on the electronic structure of the substance, i.e. on the presence or absence, and on configuration of bandgaps.

For conductors no bandgaps between the valence band and conduction band is observed. For semiconductors this bandgap is rather small, below 2eV, whereas for insulators the bandgap is wider than 2eV.

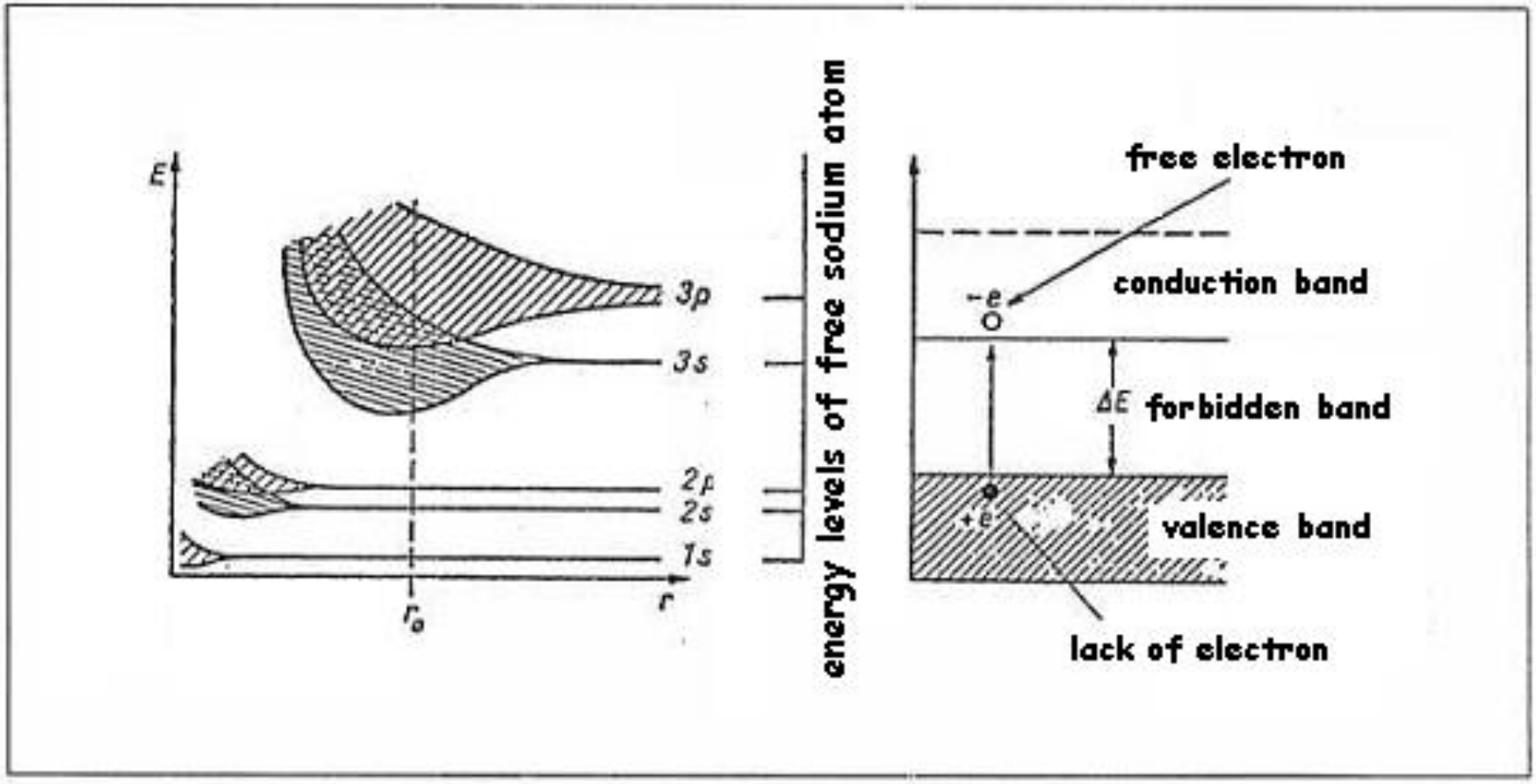
This phenomenon is explained by the band theory of solids.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

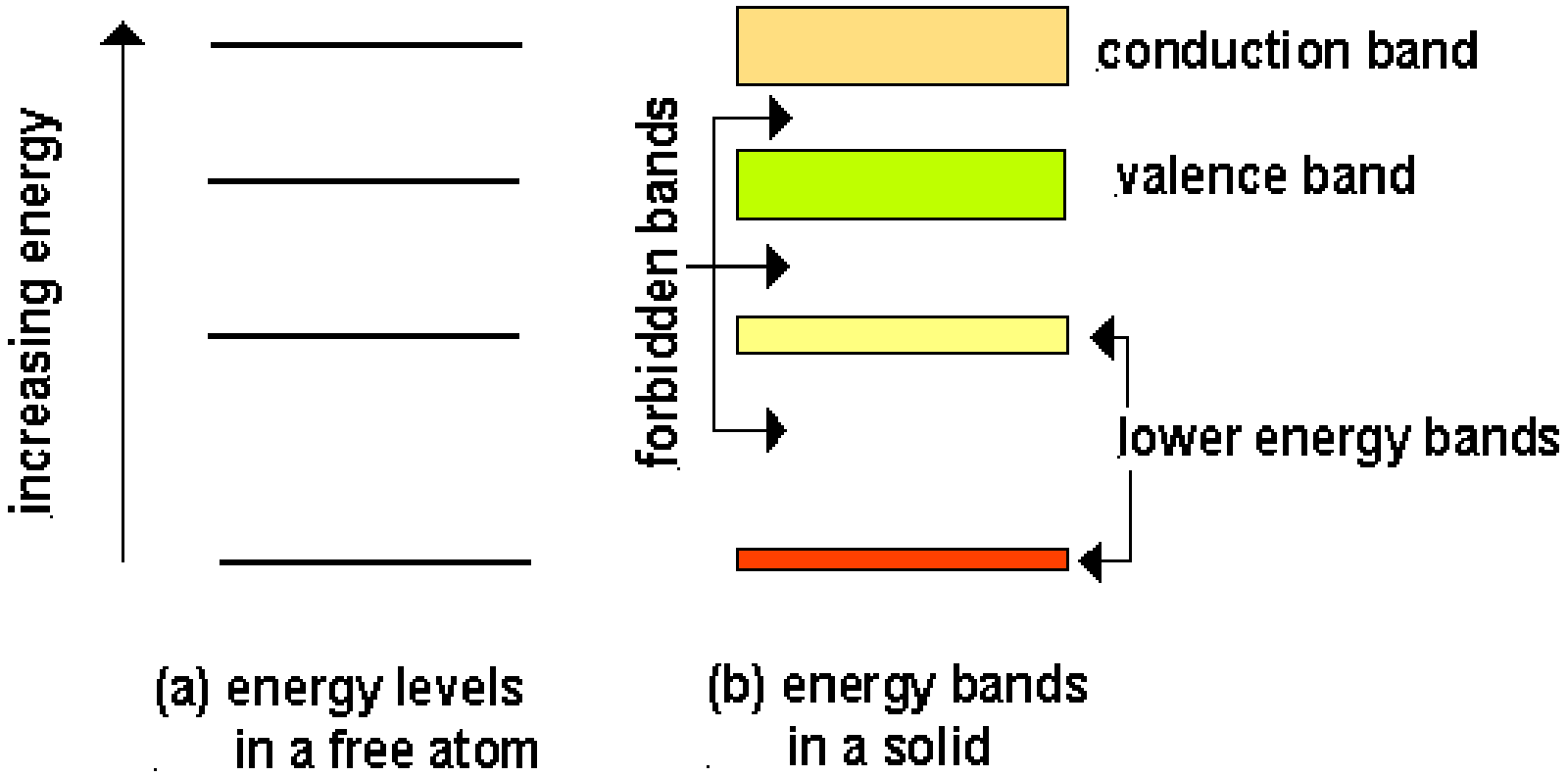
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

The Band Theory of Solids



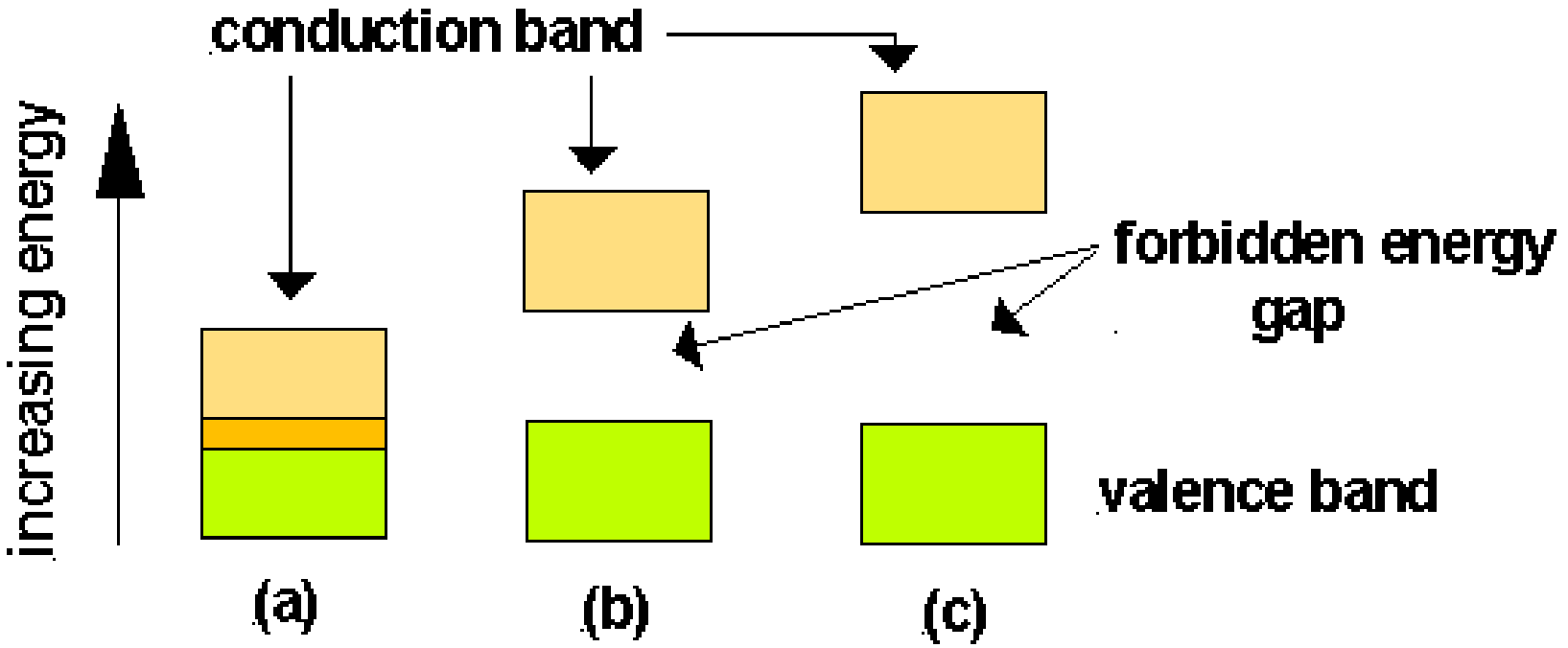
Source: A. Pilawski Podstawy Biofizyki

The Band Theory of Solids



Source: INTERNET

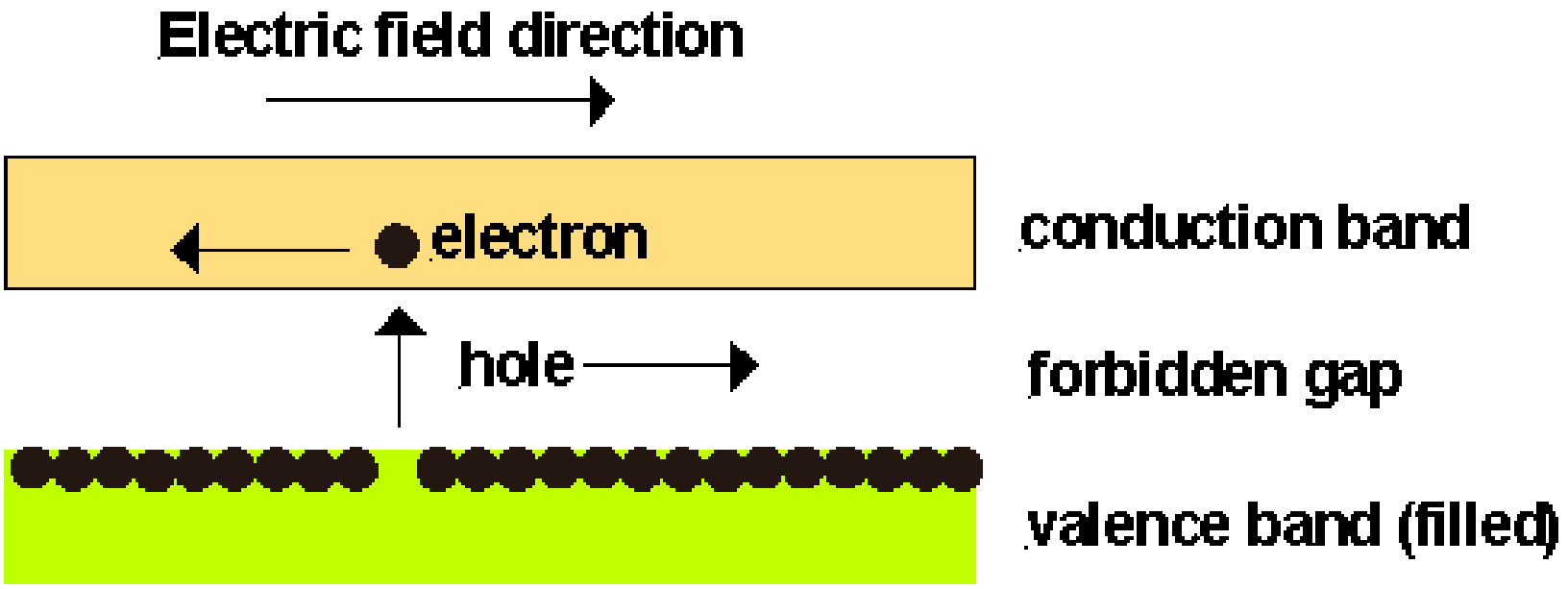
The Band Theory of Solids



Energy bands in (a) conductors, (b) semiconductors & (c) insulators

Source: INTERNET

Semiconductors



Conduction via electrons & holes in a semiconductor

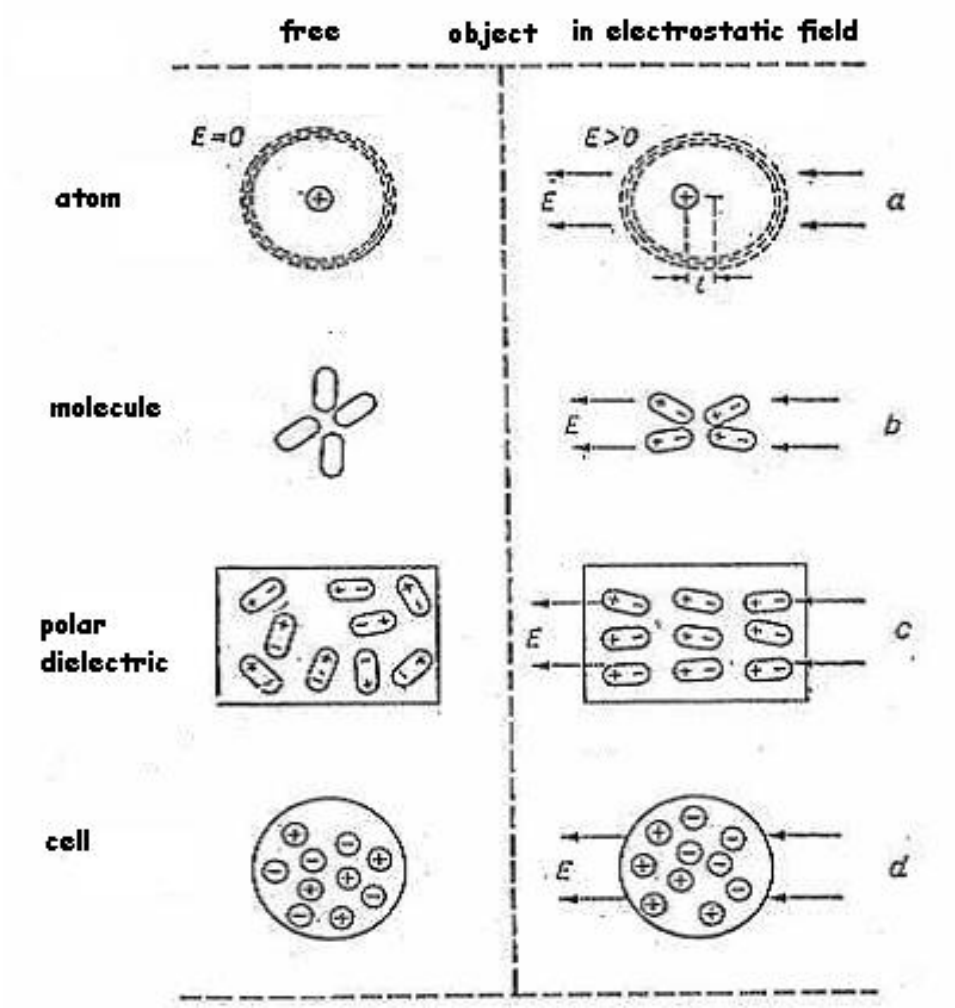
Source: INTERNET

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Polarizations of Dielectrics



deforming electron polarization

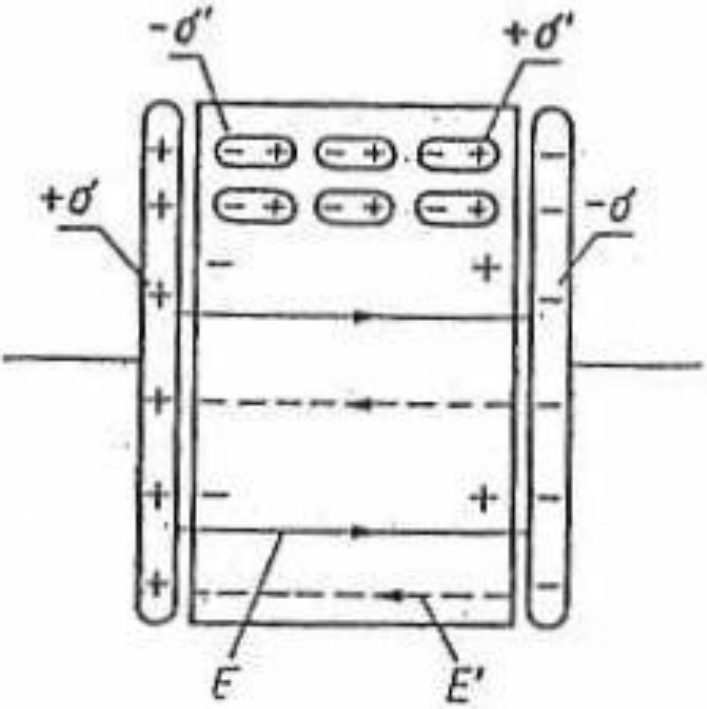
deforming atom polarization

oriented polarization

ionic polarization

Source: A. Pilawski Podstawy Biofizyki

Dielectrics in an Electric Field



Only an ideal dielectric has infinite resistance for DC current.
A real dielectric always presents a residual conductivity due to a residual impurity.

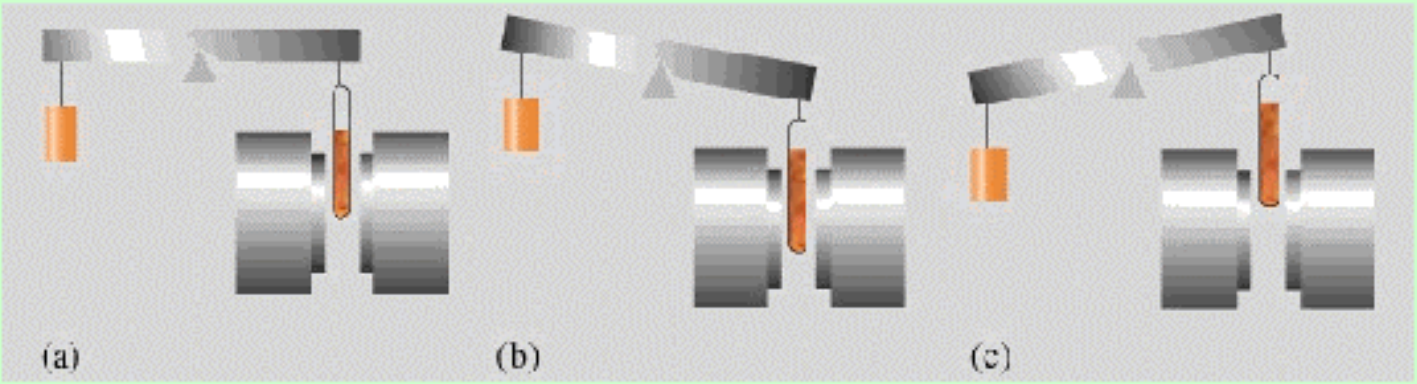
In a high frequency electric field dielectric dipoles can not keep up field changes due to friction, but can oscillate. This oscillations results in an increase in temperature.

This is why we can use microwave stove.

Source: A. Pilawski Podstawy Biofizyki

Magnetic Properties

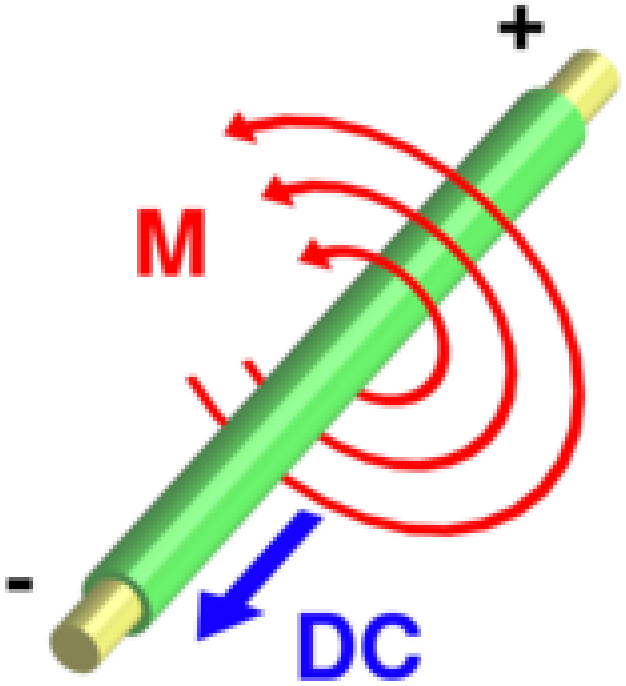
Paramagnetism and Diamagnetism

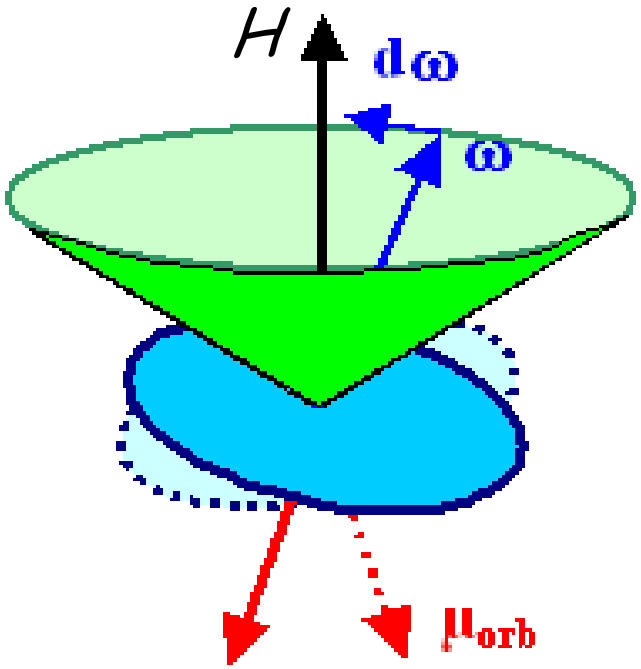


- Paramagnetism and diamagnetism can be distinguished experimentally by an apparatus like that above.
  - (a) no magnetic field
  - (b) paramagnetic substance appears to weigh more.
  - (c) diamagnetic substance appears to weigh less.

Source: INTERNET

Electric Current and Magnetic Field





Source: INTERNET

Magnetic Properties of Substances

$$\vec{B} = \vec{B}_o + \vec{B}'$$

$$\vec{B}' = \chi \vec{B}_o$$

$\vec{B}$ is a resultant magnetic field

$\vec{B}_o$ is an external magnetic field

$\vec{B}'$ is an internal magnetic field

χ is a magnetic susceptibility

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Dia- Para- and Ferro- Magnetic Substances

Diamagnetic substance - $\chi < 0$
no unpaired electrons in diamagnetic atoms

Paramagnetic substance - $\chi > 0$
unpaired electrons are present
in paramagnetic atoms

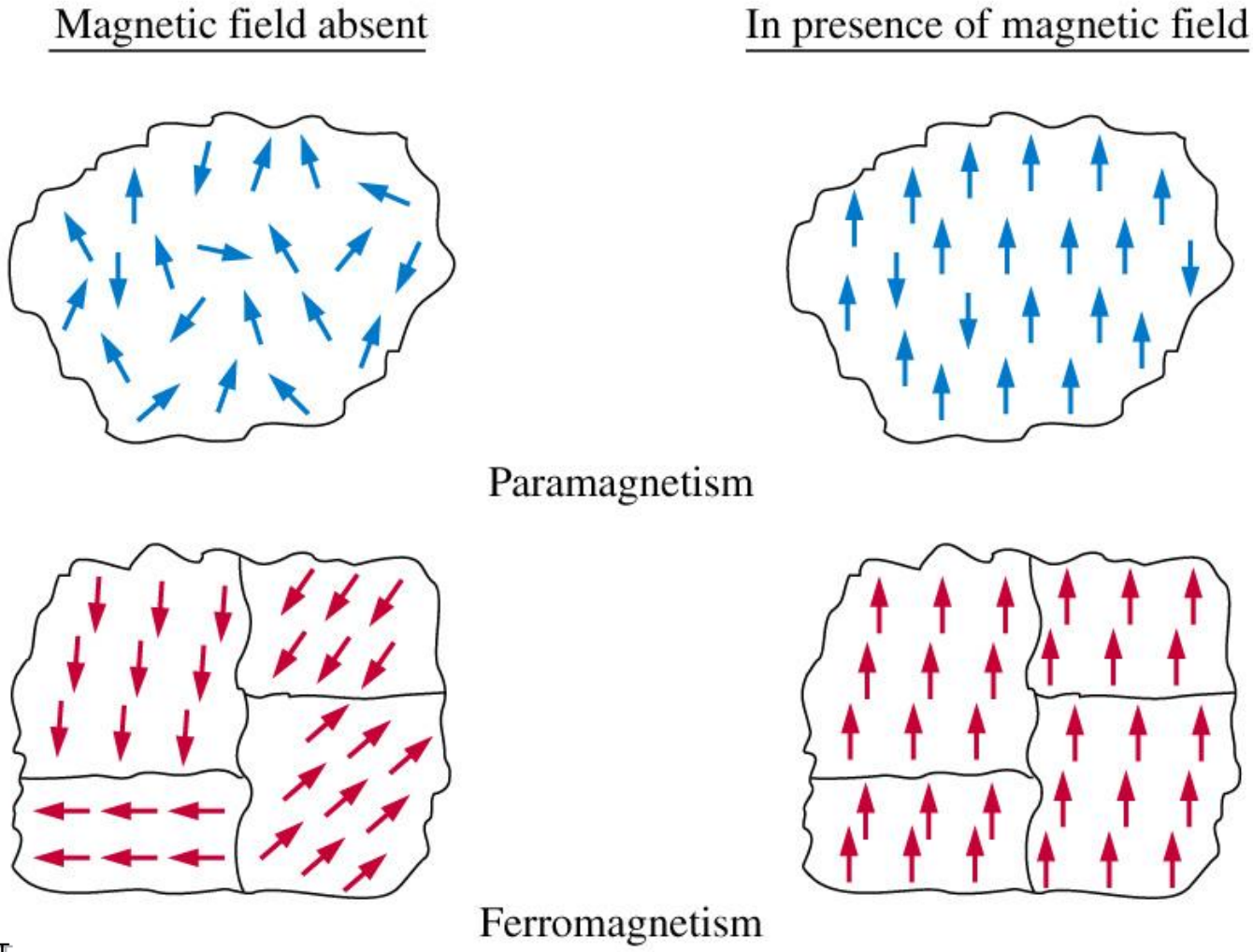
Ferromagnetic substance - $\chi >> 1$
unpaired electrons are present in atoms, and
magnetic domains are present in this substance

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

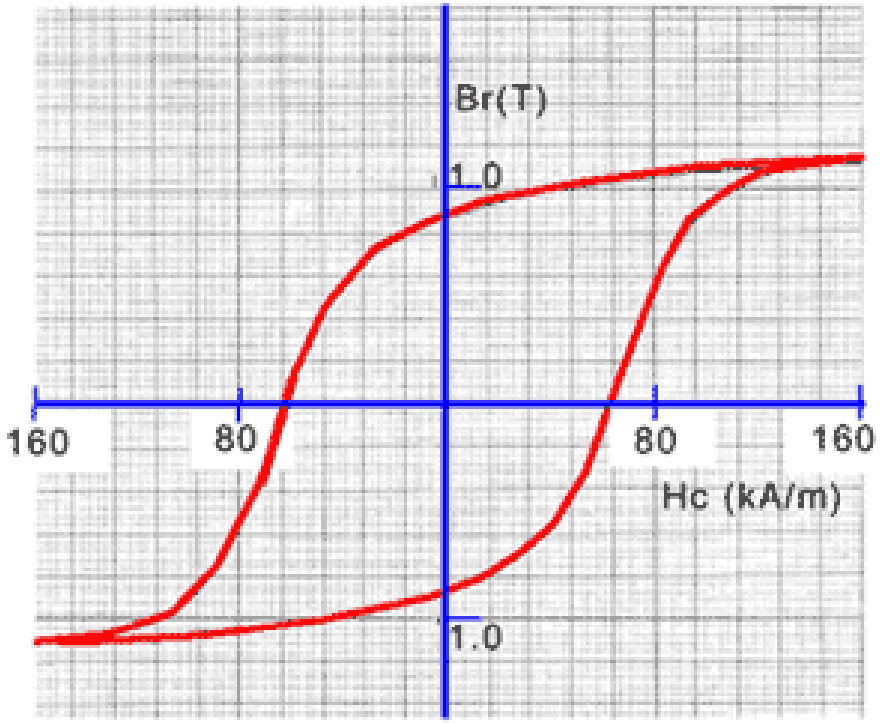
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Para- and Ferro- Magnetic Substances



Source: INTERNET

Magnets

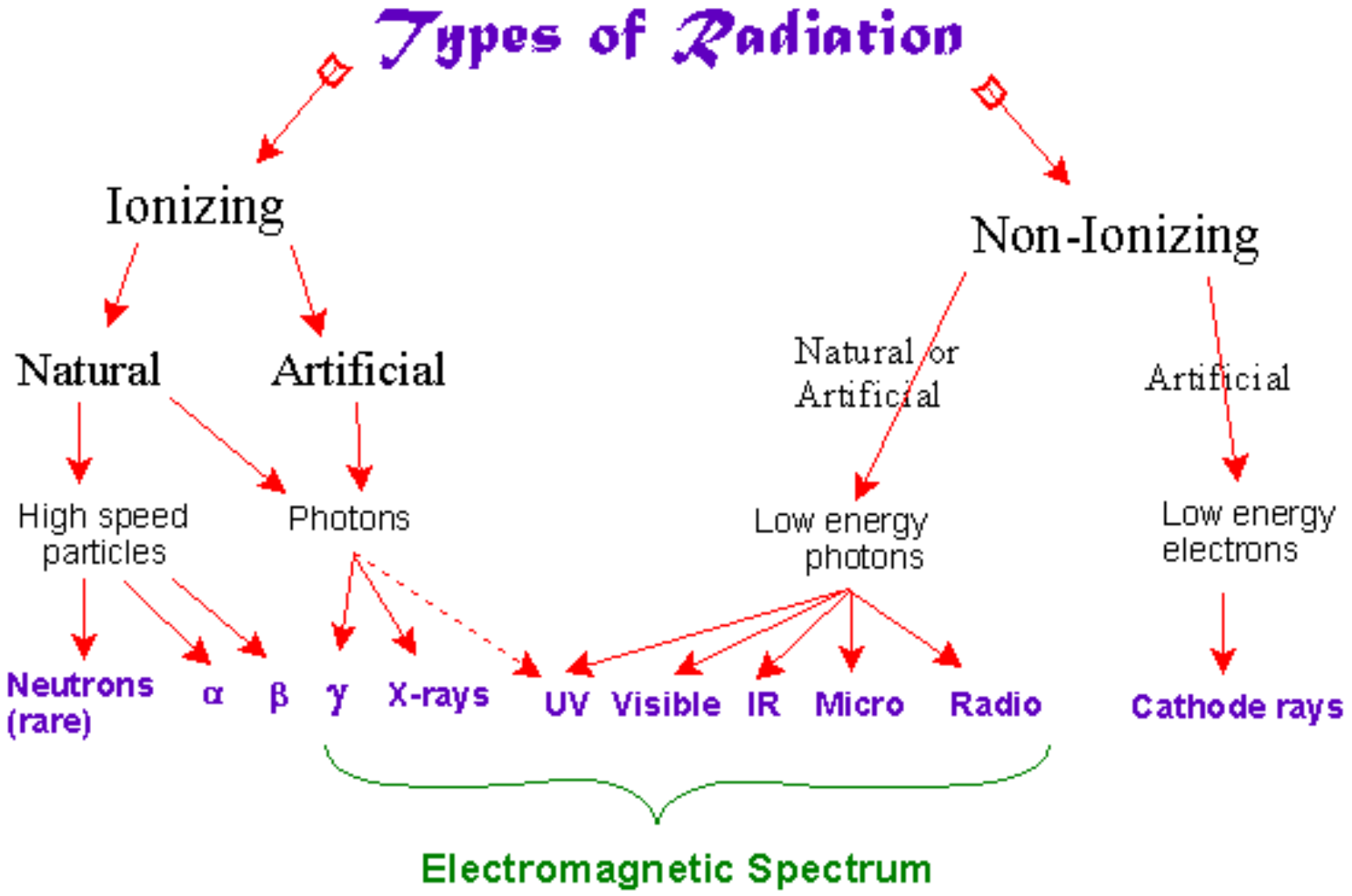


Permanent magnets

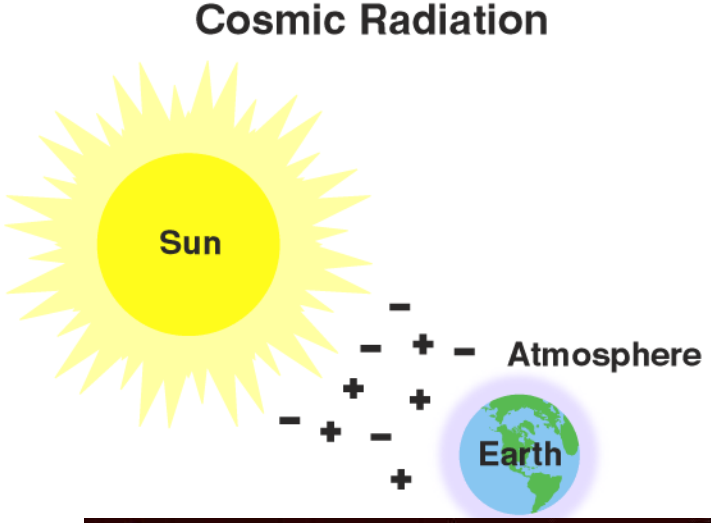
Electro-magnets

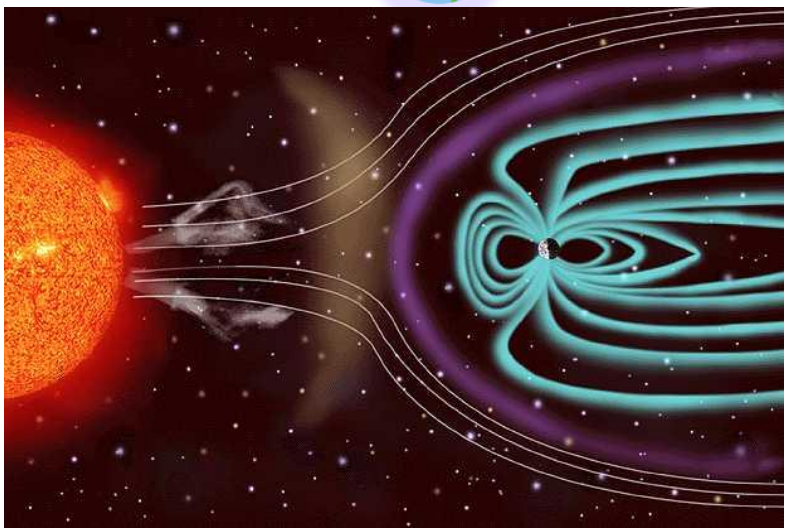
Source: INTERNET

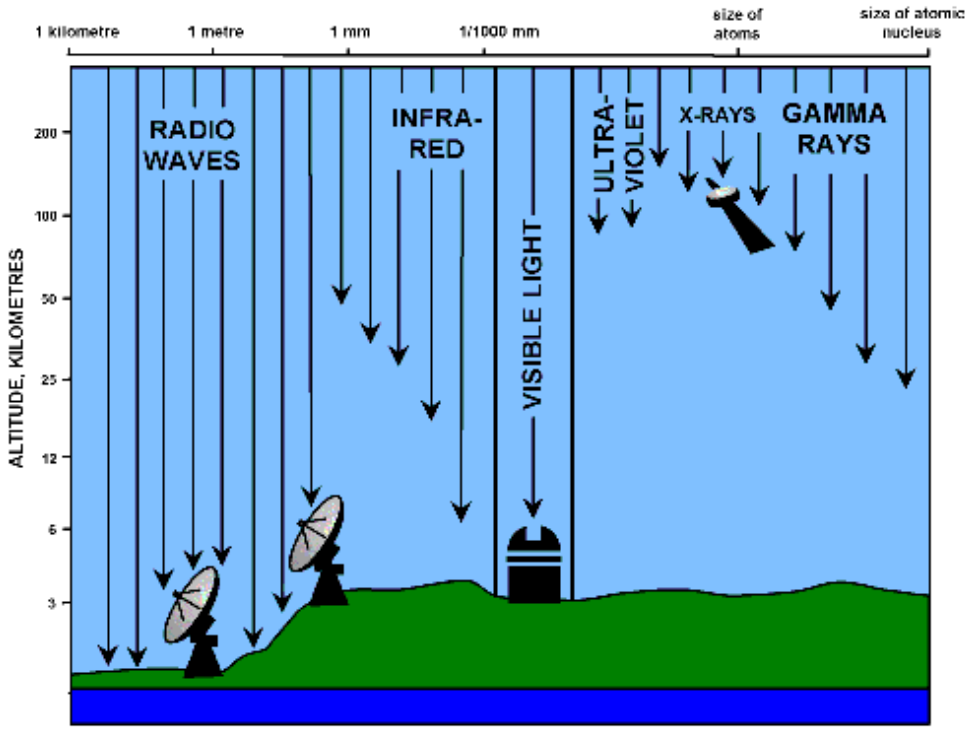
Radiation


Types of Radiation
Ionizing
Non-Ionizing
Natural
Artificial
Natural or Artificial
Artificial
High speed particles
Photons
Low energy photons
Low energy electrons
Neutrons (rare)
α
β
γ
X-rays
UV
Visible
IR
Micro
Radio
Cathode rays
Electromagnetic Spectrum

Cosmic Radiation – a General Concept

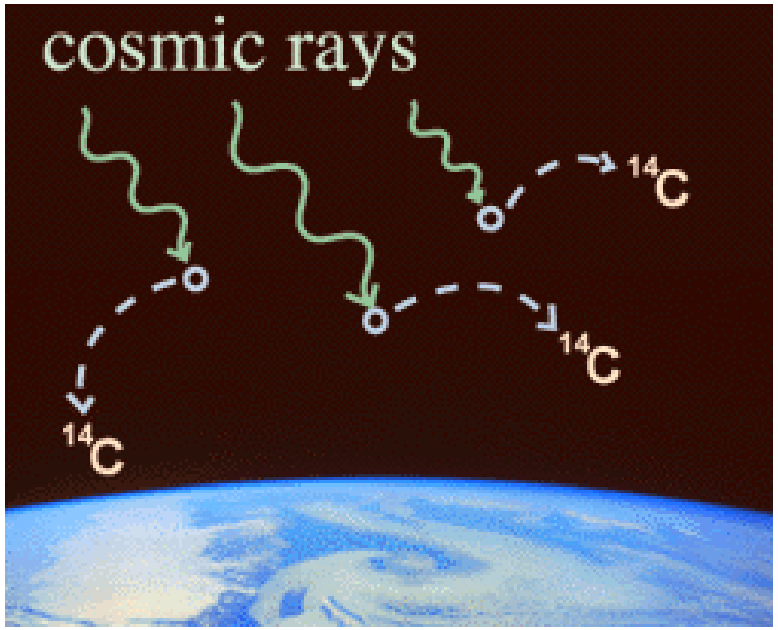


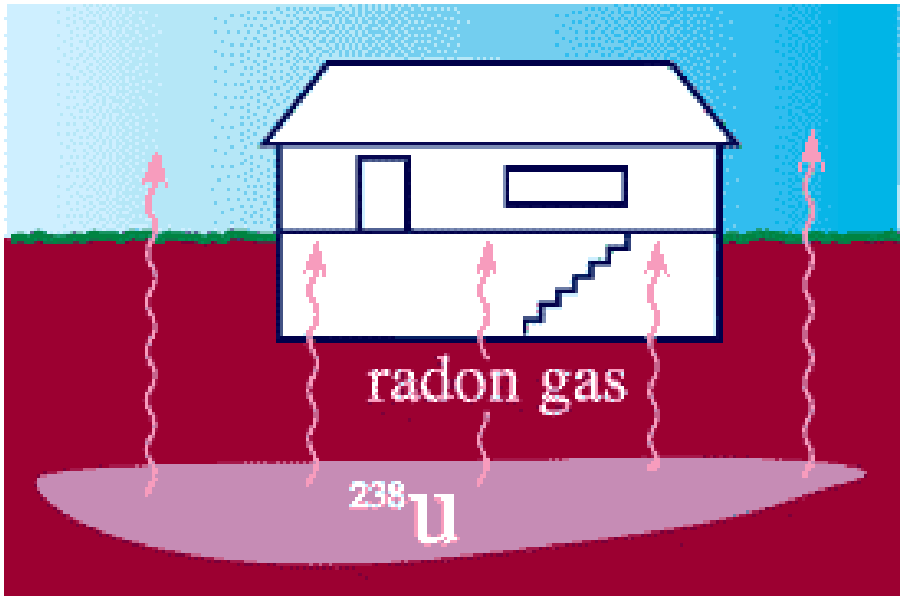




Source: INTERNET

Radiation of Background





Source: INTERNET

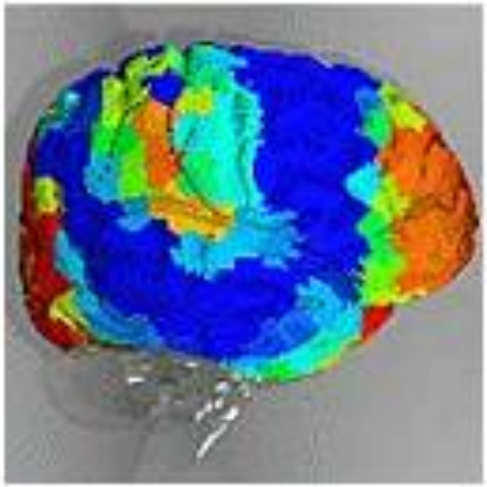
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Nuclear Radiation from Human Activities

A nuclear explosion

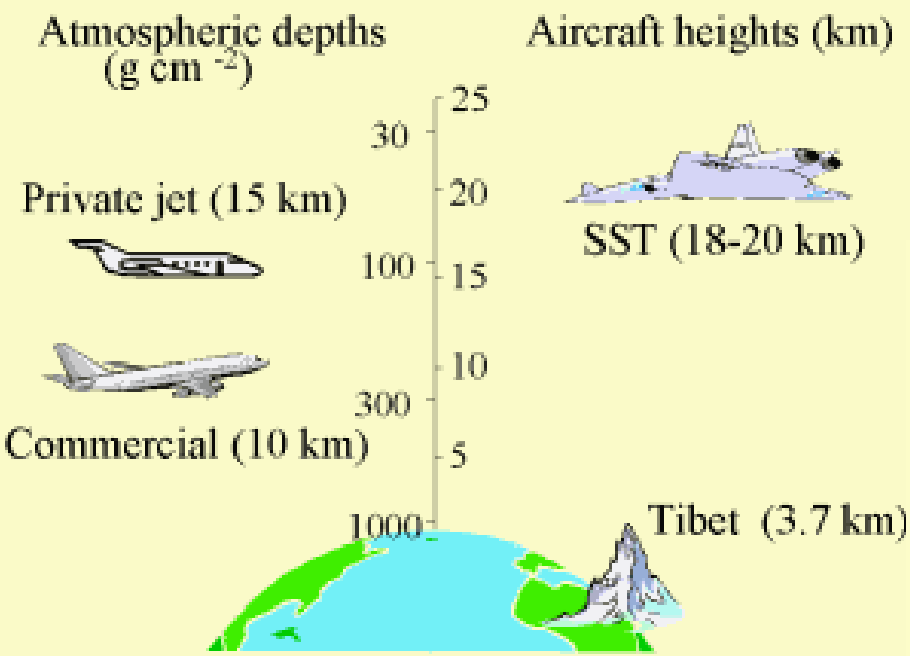


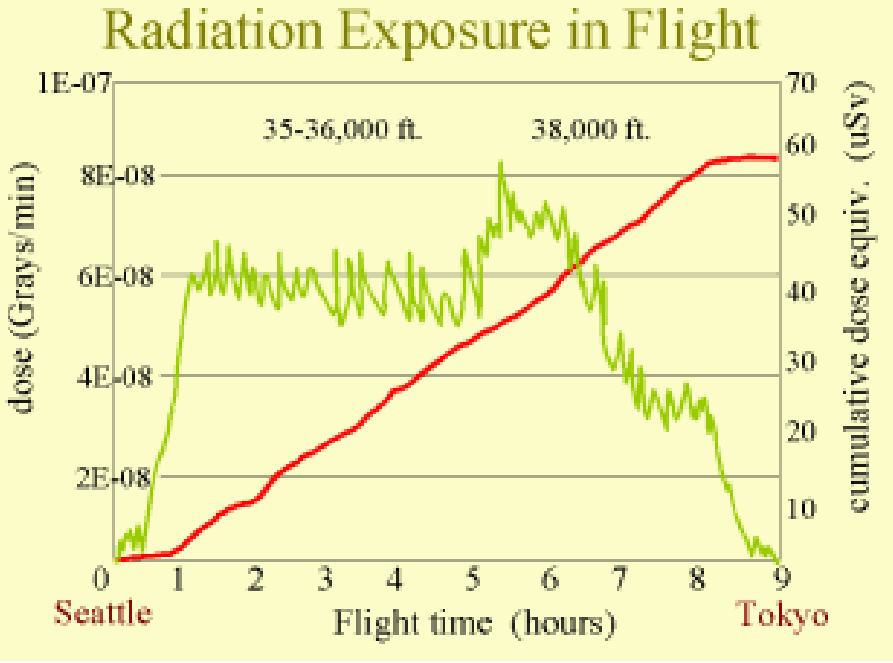
Radiation medicine image of the brain.

X-Rays are invisible radiation

Source: INTERNET

Is This Exposure Dangerous?





Annual Dose

- Air Crew 0.2 - 5.0 mSv
- General Population 1.1 mSv

Waters 2000

Source: INTERNET

Radiation Units

♦**Activity:**
1 becqerel (Bq) = 1 particle emitted/sec
This is a very small unit (wouldn't do you much harm)
1 gram of radium has an activity of 3.7 E10 Bq or 3.7 E4 MBq.
The old unit of radiation is Curie.
1 Curie = 3.7 E10 emissions/sec.

♦**Dosage:**
1 gray (Gy) = 1 J/kg.
This means that we need to take into account the energy that the radiation has. Radiation with higher energy will cause more damage to the body.
Old unit = rad. 1 rad = 1/100 Gy.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Radiation Units

- **Dose Equivalent**

Even working with doses of radiation, there are still different effects on living cells. It depends on what type of radiation it is as well as what tissue is being irradiated.We use a quantity called "dose equivalent" to specify how much damage is actually done.

1 Seivert = 1 gray * quality factor.

Quality Factors: X-rays with energy of 200 keV = 1 gamma = 1; beta = 1-2; slow neutrons = 2-3; fast neutrons = 5-10; alpha = 5-15; heavy ions = 10-20

Old unit = rems. 1 rem = 1/100 Sv.

LD_{50}	pig	190 – 310 rems
	dog	240 – 320 rems
	human	about 300 rems
	rat	790 – 820 rems

Radiation Stages

1. Physical stage (10^{-16} s) – ionisation of atoms and molecules, creation of secondary particles

2. Physio-chemical stage (10^{-13} s) – secondary reactions of ions and creation of stable molecules and unstable free radicals

3. Chemical stage (10^{-8} s) – reactions of free radicals

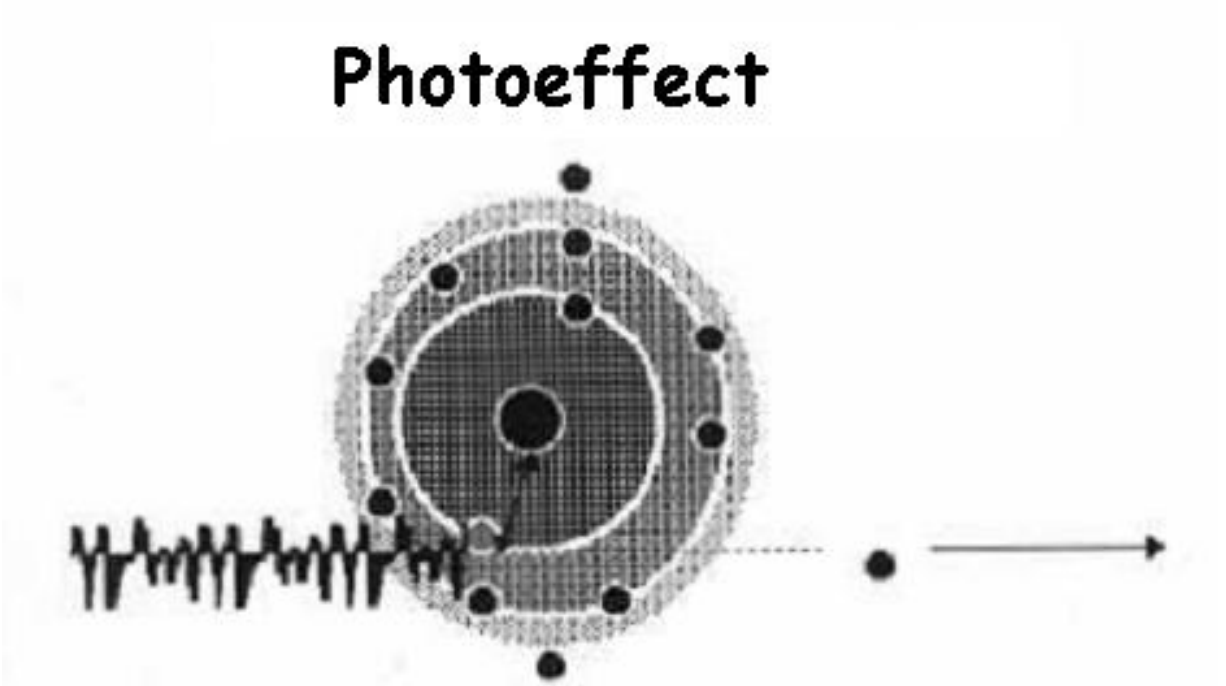
4. Biological stage (days, months years) – disrupted functions of destroyed biopolymers

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Interaction of Gamma Radiation



$$h\nu > W; \qquad h\nu = W + E_k$$

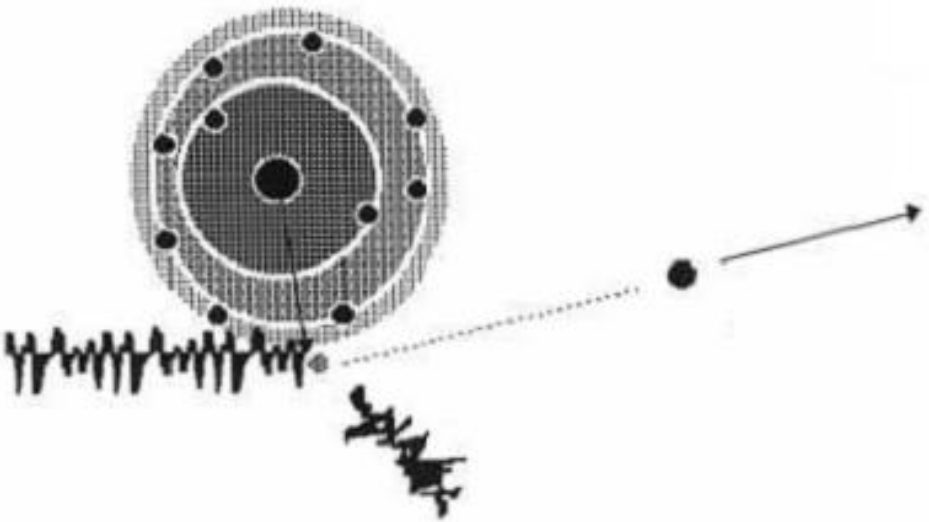
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Interaction of Gamma Radiation

Compton effect



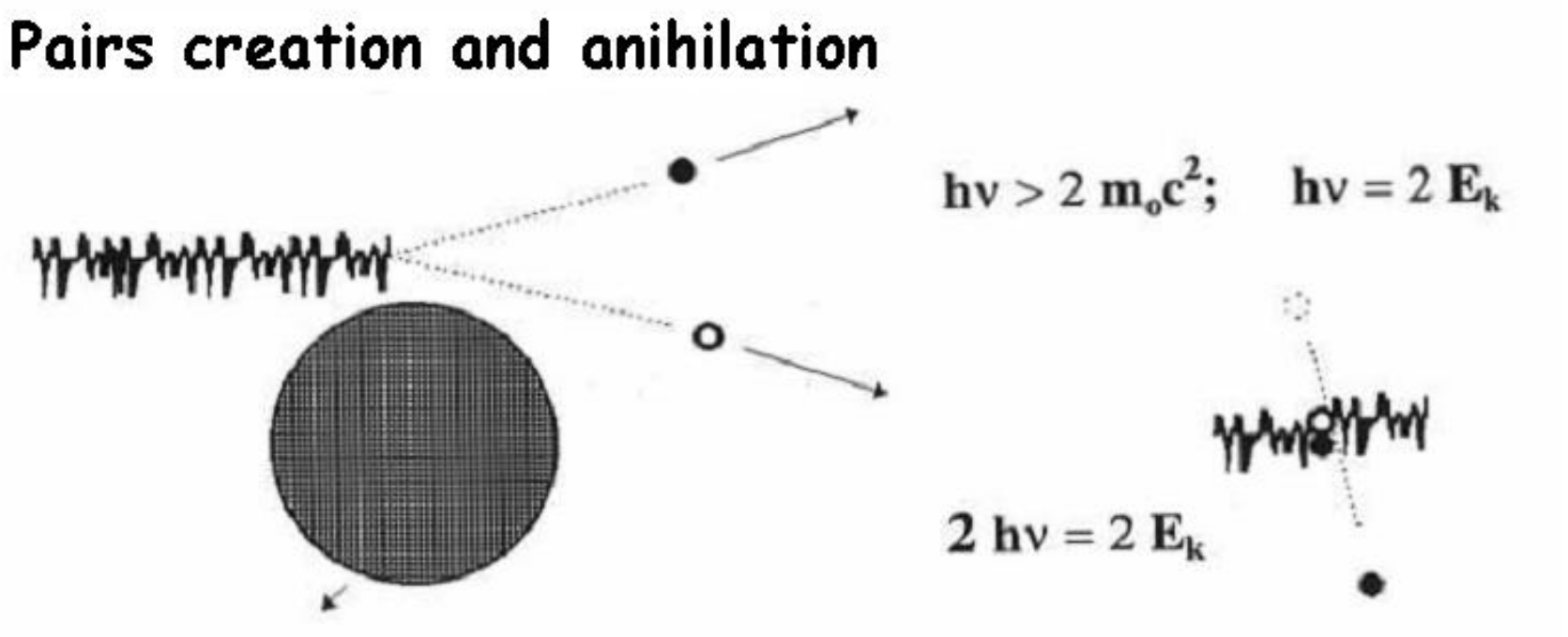
$$h\nu >> W; \qquad h\nu = h\nu' + E_k$$

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

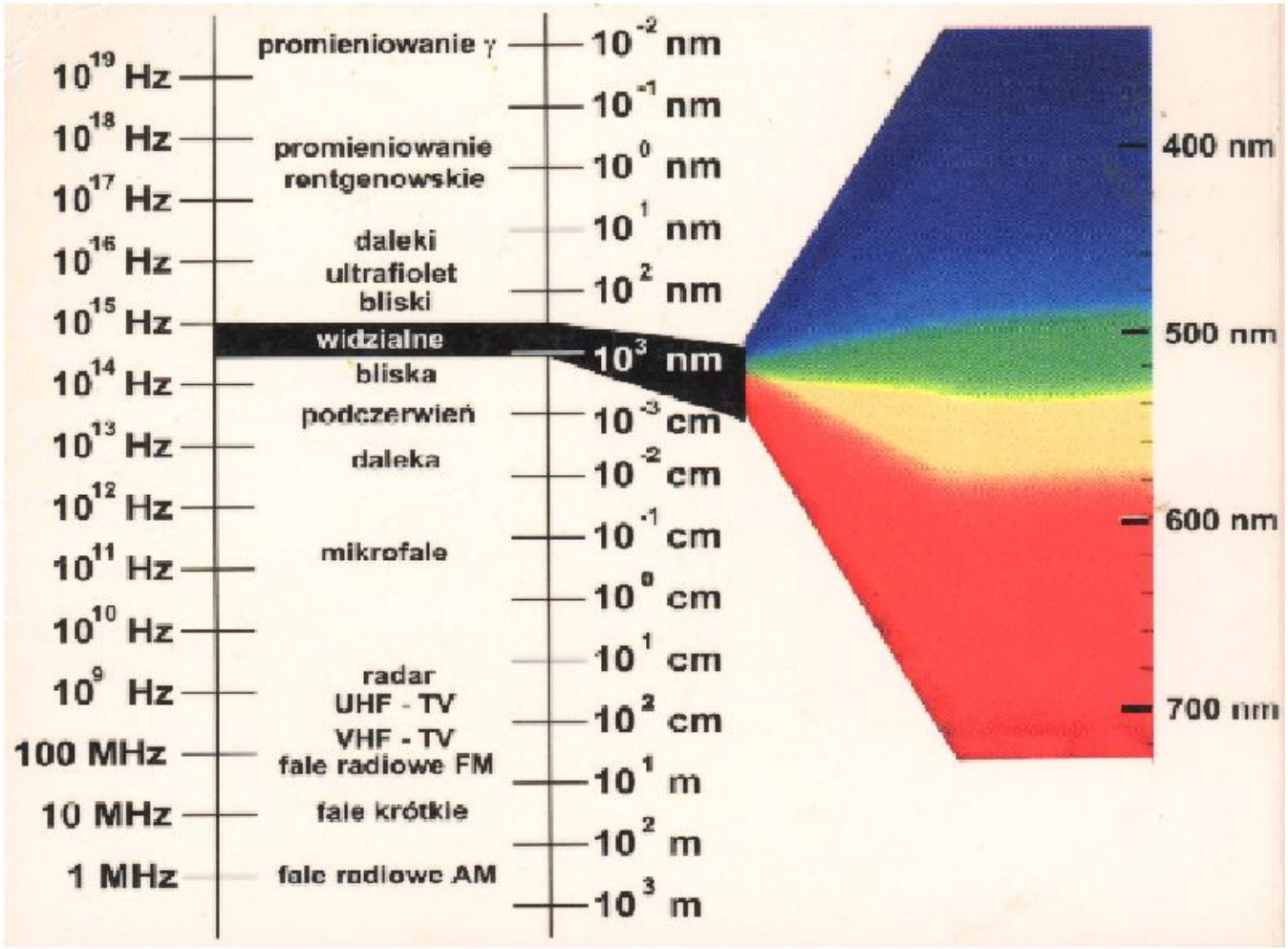
Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Interaction of Gamma Radiation

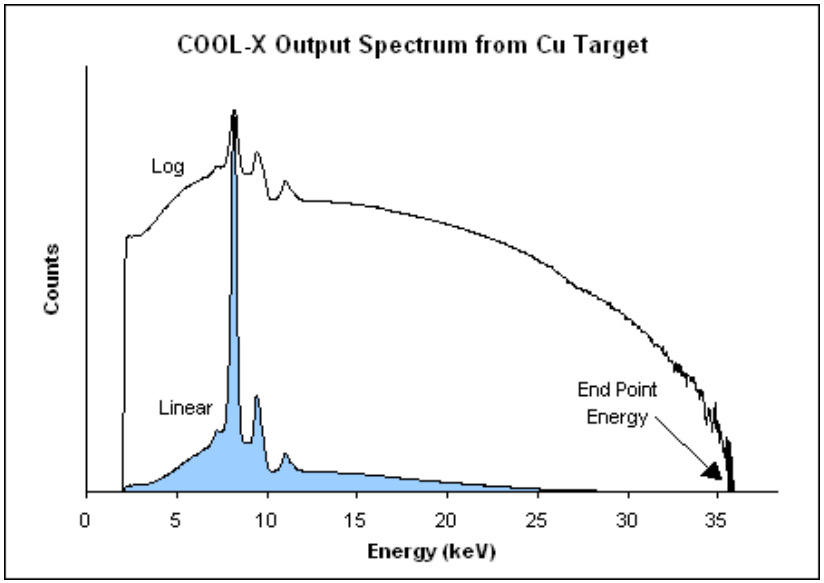


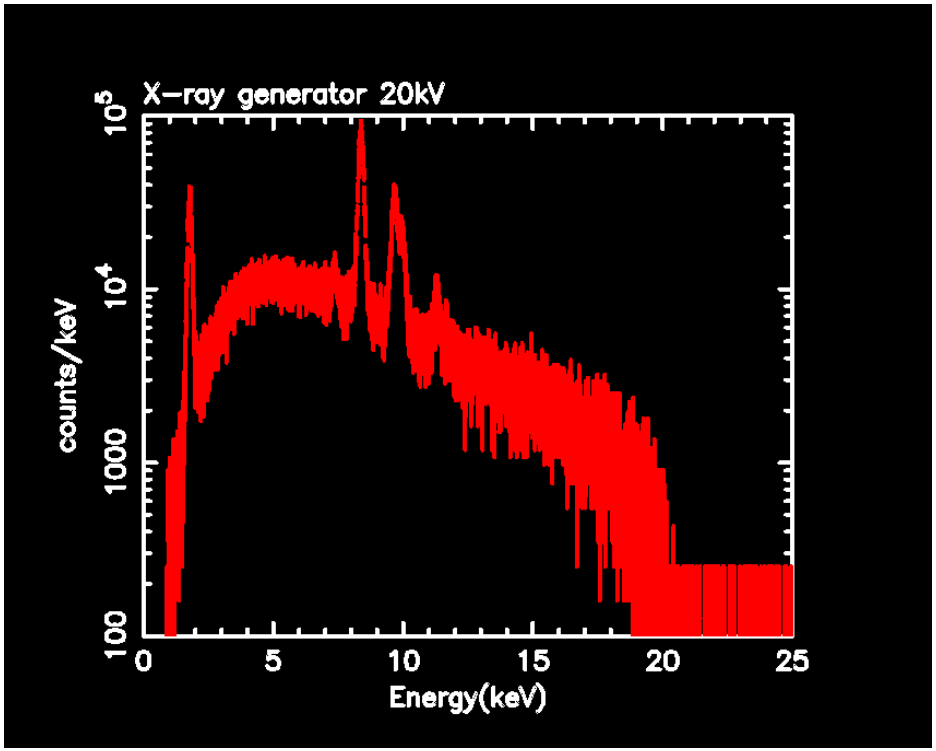
Spectra of Electromagnetic Radiation

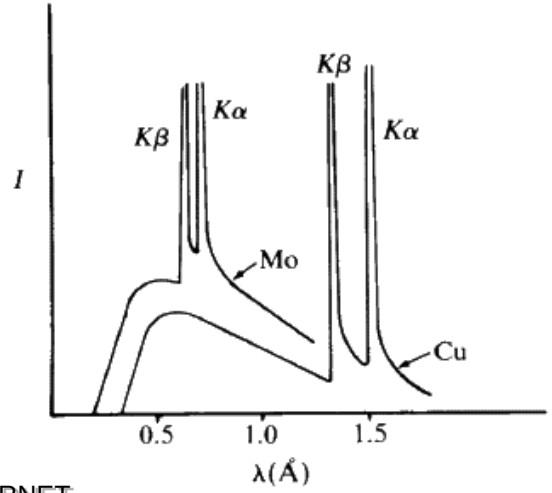


Source: INTERNET

Spectra of X-rays



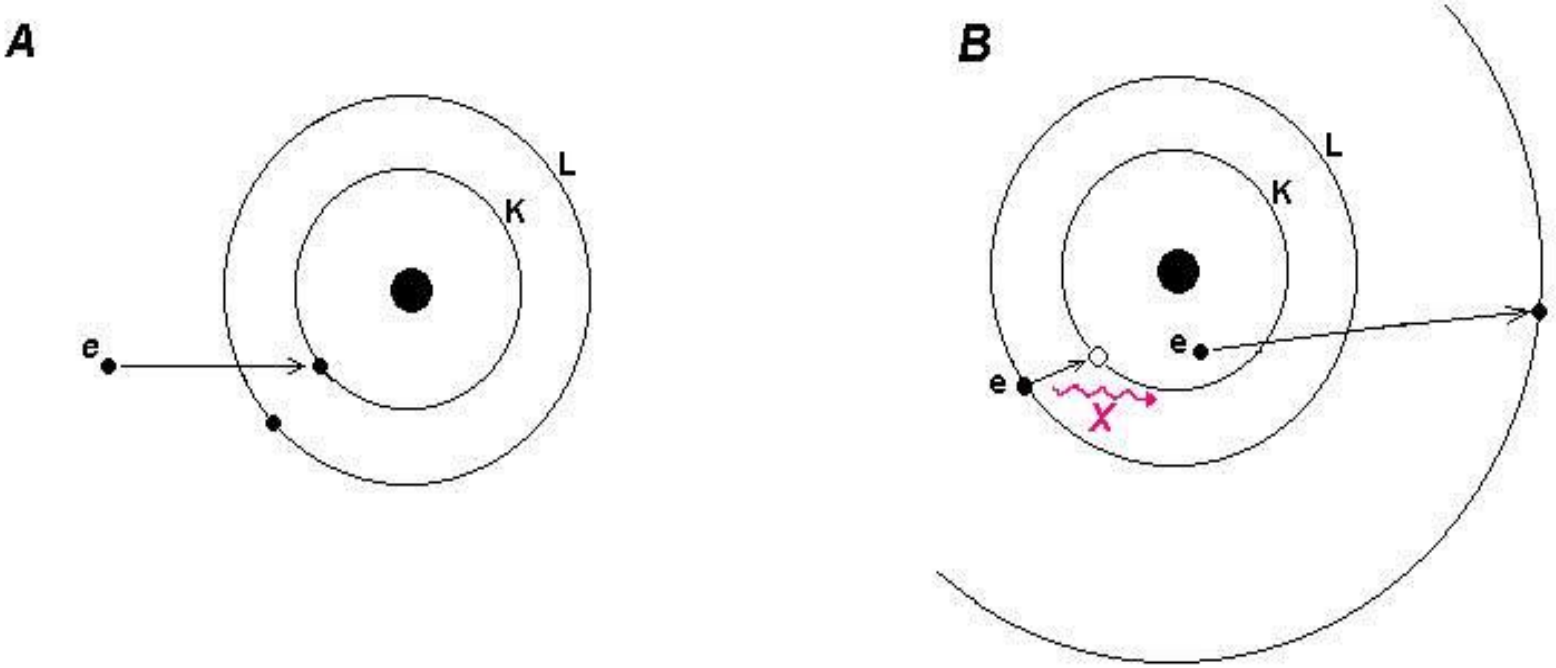




Source: INTERNET

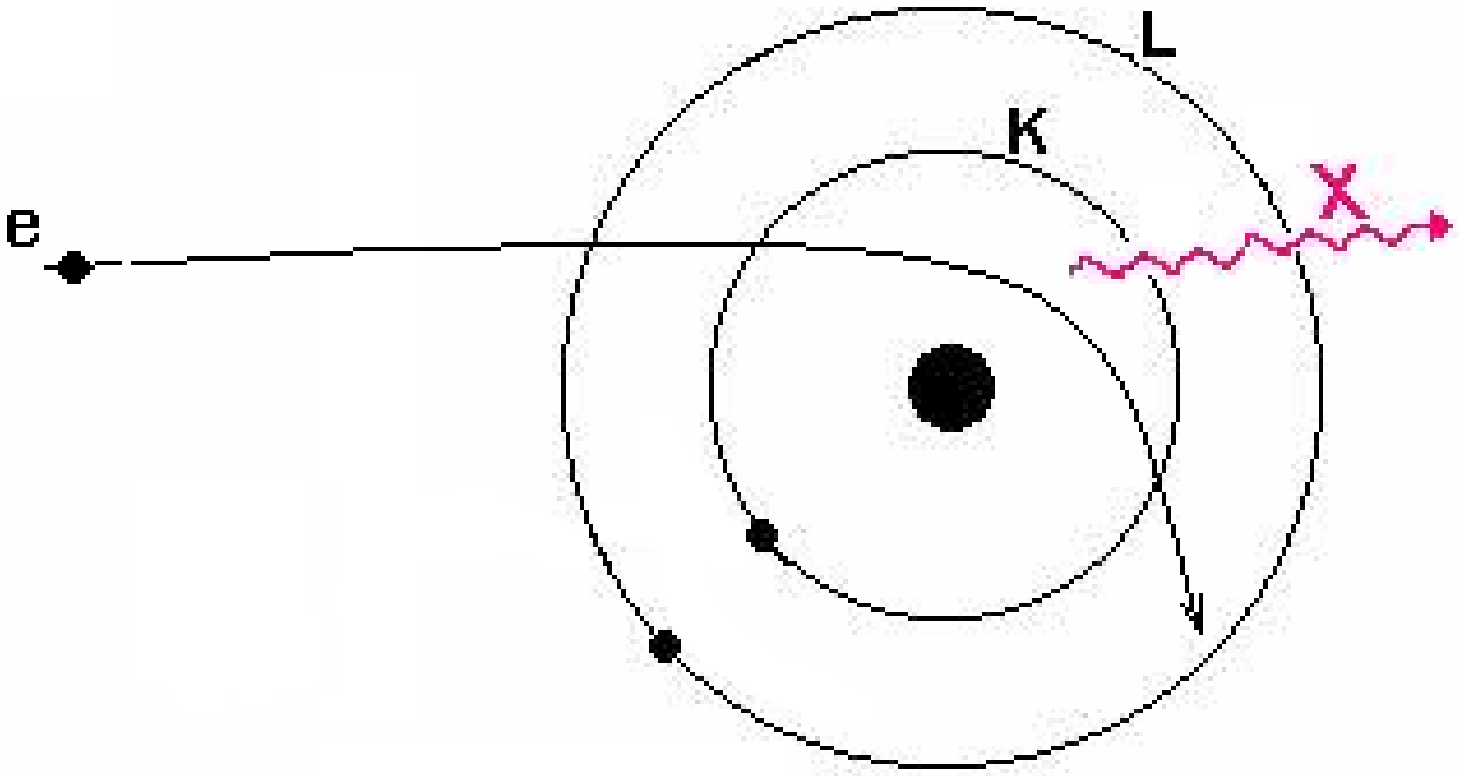
Characteristic X-rays

also K-shell emission or emission spectra



Continuum Spectra of X-rays

also Bremsstrahlung or breaking radiation



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

BIOPHYSICS

Prezentacja multimedialna współfinansowana przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego w projekcie pt.

„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń - zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej - zarządzanie Uczelnią, nowoczesna oferta edukacyjna i wzmacniania zdolności do zatrudniania osób niepełnosprawnych”