

A *MODERN FIZIKA* ÖSSZEANGOLT KÍSÉRLETES TANÍTÁSA A KÖZOKTATÁSBAN

raics.peter@science.unideb.hu

<http://www.unideb.hu>; <http://falcon.phys.unideb.hu>;

<http://falcon.phys.unideb.hu/kisfiz/Raics>

<http://falcon.phys.klte.hu/~raics/public/2016Nyh>

Dr. Raics Péter egyetemi docens
DE Kísérleti Fizikai Tanszék



MIRŐL is ?

Fenntarthatóság a fizikában

Alap kutatás – alkalmazás – interdiszciplinaritás

Globális giga-projektek – mérhető az egyéni hozzájárulás ?

Műszaki tudományok, orvos-biológia, agrár +
nyelv, történelem (archeo); művészet, ...

Lesz-e kölcsönösség, kapcsolat a két kultúra között?

Milyen veszélye van/lesz az elkülönülésnek?

Mélyül-e szakadék? Tudomány-e a politika? Kell-e ehhez fizika?

Fenntartható oktatás

Meddig növekszik a tananyag? És az emberi befogadókészség?

Mi a fontosság kritériuma a fizika tananyagban?

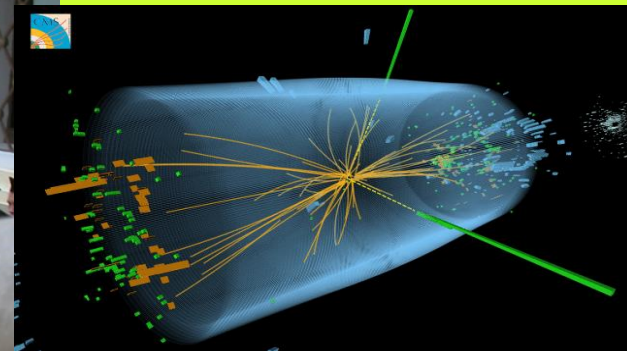
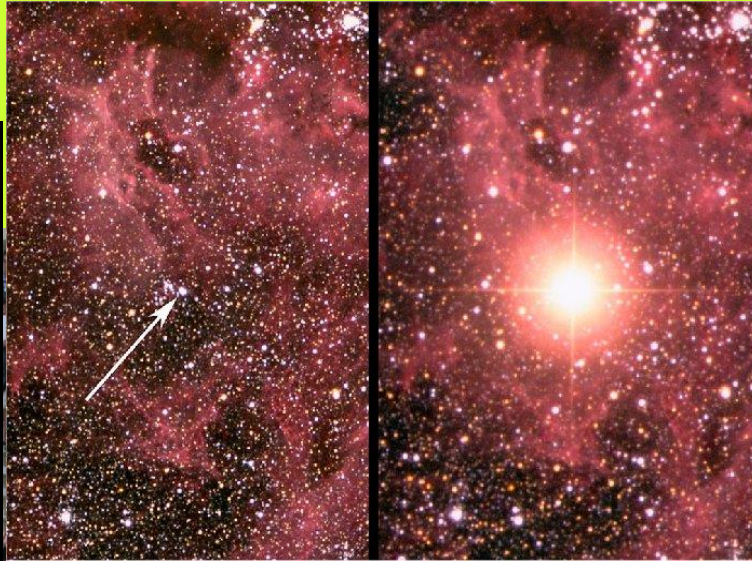
Életfogytig tartó tanulás/tanítás.

Ki és hogyan méri az oktatás eredményességét? Ellenőrzés?

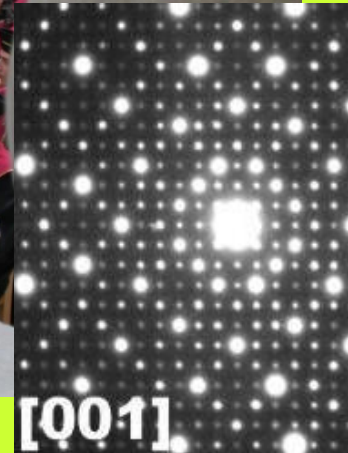
„Kísérletezzünk és gondolkozzunk?” Vagy fordítva?

Szép-e a Világ? Érdemes-e Élni? Megismerni?

Mással is
megismertetni?



A fizika tanulása a születés
előtt 9 hónappal kezdődik.



„Azért vagyunk a Világon, hogy
valahol otthon legyünk benne”
– Tamási Áron.

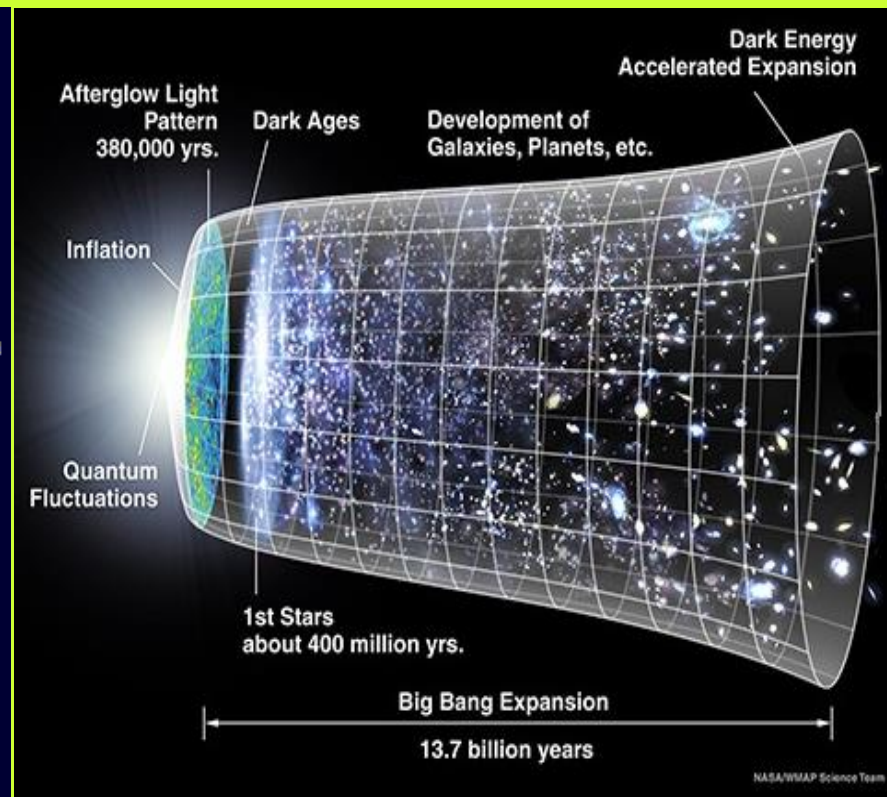
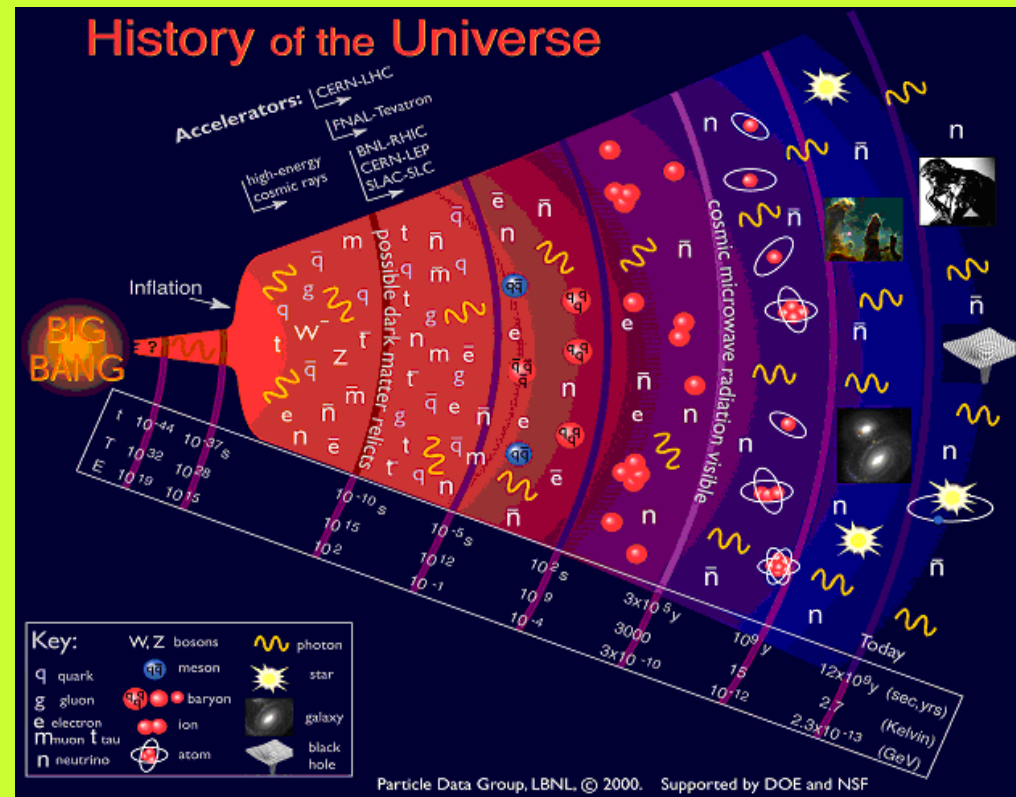
A Kezdet: „Legyen Világosság!” Teremtés (Gen 1:3-5)

... És látta Isten, hogy a Világosság Jó !

Világ, Ősrobbanás: A. Einstein + G. Lemaître = Statikus → Fejlődő

német fizikus belga jezsuita asztrofizikus-kozmológus

History of the Universe



Tud-e az Ember teremteni? Mi a Feladatunk? ALKOTÓ MEGISMERÉS!

A mai korszerű tudomány alapja: az „anyag” és a folyamatok megismerése.

Megfigyelés, ismételés, kísérletezés, feltárás – modell – elmélet - ellenőrzés

Ezt CSAK A KERESZTÉNYSÉG tudta megteremteni ! Európa ?

Kérdések:

Válaszok:

Fizikából

mit,

kinek,

mikor,

hogyan,

mivel,

miért,

hol

tanítsunk?

És: *ki ?*

sokat, de *legalább valamit*,
mindenkinek (*magunknak is!*)
folyamatosan - életfogytiglan
érthetően és türelemmel,
különféle szintű eszközökkel,
a megismerés öröméért (*is*),
iskolában és *mindenhol*.

... jó szóval oktasd, játszani is engedd ...

„Versenyzők” + érdeklődők + közömbösek + „ellenségek” + ...
... + leendő politikusok

Mit és mennyit, meddig?

Marx Gy.: *iskolában egyetemi anyagot ! És egyetemen?*

Alapok, elvek, törvények.

Mindent, amit eddig a *fejlődés* hozott és a jövő kíván +

„**Modern fizika**” = **kvantumfizika** (szupravezetés), EM-hullámok

Mit lehet *kihagyni*? Mi az *új*? Technikai csoda ≠ új fizikai elv !

DE pl. csodatelefon az EM hullámok tanításához?!

+ 1 év a közoktatásban? (Vissza)emelt óraszám? (Harcolni!)

+ 1 év a felsőoktatásban (tanár már 5+1; 50-es évek: 4 !)

Átmenetileg: 5 éves osztatlan fizikusképzés !

Egyetem: Bolognai szósz nélkül, mert $3 + 2 \ll 5$ (+ PhD?)

És: kísérletezés, gyakorlat, gyakorlat, gyakorlat. Kivel?

Az 5+1 tanárképzésben lesz-e elég laborgyak?

Szaktárgyszertan vagy PePsz?

Tudós tanár: továbbképzések; PhD ???

Miért éppen a kvantumfizika ?

Alap-, alkalmazott-, műszaki tudományok fejlődése.

Interdiszciplináris kutatások; környezet.

Általános ismeretelmélet, filozófia, szociológia, ...

A Világ keletkezése, az anyag fejlődése, ...

a legkisebbtől a legnagyobbig ~ egységes kép.

Még *nem szoktuk meg a szellemét*, mert

sehol nem jut(ott) rá elég idő;

elvont, nehéz fogalmak;

az egész „klasszikus” fizikát tudni kell hozzá;

drága eszközök a kísérletezéshez.

De: SZÉP, bár nehéz a matematikája!

(„Modern”: a gravitáció 100 éves elmélete is!)

Kvantumfizika: $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ joule}$... de sok kicsi ..., **L!**

Nagyságrendek !! $1 \text{ g } ^{235}\text{U}$ hasadása termikus neutronokkal = 3000 kg szén elégetése !

Rutherford tévedései

ATOMFIZIKA – MAGFIZIKA – RÉSZECSEKEFIZIKA

MOLEKULA

„radioaktivitás”

SZILÁRDTEST

...1...100 eV

1...1000 MeV

10 ...10 000 ... GeV

Rel: **1**

$\sim 10^7$

$\sim 10^{14} \dots$

Radioaktivitás: *a kvantumfizika logaritmikus közepe*

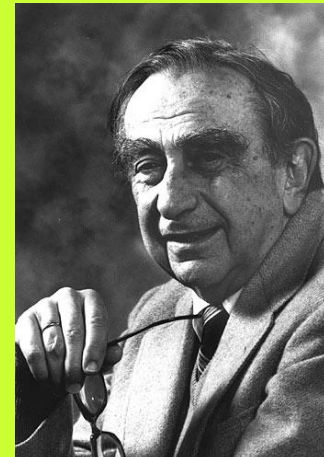
A jelenségek bemutatása itt könnyebb: energia, kölcsönhatás, élettartam

Véletlen jelenségek időben–térben és kapcsolatokban:

- független események, *véletlen* folyamatok
- valószínűségek, statisztikai gondolkozás,
- szabadakarat és lehetőség

Teller Ede optimizmusa

(Ő **zongorázni** is tudta a különbségeket a mikro- és makro világ között, de egységben is tudta kezelni azokat.)



A mikrofizika feladatai, teljesítőképesége

Kölcsönhatások:

Relatív erősségek:

erős; elektromágneses + gyenge, gravitációs
1 **10^{-2}** **10^{-5}** **10^{-39}**

Egységesítés:

.....????

+ „klasszikus” fizika: **az anyagi világ és folyamatainak leírása**
(Vannak hiányosságai, de ezeket IS látjuk.)

A matematikát alapvetően felhasználja (néha új igények).

Viszonylag ellentmondás-mentesen kezeli

- **a legkisebbeket** (mikro részecskék) és **átalakulásaikat**,
- **a legnagyobbakat** (csillagrendszerek) és **fejlődésüket**.

Más tudományágaknak metodikai és tárgyi segítséget IS ad:
modellezés, (szuper)számítástechnika (**PC, web**)

A tudományos-műszaki-technikai fejlődés legnagyobb hajtóereje -- BÉKÉBEN

Az **ATOM-, MAG- és RÉSZECSEFIZIKA**
(kvantum**fizika**) **alapvető törvényei**

Diszkrét mennyiségek: energia, perdület, ...

„Rojtos a széle mindennek”: **valószínűség**, statisztika

Részecskék, folyamatok, kvantumállapotok jellemzői:

energia (kin/teljes, kötési ...; diszkrét állapot)

lendület (folytonos), **perdület** (pálya- és saját =spin);

elektromos töltés (0; ± 1 ÉS $-1/3$ $+2/3$); el.- és mágn. mom; típus

Részecske – hullám dualizmus, de Broglie: $\lambda = h/p$

Schrödinger-féle hullámgörvény

Heisenberg $\Delta p \cdot \Delta x \geq h/2\pi$ (impulzus-hely)

Szimmetriák (szimmetriasérülés) $\rightarrow$ **megmaradási törvények**

Energia megmaradás: időeltolással szembeni invariancia; $E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = \text{áll.}$

Lendület-megmaradás: koordináta-eltolás inv.

Perdület-megmaradás: forgás-szimmetria ($m \cdot \hbar/2$; spin: részecske-típus)

Elektromos töltés-, típus-megmaradás (lepton, barion), ...

Paritás-megmaradás

A megmaradási törvények kapcsolatai

Az energiamegmaradás **szükséges, de nem elegendő** feltétel !

Ha nem teljesül, NEM megy végbe a folyamat!

Ha teljesül, bekövetkezik **HET** a többi feltétel teljesülése esetén!

A „többi feltétel”: más megmaradási elv $\rightarrow$ „*kiválasztási szabályok*”.

Pl. Legerjesztődés fotonnal:

$S_{\text{foton}} = 1 \cdot h/2\pi = J \rightarrow$ *dipól sugárzás*: nagy valószínűség, „gyors”,
 $J \geq 2\hbar \rightarrow$ *kvadru- ...pól*: kisebb val., „lassúbb”

Hosszú életidejű izomer-állapotok atommagoknál;

~fluor-, foszfor-eszcencia összetett rendszereknél (molekulák)

Megmaradási törvények $\rightarrow$ egyenletek $\rightarrow$ folyamatok leírása

A neutron β -bomlása:

$$\begin{smallmatrix} 1 \\ 0 \end{smallmatrix} \mathbf{n}_1 \rightarrow \begin{smallmatrix} 1 \\ 1 \end{smallmatrix} \mathbf{p}_0 + \begin{smallmatrix} 0 \\ -1 \end{smallmatrix} \mathbf{e}_0 + \begin{smallmatrix} 0 \\ 0 \end{smallmatrix} \bar{\nu}_0$$

Barionszám B	1	1	0	0
Leptonszám L	0	0	1	-1
Elektr.töltés q	0	+1	-1	0

Kvantumfizikai folyamatok, átmenetek



Mindkét oldalon: tömeg + kinetikus = teljes energia

reakciósebesség

bomlási sebesség, *aktivitás*

$$R = N \cdot \Phi \cdot \sigma = N \cdot v \cdot \sigma \quad [1/s]$$

$$\Delta N / \Delta t = A = N \cdot \lambda \quad [1/s]$$

v: sebesség

$$N = (m/M) \cdot L \quad L = 6 \cdot 10^{23} / \text{mol}$$

Φ : részecskeáram-sűrűség

$$\tau = 1/\lambda \quad \text{közepes } \textit{élettartam}$$

σ : hatáskeresztmetszet

$$T_{1/2} = L \ln(2) / \lambda \quad \textit{felezési idő} \quad (\text{radioaktivitás})$$

Heisenberg

$$\Delta E \cdot \tau \geq h/2\pi = 6,582 \cdot 10^{-16} \text{ eV} \cdot \text{s} \quad (1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ joule})$$

Vizsgálati módszerek:

- 1) ütköz(tet)és: rugalmatlan – gerjesztés (Franck-Hertz, ...);
- 2) spektroszkópia: gerjesztett állapotból részecske/sugárzások;
- 3) gerjesztési függvény $\sigma = f(E_{x_{\text{bomb}}})$;
- 4) emittált részecskék energia- és szögeloszlása;
- 5) élettartam ...

Kvantum-állapotok, átmenetek

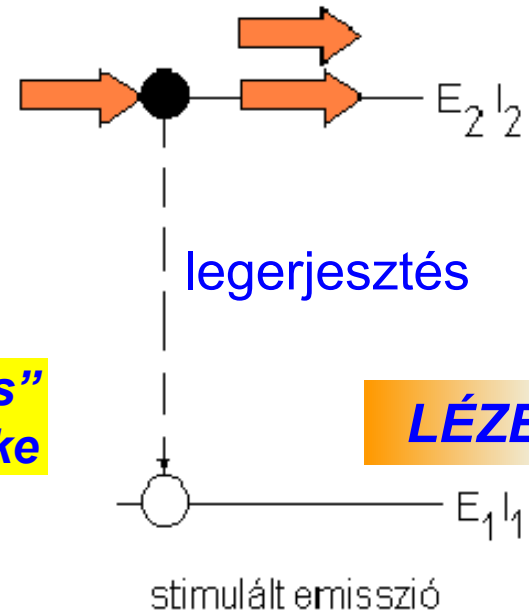
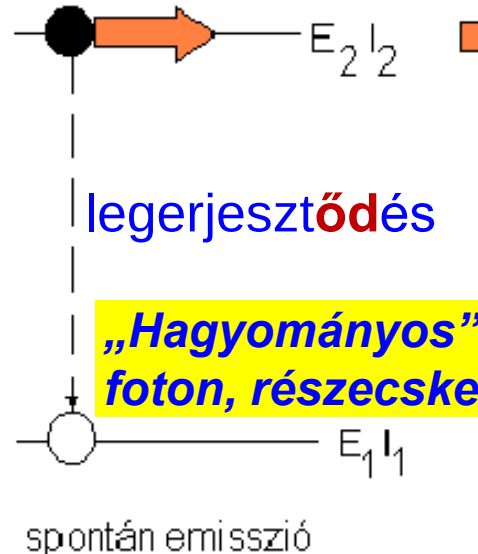
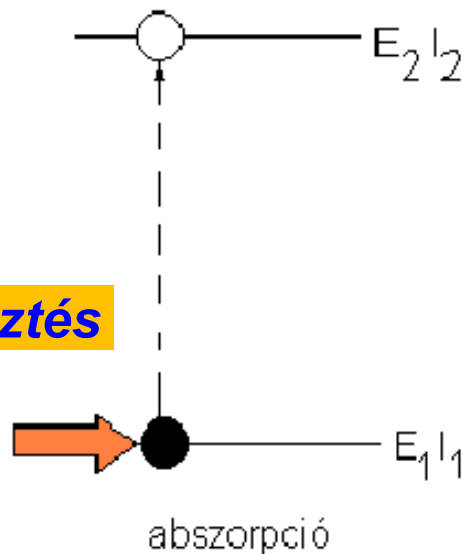
$$\Delta E = E_v - E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \text{ vagy } \hbar \cdot \nu \text{ (foton)}$$

Kezdeti (1) és végállapot (2) közötti átmenetben ΔE
a **részecske által elvihető** vagy
a **gerjesztéshez szükséges energia**

Perdület-megmaradás: $|l_v - l_k| \leq J_{\text{részecske}} \leq |l_v + l_k|$

A SUGÁRZÁS
elnyelése

A SUGÁRZÁS
kibocsátása: források



PERIÓDUS sorozat		s-elemek I II		AZ ELEMÉK PERIÓDUSOS RENDSZERE																III		IV		p-elemek V VI		VII		0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
K	1	1,01 H 1 Hidrogén		relativ atomtömeg — 26,98 vegyjel — Al³₈ rendszám — 13 — az elektronok eloszlása az energiaszinteken Alumínium																														4,00 He 2 Hélium																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
L	2	6,94 Li 3 Litium	9,01 Be 4 Berillium																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													</

f-elemek

LANTANOIDÁK	La 57 Lantan	Ce 58 Cérium	Pr 59 Praseodimium	Nd 60 Neodimium	Pm 61 Promethium	Sm 62 Samarium	Eu 63 Eurórium	Gd 64 Gadolinium	Tb 65 Terbium	Dy 66 Dysprosium	Ho 67 Holmium	Er 68 Erbium	Tm 69 Thulium	Yb 70 Itterbium	Lu 71 Lutécium
AKTINOIDÁK	Ac 89 Aktínium	Th 90 Tórium	Pa 91 Protaktínium	U 92 Urán	Np 93 Neptúnium	Pu 94 Plutónium	Am 95 Americium	Cm 96 Kürum	Bk 97 Berkelium	Cf 98 Kalifornium	Es 99 Einsteinium	Fm 100 Fermium	Md 101 Mendelevium	No 102 Nobelium	Lr 103 Lawrencium

Kvarkok → ..., nukleonok → [atommag + elektron] = ATOM → molekula → ...

ATOMMAGFIZIKA ----- RADIOAKTIVITÁS

= Sugárzásos tevékenység



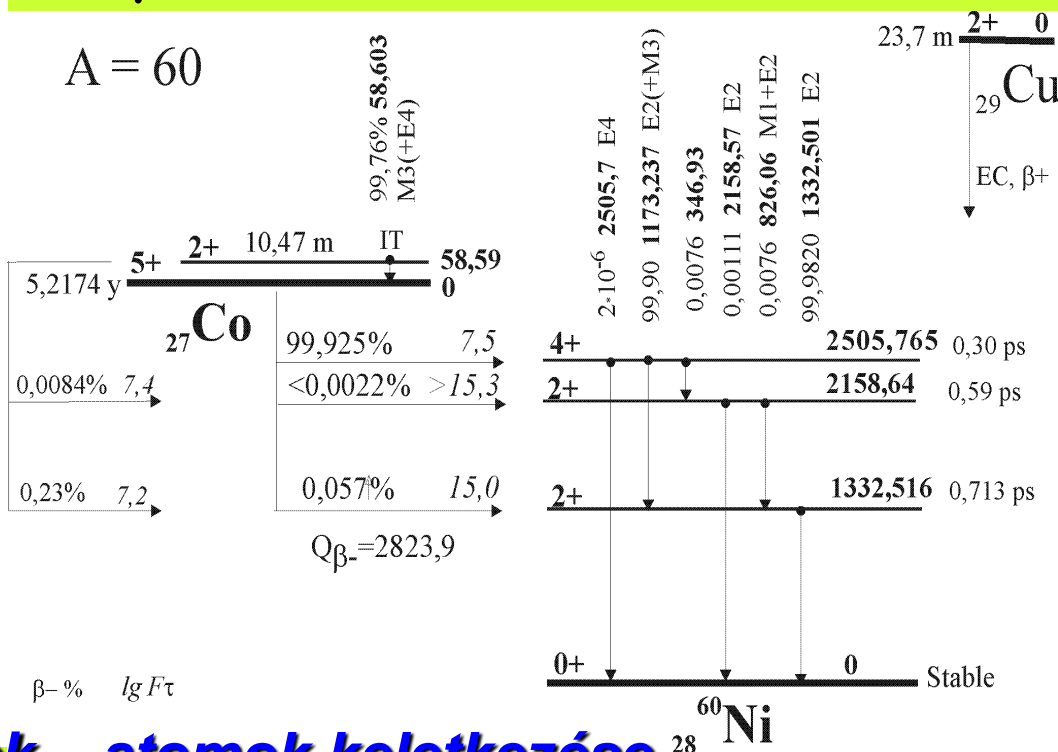
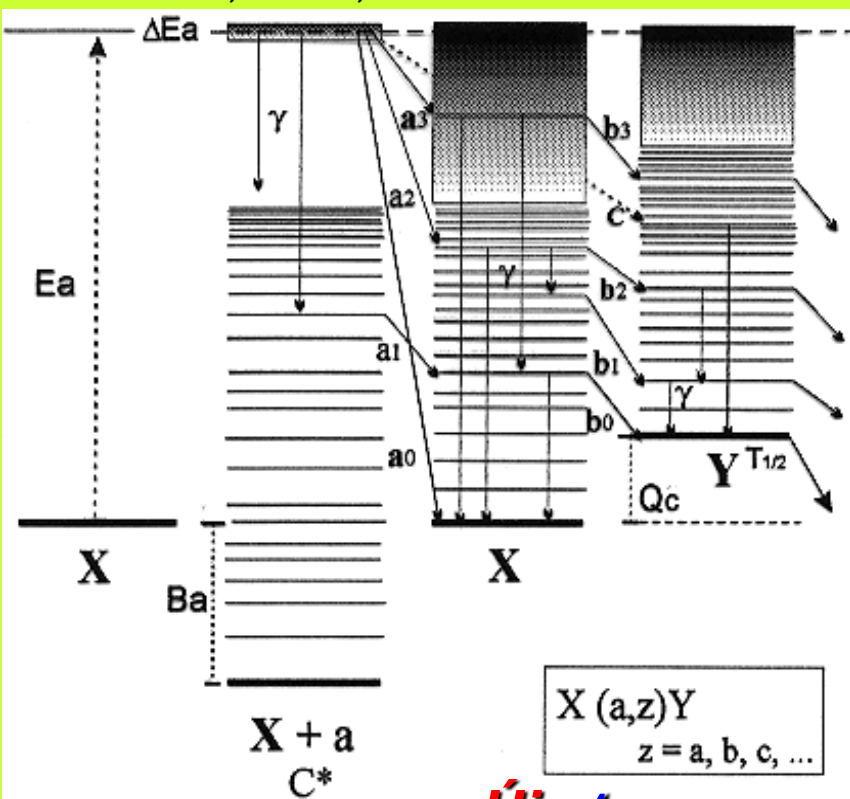
Magreakció:

rugalmas/rugalmatlan ütközések,
átalakulás: γ -, részecske-kibocsátás,
Hasadás, fúzió,

Bomlás, átalakulás; részecske kibocsátás,
legerjesztődés (ld. atomok-molekulák)

α : He^{2+} , β^- , β^+ : elektron/pozitron, ...

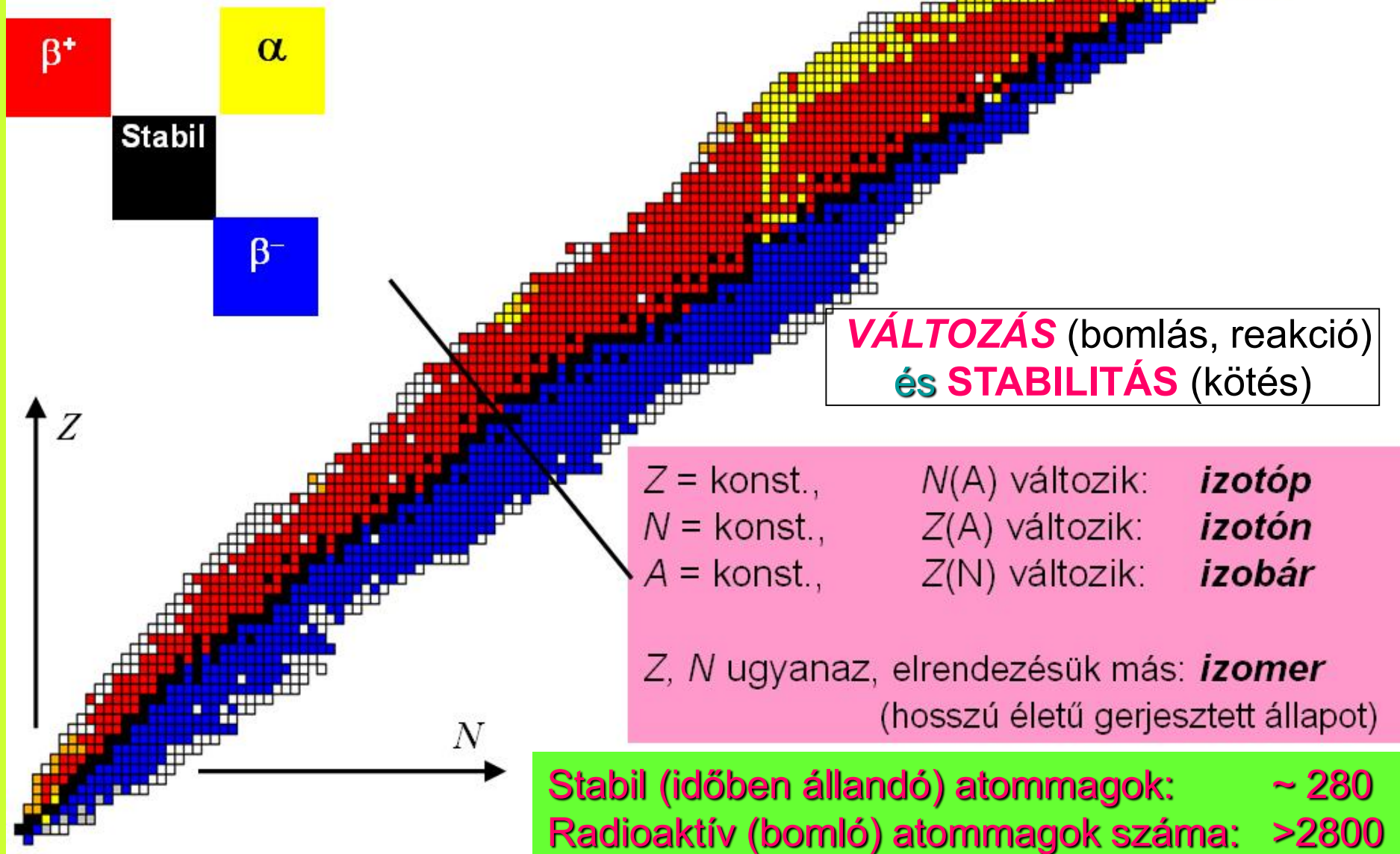
γ -fotonok: elektromágneses sugárzás



Új atommagok – atomok keletkezése

Atommagtérkép, 1

Nuklidkarte, Chart of the Nuclides



Atommagtérkép, 2.

**MINDEN iskolának
+ ... beszerezni !!**

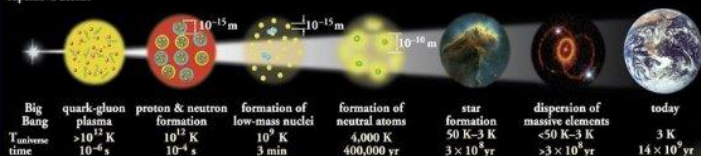


[illegible]

Nuclear Science

Expansion of the Universe

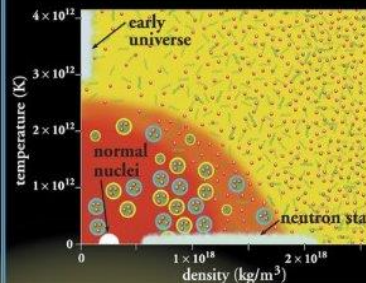
After the Big Bang, the universe expanded and cooled. At about 10^{-4} second, the universe consisted of a soup of quarks, gluons, electrons, and neutrinos. When the temperature of the Universe, T_{universe} , cooled to about 10^9 K, this soup coalesced into protons, neutrons, and electrons. As time progressed, some of the protons and neutrons formed deuterium, helium, and lithium nuclei. Still later, electrons combined with protons and these low-mass nuclei to form neutral atoms. Due to gravity, clouds of atoms contracted into stars, where hydrogen and helium fused into more massive chemical elements. Exploding stars (supernovae) form the most massive elements and disperse them into space. Our earth was formed from supernova debris.



Nuclear Science is the study of the structure, properties, and interactions of the atomic nuclei. Nuclear scientists calculate and measure the masses, shapes, sizes, and decays of nuclei at rest and in collisions. They ask questions, such as: Why do nucleons stay in the nucleus? What combinations of protons and neutrons are possible? What happens when nuclei are compressed or rapidly rotated? What is the origin of the nuclei found on Earth?

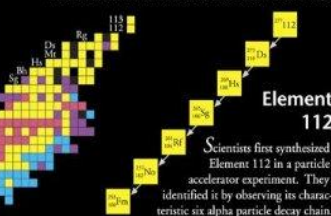
Legend

- electron (e^-)
- proton
- neutron
- quark
- positron (e^+)
- neutrino (ν)
- antineutrino ($\bar{\nu}$)
- gluon field
- photon (γ)
- A_{mass} number 14
- Z_{atomic} number 6
- N_{neutron} number = $A - Z$

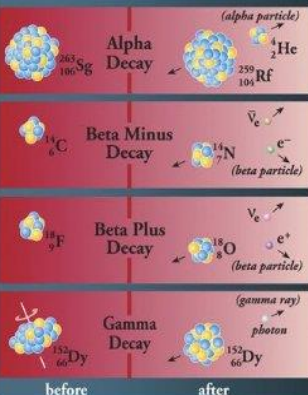


Unstable Nuclei

Stable nuclides form a narrow white band on the Chart of the Nuclides. Scientists produce unstable nuclides far from this band and study their decays, thereby learning about the extremes of nuclear conditions. In its present form, this chart contains about 2500 different nuclides. Nuclear theory predicts that there are at least 4000 more to be discovered with $Z \leq 113$.



Radioactivity



Alpha Decay: ${}^{263}_{106}\text{Sg} \rightarrow {}^{259}_{104}\text{Rf} + {}^4_2\text{He}$

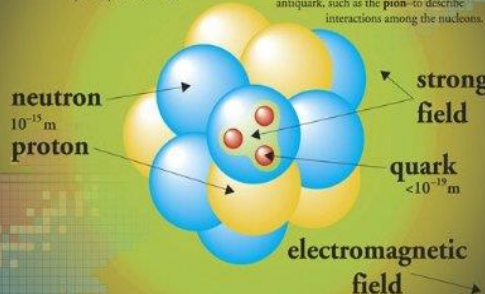
Beta Minus Decay: ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + e^- + \bar{\nu}_e$

Beta Plus Decay: ${}^{18}_9\text{F} \rightarrow {}^{18}_8\text{O} + e^+ + \nu_e$

Gamma Decay: ${}^{152}_{60}\text{Dy} \rightarrow {}^{152}_{60}\text{Dy} + \gamma$

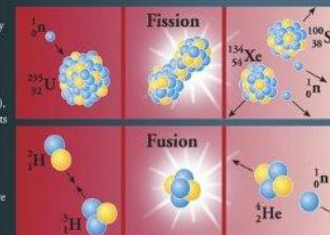
The Nucleus

$(1-10) \times 10^{-15}$ m



In an atom, electrons range around the nucleus at distances typically up to 10,000 times the nuclear diameter. If the electron cloud were shown to scale, this chart would cover a small town.

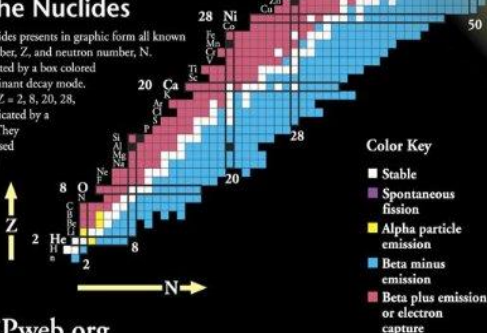
Nuclear Energy



In the early stages of stellar evolution of our sun and other stars, hydrogen fuses to form helium, releasing energy in the form of photons (light) and neutrinos. During the later stages of stellar evolution, more massive nuclei up to and beyond uranium are synthesized by fusion. By measuring the number of neutrinos that come from the Sun, scientists recently have demonstrated that neutrinos must have a mass greater than zero.

Chart of the Nuclides

The Chart of the Nuclides presents in graphic form all known nuclei with atomic number, Z , and neutron number, N . Each nuclide is represented by a box colored according to its predominant decay mode. Magic numbers (N or $Z = 2, 8, 20, 28, 50, 82$ and 126) are indicated by a rectangle on the chart. They correspond to major closed shells and show regions of greater nuclear binding energy.



Applications



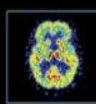
Radioactive Dating

Naturally occurring radioactive isotopes such as ${}^{14}\text{C}$ are used to date objects that were once living, such as wood. For example, from a study of artifacts found at the site, scientists determined that Stonehenge was built nearly 4,000 years ago.



Smoke Detectors

Many smoke detectors use a small amount of the alpha emitter ${}^{241}\text{Am}$ to ionize the air. Smoke entering the detector reduces the current and sets off the alarm.



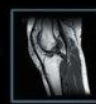
Nuclear Medicine

Radioactive isotopes, such as ${}^{99\text{m}}\text{Tc}$, ${}^{67}\text{Ga}$, and ${}^{18}\text{F}$, are commonly used in the diagnosis and treatment of disease. Positron emitters such as ${}^{18}\text{F}$ are used in Positron Emission Tomography (PET) to generate images of brain activity.



Nuclear Reactors

Nuclear reactors use the fission of ${}^{235}\text{U}$ or ${}^{239}\text{Pu}$ nuclei to produce electric power. Reactors and most other nuclear applications generate radioactive waste; disposal of this waste is a subject of current research.



Magnetic Resonance Imaging

Magnetic Resonance Imaging (MRI) makes use of atomic transitions involving the magnetic field of a nucleus to study the local chemical environment. This technique accurately maps the density of hydrogen to produce three-dimensional images of the human body.

www.CPEPweb.org

Fusion reactions power the sun and other stars. In fusion reactions, low-mass nuclei combine, or fuse, to form more massive nuclei. The fusion process converts mass (m) into kinetic energy (E), as described by Einstein's formula, $E = mc^2$. In the sun, a sequence of fusion reactions named the p-p chain begins with protons, the nuclei of ordinary hydrogen, and ends with alpha particles, the nuclei of helium atoms. The p-p chain provides most of the sun's energy, and it will continue to do so for billions of years.

ENERGY SOURCES & CONVERSIONS

AN OVERVIEW OF ENERGY CONVERSION PROCESSES

Energy can take on many forms, and various processes convert one form into another. While total energy always remains the same, most conversion processes reduce useful energy.



Physical Parameters of Energy-Releasing Reactions

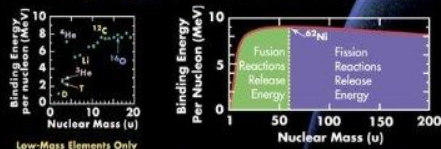
Reaction Type:	Chemical	Fission	Fusion
Sample Reaction	$C + O_2 \Rightarrow CO_2$	${}^1_0n + {}^{235}_{92}U \Rightarrow {}^{143}_{54}Ba + {}^{91}_{36}Kr + 2{}^1_0n$	$D ({}^2_1H) + T ({}^3_1H) \Rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$
Typical Inputs (to Power Plant)	Coal and Air	UO_2 (3% ${}^{235}_{92}U$ + 97% ${}^{238}_{92}U$)	Deuterium and Lithium
Typical Temp. (K)	1000	1000	100,000,000
Energy Released per kg Fuel (J/kg)	3.3×10^7	2.1×10^{12}	3.4×10^{14}

HOW FUSION REACTIONS WORK

NUCLEAR PHYSICS OF FUSION

Fusion of low-mass elements releases energy, as does fission of high-mass elements.

Binding Energy per Nucleon as a Function of Nuclear Mass



Nuclear Reaction Energy: $\Delta E = k(m_i - m_f)c^2$

From Einstein's $E = mc^2$, ΔE = energy change per reaction; m_i = total initial (reactant) mass; m_f = total final (product) mass. The conversion factor k is 1 in SI units, or 931.466 MeV/ uc^2 when E is in MeV and m is in atomic mass units, u .

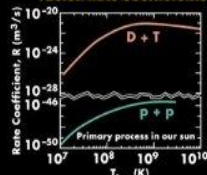
Useful Nuclear Masses

(The electron's mass is 0.000549 u .)

Label	Species	Mass (u)
n (1_0n)	neutron	1.008665
p (1_1H)	proton	1.007276
D (2_1H)	deuteron	2.013553
T (3_1H)	triton	3.015500
3He	helium-3	3.014932
α (4_2He)	helium-4	4.001506

* $1 u = 1.66054 \times 10^{-27} kg = 931.466 MeV/c^2$

Fusion Rate Coefficients



Plasma Fusion Reaction Rate Density = $R = n_1 n_2$

n_1, n_2 = densities of reacting species (ions/ m^3); R = Rate Coefficient (m^3/s).

Multiply by ΔE to get the fusion power density.

Fusion

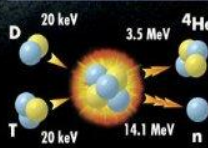
Physics of a Fundamental Energy Source

TWO IMPORTANT FUSION PROCESSES



For first generation fusion reactors

Reactants Fusion Products



1 eV = $1.6022 \times 10^{-19} J$. Average particle thermal kinetic energy is 1 eV per 11,600 K.

"p-p": SOLAR FUSION CHAIN



CREATING THE CONDITIONS FOR FUSION

PLASMA CONFINEMENT AND HEATING

Confinement:

Fusion requires high temperature plasmas confined long enough at high density to release appreciable energy.

Typical Scales:

Heating Mechanisms:

Gravity



Size: $10^{19} m$
Plasma Duration: $10^{15} - 10^{18} s$

- Compression
- Fusion Product Energy

Magnetic Fields



Size: 10 m
Plasma Duration: $10^{-2} - 10^6 s$

- Electromagnetic Waves
- Ohmic Heating (electricity)
- Neutral Beam Injection (beams of atomic hydrogen)
- Compression
- Fusion Product Energy

Inertia



Size: $10^{-1} m$
Plasma Duration: $10^{-9} - 10^{-7} s$

- Compression
- Fusion Product Energy

To make

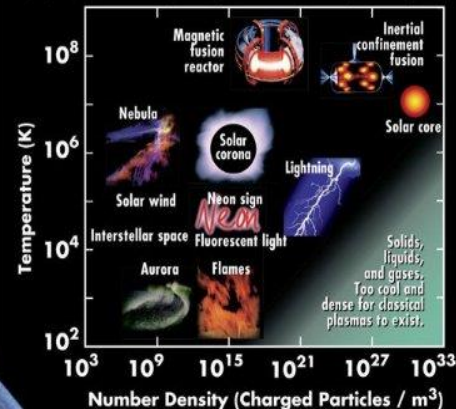
fusion

happen on the earth, atoms must be heated to very high temperatures, typically above 10 million K. In this high-temperature state, the atoms are ionized, forming a plasma. For net energy gain, the plasma must be held together (confined) long enough that many fusion reactions occur. If fusion power plants become practical, they would provide a virtually inexhaustible energy supply because of the abundance of fuels like deuterium. Substantial progress towards this goal has been made.

PLASMAS – THE 4th STATE OF MATTER

CHARACTERISTICS OF TYPICAL PLASMAS

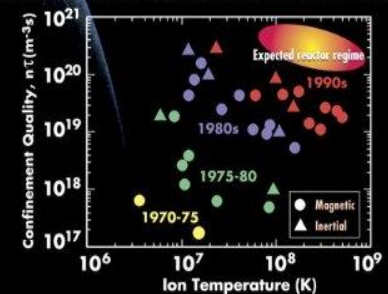
Plasmas consist of freely moving charged particles, i.e., electrons and ions. Formed at high temperatures when electrons are stripped from neutral atoms, plasmas are common in nature. For instance, stars are predominantly plasma. Plasmas are a "Fourth State of Matter" because of their unique physical properties, distinct from solids, liquids and gases. Plasma densities and temperatures vary widely.



ACHIEVING FUSION CONDITIONS

EXPERIMENTAL RESULTS IN FUSION RESEARCH

Both inertial and magnetic confinement fusion research have focused on understanding plasma confinement and heating. This research has led to increases in plasma temperature, T , density, n , and energy confinement time, τ . Future power plants based on fusion reactors are expected to produce about 1 GW of power, with plasmas having $n\tau \approx 2 \times 10^{20} m^{-3} s$ and $T = 120$ million K.



Fusion results are currently limited by the experimental facilities available world-wide. The planned construction of an international burning plasma experiment (for magnetic fusion) and the completed advanced laser facilities (for inertial fusion) will enable further progress.

Copyright © 2011 Contemporary Physics Education Project (CPEP) – CPEPphysics.org

CPEP is a non-profit organization of teachers, physicists, and educators, with substantial student involvement. Corporate and private donations as well as national laboratory funding have been and remain crucial to the success of this project.

This chart was created by CPEP with support from the following organizations: the AIP Journal Physics of Plasmas, the Division of Plasma Physics of the APS, General Atomics, Lawrence Livermore National Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Princeton Plasma Physics Laboratory, the University of Rochester Laboratory for Laser Energetics, and the U.S. Department of Energy, Office of Fusion Energy Sciences. Images courtesy of NASA, the National Solar Observatory, and Steve Alberts as well as the organizations listed above. CPEP Charts are distributed by Science Kit and Bored Laboratories (1-800-828-7777).

Standard Model of FUNDAMENTAL PARTICLES AND INTERACTIONS

The Standard Model summarizes the current knowledge in Particle Physics. It is the quantum theory that includes the theory of strong interactions (quantum chromodynamics or QCD) and the unified theory of weak and electromagnetic interactions (electroweak). Gravity is included on this chart because it is one of the fundamental interactions even though not part of the "Standard Model."

FERMIONS

matter constituents
spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

Leptons spin = 1/2			Quarks spin = 1/2		
Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge	Flavor	Approx. Mass GeV/c ²	Electric charge
ν_e electron neutrino	$<1 \times 10^{-8}$	0	u up	0.003	2/3
e electron	0.000511	-1	d down	0.006	-1/3
ν_μ muon neutrino	<0.0002	0	c charm	1.3	2/3
μ muon	0.106	-1	s strange	0.1	-1/3
ν_τ tau neutrino	<0.02	0	t top	175	2/3
τ tau	1.7771	-1	b bottom	4.3	-1/3

Spin is the intrinsic angular momentum of particles. Spin is given in units of $\hbar$, which is the quantum unit of angular momentum, where $\hbar = h/2\pi = 6.58 \times 10^{-25}$ GeV s = 1.05×10^{-34} J s.

Electric charges are given in units of the proton's charge. In SI units the electric charge of the proton is 1.60×10^{-19} coulombs.

The **energy** unit of particle physics is the electronvolt (eV), the energy gained by one electron in crossing a potential difference of one volt. **Masses** are given in GeV/c² (remember $E = mc^2$, where $1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-10}$ joule. The mass of the proton is $0.938 \text{ GeV}/c^2 = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$).

BOSONS

force carriers
spin = 0, 1, 2, ...

Unified Electroweak spin = 1			Strong (color) spin = 1		
Name	Mass GeV/c ²	Electric charge	Name	Mass GeV/c ²	Electric charge
γ photon	0	0	g gluon	0	0
W^-	80.4	-1			
W^+	80.4	+1			
Z^0	91.187	0			

Color Charge

Each quark carries one of three types of "strong charge," also called "color charge." These charges have nothing to do with the colors of visible light. There are eight possible types of color charge for gluons. Just as electrically-charged particles interact by exchanging photons, in strong interactions color-charged particles interact by exchanging gluons. Leptons, photons, and W and Z bosons have no strong interactions and hence no color charge.

Quarks Confined in Mesons and Baryons
One cannot isolate quarks and gluons; they are confined in color-neutral particles called **hadrons**. This confinement (binding) results from multiple exchanges of gluons among the color-charged constituents. As color-charged particles (quarks and gluons) move apart, the energy in the color force field between them increases. This energy eventually is converted into additional quark-antiquark pairs (see figure below). The quarks and antiquarks then combine into hadrons; these are the particles seen to emerge. Two types of hadrons have been observed in nature: **mesons** $q\bar{q}$ and **baryons** qqq .

Residual Strong Interaction

The strong binding of color neutral protons and neutrons to form nuclei is due to residual strong interaction between their color-charged constituents. It is similar to the residual electrical interaction that binds electrically neutral atoms to form molecules. It can also be viewed as the exchange of mesons between the hadrons.

PROPERTIES OF THE INTERACTIONS

Baryons qqq and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$					
Baryons are fermionic hadrons. There are about 140 types of baryons.					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c ²	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
$\bar{p}$	anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω^-	omega	sss	-1	1.672	3/2

Matter and Antimatter

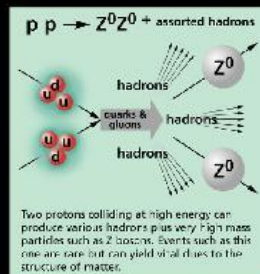
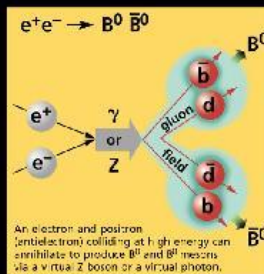
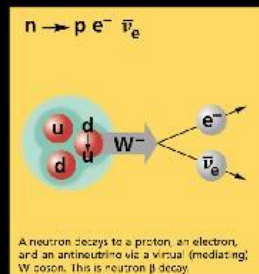
For every particle type there is a corresponding antiparticle type, denoted by a bar over the particle symbol (unless + or - charge is shown). Particle and antiparticle have identical mass and spin but opposite charges. Some electrically neutral bosons (e.g., Z^0 , γ , and $\eta_c = c\bar{c}$, but not $K^0 = d\bar{s}$) are their own antiparticles.

Figures

These diagrams are an artist's conception of physical processes. They are not exact and have no meaningful scale. Green shaded areas represent the cloud of gluons or the gluon field, and red lines the quark paths.

Property \ Interaction	Gravitational	Weak (Electroweak)	Electromagnetic	Strong	
				Fundamental	Residual
Acts on:	Mass - Energy	Flavor	Electric Charge	Color Charge	See Residual Strong Interaction Note
Particles experiencing:	All	Quarks, Leptons	Electrically charged	Quarks, Gluons	Hadrons
Particles mediating:	Graviton (not yet observed)	W^+ W^- Z^0	γ	Gluons	Mesons
Strength relative to electromagnetism for two u quarks at:	10^{-41}	0.8	1	25	Not applicable to quarks
	10^{-41}	10^{-4}	1	60	
for two protons in nucleus	10^{-36}	10^{-7}	1	Not applicable to hadrons	20

Mesons $q\bar{q}$					
Mesons are bosonic hadrons. There are about 140 types of mesons.					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c ²	Spin
π^+	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	-1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
B^0	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.580	0



The Particle Adventure

Visit the award-winning web feature *The Particle Adventure* at <http://ParticleAdventure.org>

This chart has been made possible by the generous support of:

U.S. Department of Energy
U.S. National Science Foundation
Lawrence Berkeley National Laboratory
Stanford Linear Accelerator Center
American Physical Society, Division of Particles and Fields
BURLE INDUSTRIES, INC.

©2000 Contemporary Physics Education Project. CPEP is a non-profit organization of teachers, physicists, and educators. Send mail to: CPEP, MS 50-108, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720. For information on charts, test materials, hands-on classroom activities, and workshops, see

<http://CPEPweb.org>

THE HISTORY AND FATE OF THE UNIVERSE

Ancient light from sources billions of light-years away such as galaxies and the cosmic background radiation, show us events occurring billions of years ago. These events map out the history of the universe and even predict its fate. The scales in this figure are often greater by many orders of magnitude than can be shown here (especially for inflation).

The Big Bang, Inflation & the Expanding Universe

The universe has been expanding since an initial moment called the Big Bang, the estimated 13.8 billion (13.8 x 10⁹) years ago. The earliest expansion – called “inflation” – was exponential by night and proceeded out at velocities far in excess of the speed of light. After inflation ended in a tiny fraction of a second, the universe continued to expand, becoming cooler and less dense. The expansion causes the distance between distant galaxies to increase, but the distance from us to them.

A Reik from the Early Universe

For the first 380,000 years, the universe was so hot that hydrogen atoms had not yet formed, but were separate electrons and protons. Photons, the particles of light, bounced back and forth from electrons with the electrons. With further cooling, the electrons and protons stuck together to neutral atoms, nearly invisible to the photons, which then escaped. This was the first time photons could travel. After traveling for 13.8 billion years they arrive at us with their wavelength stretched by a factor of 1100 since the universe itself has expanded by the factor during that time.

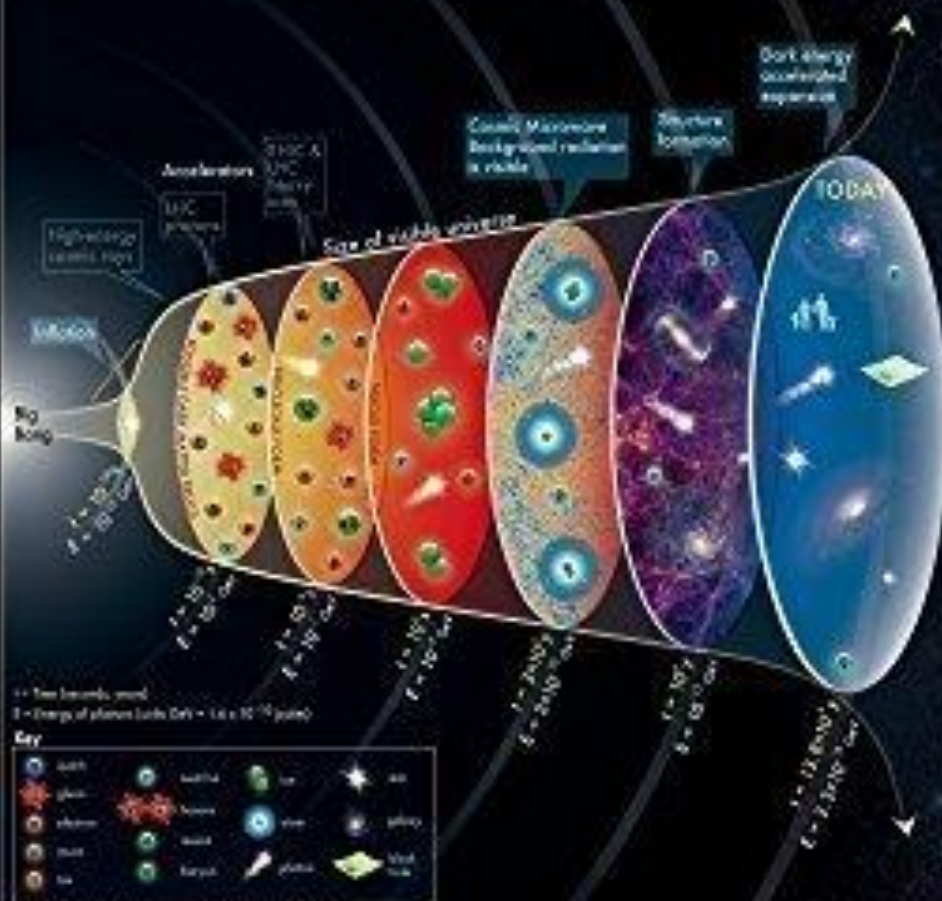
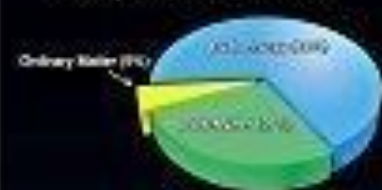
The Cosmic Microwave Background (shown in the central figure) is nearly the same in every direction. The very small variations – a part in 100,000 – are patterns of the small variations, which grow through gravitational attraction to make the much larger variations we see today: large-scale galaxies and solar systems.

Dark Matter

Astronomers discovered that stars far out in a rotating galaxy move just as fast as those nearer the center. This is completely unlike our solar system where the innermost planets move the fastest. The only way this could happen if the matter in the galaxy is concentrated where we are, stars, there must be much more unseen matter in the galaxy. This matter doesn't emit light or reflect it, so we call it dark matter. Since dark matter doesn't clump together with ordinary matter, we believe it interacts only feebly with the matter that makes up stars, planets, and people.

We have observed the results of a collision of two clusters of galaxies where the dark matter from the two clusters seems to have passed right through the other cluster, leaving behind the dark matter from the collision of the ordinary gas in the two clusters. Detailed measurements show that there is about six times more dark matter than ordinary matter in our universe.

Composition of the Universe



For more on the dark figure, go to page 10 of the book.

Our Cosmic Address

Our sun is one of 400 billion stars in the Milky Way galaxy, which is one of more than 100 billion galaxies in the visible universe.



Invisible Sidekick of our Universe

Dark matter played a crucial role in the early universe, creating all the structures we see today. Gravity caused the dark matter to clump into clumps, forming an invisible skeleton of matter in the visible figure (indicated by the yellow lines). The gravity from the dark matter pulled in ordinary matter to it. This process grew at the intersections of these filaments.

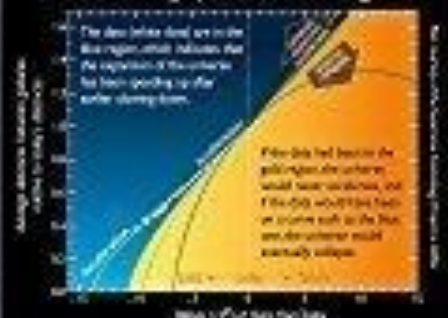
Dark Energy and the Accelerating Universe

By making detailed observations of distant supernovae, while we learn that expanded long ago, scientists discovered that the expansion of the universe is getting faster and faster instead of slowing down as would be expected from the effect of gravity pulling everything back together.

The plot shows that (yellow dots) from distant supernovae. From the brightness of a supernova, we can infer how far away it is. By measuring the wavelengths of light from the supernovae, we can determine how much the universe has expanded since the supernova exploded. Combining these gives the expansion history of the universe.

The yellow curve, with the best fit to the supernovae data, shows that about 5 billion years ago the expansion of the universe began to accelerate (the data curve upward slightly). This can only be explained by hypothesizing a new form of energy called “dark energy,” which must be unlike anything known source of energy.

Accelerating Expansion from Dark Energy



The Fate of the Universe

Whether the expansion of the universe will speed up, slow down, or stop depends on the type and quantity of matter and energy in it. Current observations imply that the universe will keep expanding forever, with galaxies becoming ever more distant from one another.

We have an excellent understanding of ordinary matter and all the particles discovered in accelerators, but there is much more to the energy and matter in the universe. The nature of dark energy (68% of the universe) and of dark matter (27%) are two of the greatest challenges scientists face today.

Learn more at
UniverseAdventure.org
 and at CPEPhysics.org

THE HISTORY AND FATE OF THE UNIVERSE

The Big Bang and Expanding Universe

Space is expanding from an initial moment called the Big Bang. As it expands, the universe becomes less dense and cools. All distant galaxies are moving apart from each other and away from us. On large scales, the universe looks the same in all directions and in all parts of space.

There is no center. Our current understanding of the early universe is called the Big Bang model. We are continuing to learn from astronomical observations and from accelerator-based experiments.

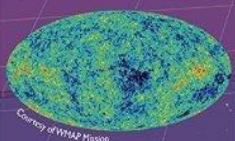
History of the Universe

Cosmology and Relics of History

Cosmology is the study of the universe as a whole. As in archaeology, cosmology finds clues to the past in relics. We can look back in time by looking out in space. Since light travels at a finite speed c , the time t we are looking back is $t = d/c$, where d is the distance. The laws of nature discovered on Earth are applied to the early universe and tested by observing relics.

A Relic from the Early Universe

The Cosmic Microwave Background (CMB) is a universal bath of lightwaves (photons) from the hot, dense, early universe. To one part in 100,000, the CMB is the same no matter where you look. The remaining tiny variations in the density of mass-energy (shown in figure) are seeds that later form galaxies and larger cosmic structures.



This is an image of the universe from the time when atoms first formed. It is a map of the entire sky showing CMB light with the uniform part subtracted.

Age of the Universe

Studying the cosmic microwave background, the expansion of the universe, and the life cycles of stars leads to a marvelous agreement that the age of the universe is about 14 billion years (14×10^9 years).

Four major eras in the expansion history:

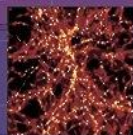
Era 1 – Acceleration: Inflation Speeds Expansion

Observations seem to imply that the very early universe underwent an extremely rapid, accelerating expansion, called *inflation*. In a tiny fraction of a second, inflation expanded each part of space by a factor of at least 10^{42} . Before inflation, the portion of the universe visible to us today was a smooth patch much smaller than a proton. As inflation ended, the visible universe had grown (very approximately) to the size of a ball.

Eras 2-3 – Deceleration: Expansion Slows and Structure Forms

After inflation, the universe was a soup of fundamental particles, called a quark-gluon plasma. Photons and fast moving particles, generically called radiation, gradually lost energy (cooled) as the universe expanded (the energy went into the expansion). Eventually, slow-moving matter became dominant over radiation. Over time, larger and larger structures grew, from galaxies to clusters of galaxies to superclusters.

Simulation of matter distribution in the early universe that eventually yielded galaxies and clusters of galaxies.

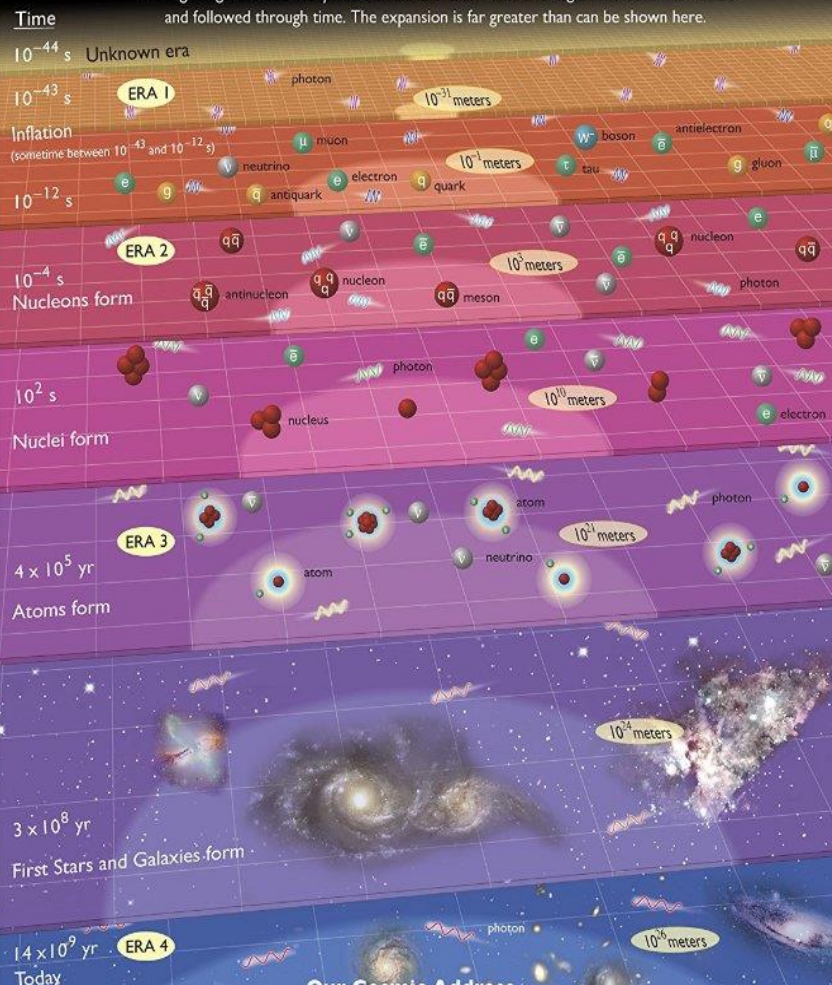


Era 4 – Acceleration: Dark Energy Speeds Expansion

Astronomers had assumed that the current universe is dominated by matter, which would cause deceleration and might even reverse the expansion. So it was a great surprise in 1998 when observations showed that the expansion of the universe is now accelerating (see the "Accelerating Universe" plot). This implies the existence of a bizarre new form of energy, referred to as *dark energy*.

Four eras and eight major stages in the evolution of the universe

The Big Bang occurred everywhere in the universe. Here one region has been illuminated and followed through time. The expansion is far greater than can be shown here.



Our Cosmic Address

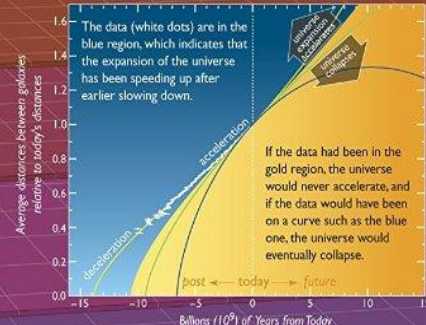
Our sun is one of 4×10^{11} stars in the Milky Way galaxy, which is one of more than 10^9 galaxies in the visible universe.



The Accelerating Universe

By observing other astronomical relics, distant exploding stars called supernovae, astrophysicists are digging ever further back into the history of the universe.

The plot shows data (white dots) from distant supernovae. The orange curve, with the best fit to the supernovae data, shows that billions (10^9) of years ago the expansion of the universe began to accelerate (the data curve upward slightly). This acceleration is attributed to a new form of energy called "dark energy" that pulls space apart.



Before the supernova research, physicists believed that the whole expansion history of our universe would lie in the gold region, where the expansion would be slowed by the attractive force of gravity. Now we see from the supernova data that the expansion history lies in the blue region, where attractive and repulsive forces compete for dominance.

The Fate of the Universe

Composition of the Universe



Whether the expansion of the universe will speed up, slow down, or even possibly reverse into collapse depends (according to gravitation theory) on the amount and types of matter and energy in it.

The ordinary matter – atoms and nuclei – that formed in the early universe can account for the visible mass in galaxies and clusters. But the amount of ordinary matter is a tiny fraction of the total mass needed to bind a galaxy or cluster together gravitationally and explain its internal motions. So an extraordinary new type of matter, not made of atoms or nuclei, must exist: it is called *dark matter* because it is not directly visible.

Even stranger, recent observations of supernovae in distant galaxies show that the expansion of the universe is in fact accelerating. An exotic dark energy may be causing this acceleration through a cosmic repulsion that overwhelms the pull of gravity due to matter.

ORDINARY MATTER
The nature of dark energy and dark matter are two of the great questions facing cosmology and particle physics. Perhaps dark energy is the cosmological constant, introduced by Albert Einstein in 1917. Perhaps both are new parts of particle physics, tied to the very earliest moments of the universe and having to do with the nature of physics and spacetime itself.

Not all answers in science are known yet! With research and experiments under way in astrophysics, particle physics, and nuclear physics, we may be the first generation to learn what most of the universe is made of and what is the fate of the universe.

Learn more at
UniverseAdventure.org
and at **CPEPhysics.org**



©2012 Contemporary Physics Education Project. CPEP is a non-profit organization of teachers, physicists, and educators. For information on charts, websites, text materials, hands-on classroom activities and workshops, see: CPEPhysics.org.

This chart has been made possible by the generous support of: U.S. Department of Energy, U.S. National Science Foundation, & Lawrence Berkeley National Laboratory. Photos courtesy of NASA.

Office of Science
U.S. DEPARTMENT OF ENERGY



SZINTEK és HELYSZÍNEK

1. **ISKOLA** kiegészített alapeszközök; órai- és tanulókísérletek, bemutatás, fakultáció, verseny, szakkör, ~TUDOK...

2. **ÖVEGES-laboratóriumok** ...+ emeltszintű érettségi + ...



TÁG Természettudományos labor
Öveges labor és szellemi műhely Debrecen

általános- és középiskola;
az üzemeltető tanárai +
a felhasználó tanár

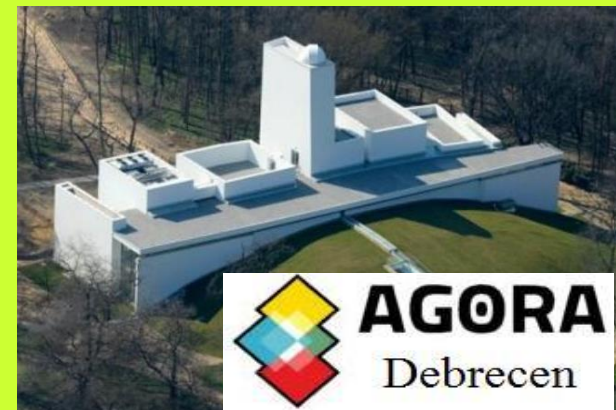
3. **TUDOMÁNYOS ÉLMÉNYKÖZPONTOK**

Egyedi eszközök is, műszerek (karbantartás!)

Szakkörök, ismeretterjesztés, szórakozás.

„Profi” üzemeltetés; diákok, tanárok (díjazás)

Részvételi díj!



4. **EGYETEM +** Eszközök: előadás, laboratórium; kutatás

Szervezett egyedi-csoportos foglalkozások, bemutató: TUDOK + →

5. **KUTATÓINTÉZET** nagyműszerek; bemutatók, TUDOK

6. **GYÁR/ÜZEM** Kutató-fejlesztő labor (NI); speciális területek.

7. **INTERNETES KÖZVETÍTÉS, TÁVMÉRÉS** a 2-6 helyekről (IP sz. kamera).

+ Egymásra utaltság: egyetem, közoktatás

Egyetem: segíti a közoktatást tanárképzéssel,
tanárok továbbképzése;
kísérletező diákok fogadása, TUDOK;
iskolai fizikaórák speciális területekről;
fizikaórák az egyetemen;
ismeretterjesztés.

Iskola: segíti a tanárképzést;
ellenőríz, befolyásol;
kisugárzásával széles körben közvetít;
érdeklődő diákokat küld az egyetemre,
akik megújít(hat)ják az egyetemi oktatást.

Közvetlen kapcsolatok a tanárokkal, **közös pályázatok**.

ÖSSZEHANGOLÁS: Oktatási szintek (alap, emelt, verseny, ...)

Eszközök: **felmérés:** hol mi van, mi szükséges?

Koordinált beszerzés minden szinten. Fejlesztés.

PÁLYÁZATOK !! **NKFIH**

Tapasztalatok

Kutatók éjszakája, Múzeumok éjszakája.

Egyetemi-, középiskolai beiskolázás.

TUDOK, nyári táborok; iskolai fizikaórák; bemutatók.

Szakdolgozatok, PhD.

Csatári L.
Kirsch É.
Sz-né Nagy J.
...

Optika, atom-, atommag- és részecskefizika



KÍSÉRLETEK, MÉRÉSEK és BEMUTATÓK

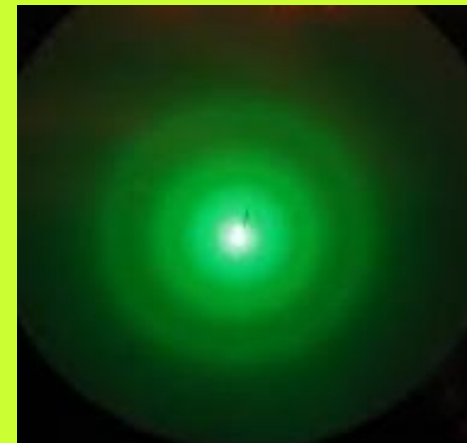
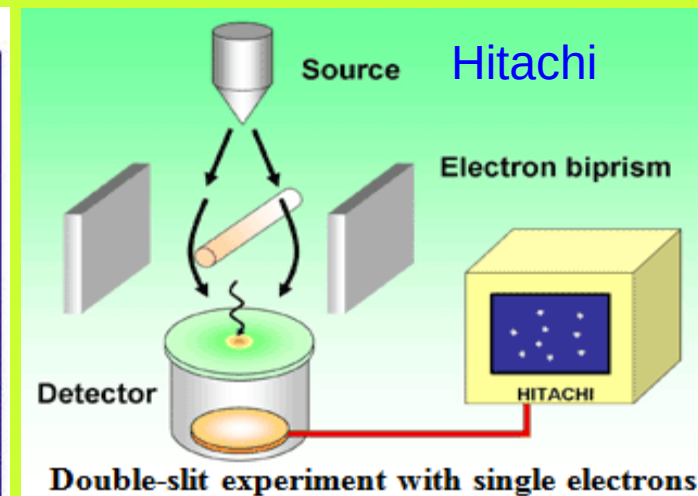
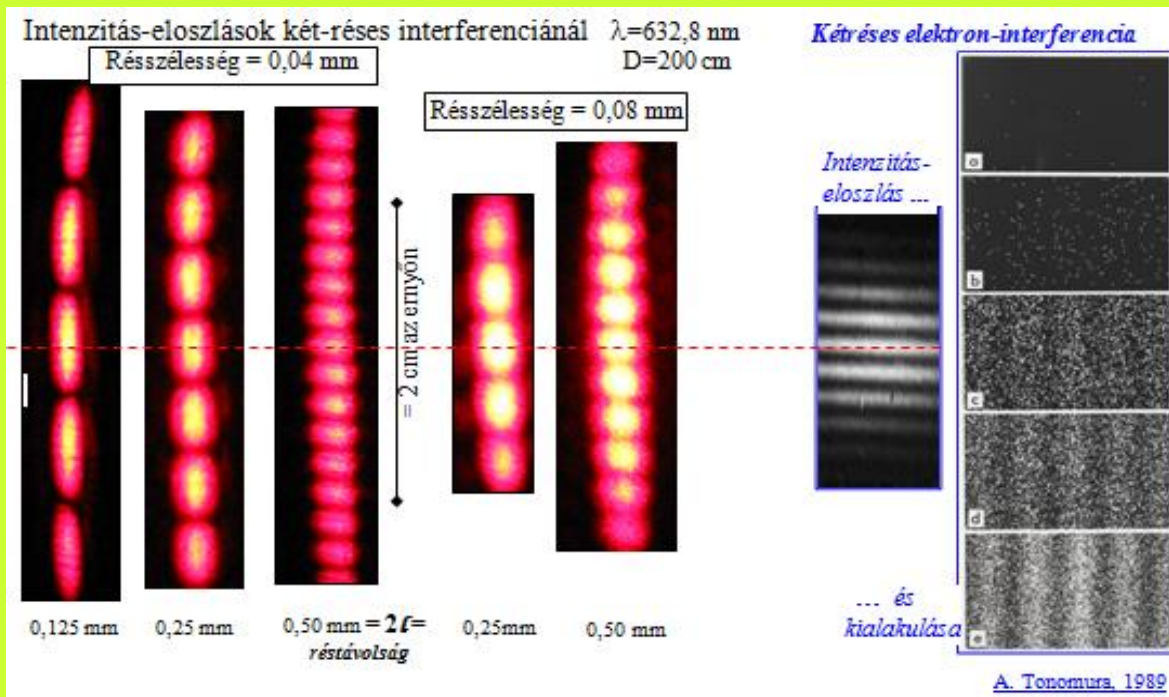
Részecske-hullám dualizmus

Iskola: fotoeffektus: Zn-lemez + el.szkóp + erős fényforrás
napem-cella + árammérés a hullámhossz függvényében

video: **elektron**-interferencia

interferencia (és diffrakció) **fénnyel**

https://www.youtube.com/watch?v=PanqoHa_B6c



ÖvegesL/TudÉlmK elektrondiffrakciós cső; $\lambda = f(U)$
Egyetem/Kutató: Compton-, ..., szórás
elektronmikroszkóp

KÍSÉRLETEK, MÉRÉSEK és BEMUTATÓK

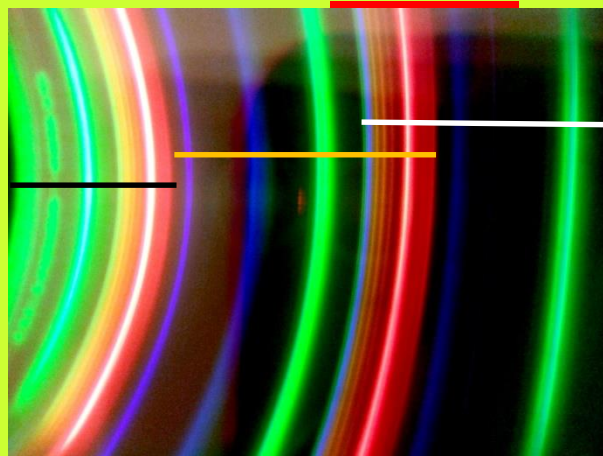
Gerjesztés – spektroszkópia 1: atom/molekula/szilárdtest, ...

Iskola: Források: (izzólámpák) gázkisülési csövek (vannak még?);
Hg-gerjesztésű házi/utcai fluoreszcens, Na-lámpák (utcai)

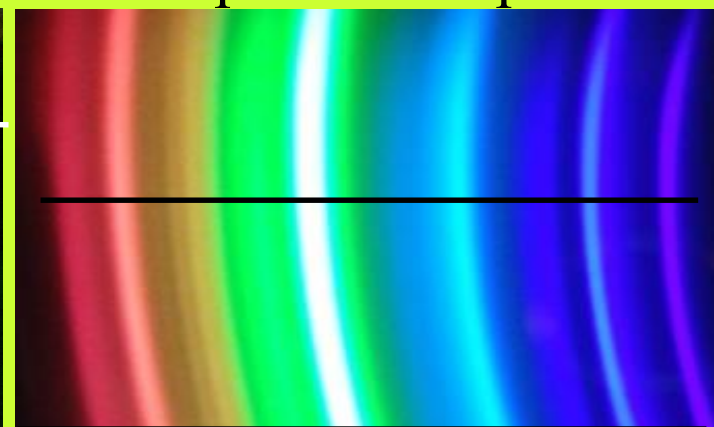
Spektroszkópia: alapkészletből prizma, rács;
házilag készített iskolai és **otthoni** CD/DVD-spektroszkóp



**Nagy nyomású utcai
Na-lámpa CD**



Kompakt fénycső CD ~3 rend

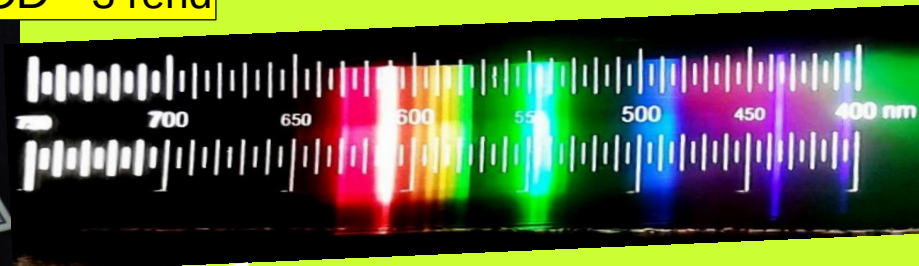


Kompakt fénycső DVD 1 rend

**Iskola +
ÖvegesLab,
TudÉlményKözp**



Rács 1000/mm



AstroMedia Zuckerdamm Neustadt

KÍSÉRLETEK, MÉRÉSEK és BEMUTATÓK

Spektroszkópia, 2.

Egyetem/Kutató:

Optikai spektrométer
(rács + digikamera, Ocean)

Egyéb források:

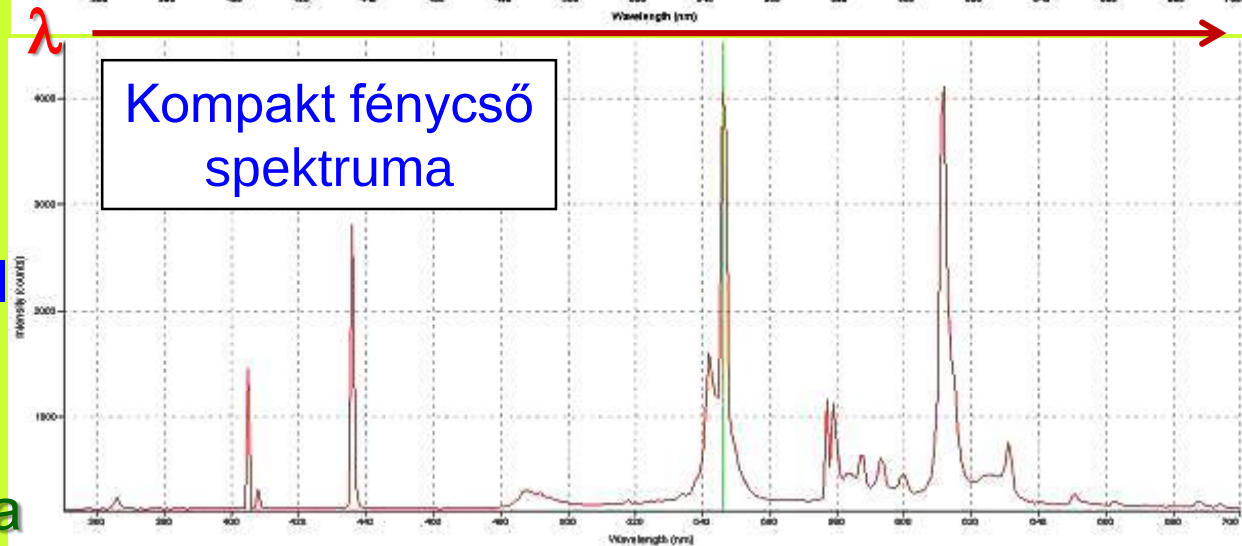
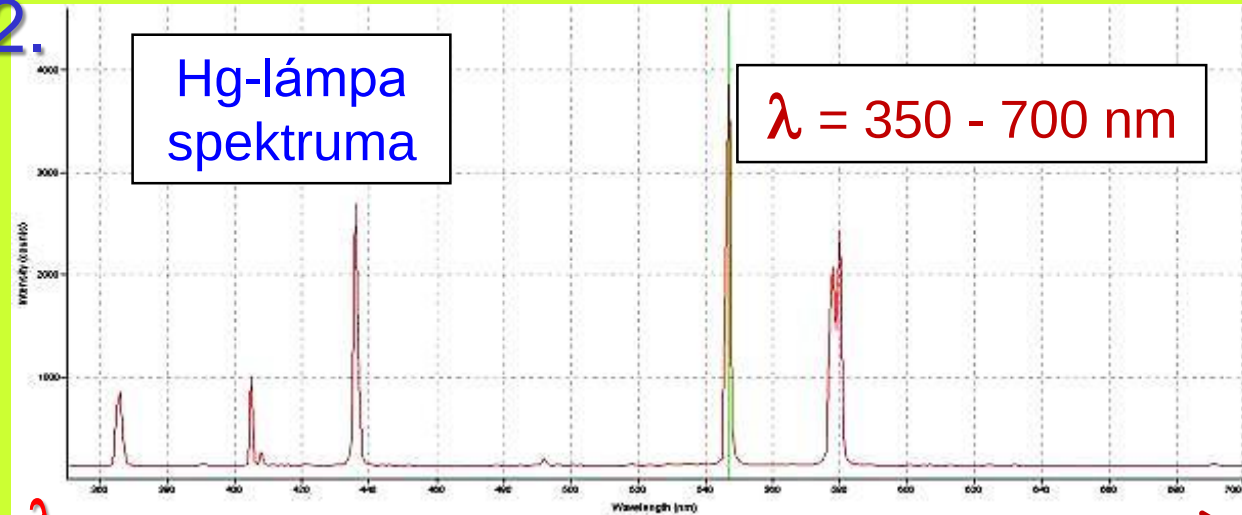
LED, lézer.

*Kis és nagy nyomású
Na-gőz: önabszorpció,
R-vonal.*

*Spektrállámpák (elem).
Doppler-kiszélesedésből
plazma T. Molekula-sp.,
Raman. Analitika ...*

Nukleáris spektroszkópia

α , p , n , γ , β , ...



Kompakt
fénycső
Astromedia



KÍSÉRLETEK, MÉRÉSEK és BEMUTATÓK

A folyamatok statisztikus jellege 1. - események időbeli eloszlása

Iskola: radioaktivitás (háttér, Th-os gázharisnya, U, ...)

egyszerű GM-csőves számláló.

Megjelenítés: impulzus számlálás, oszcilloszkóp, ...

Detektor + elektronika, kijelzés: saját készítés

Kísérletek: 1. impulzusok oszcilloszkópon

időben függetlenek a bomlások

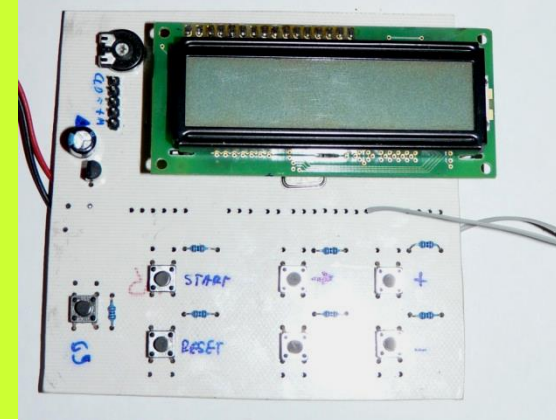
és a kölcsönhatások

a detektor anyagával

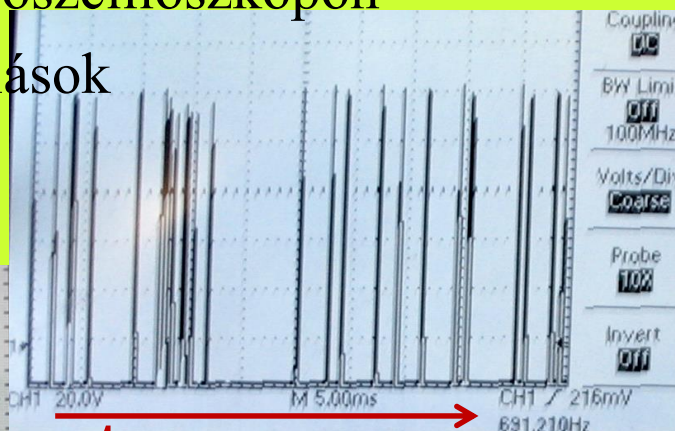
(amplitudók eloszlásai)



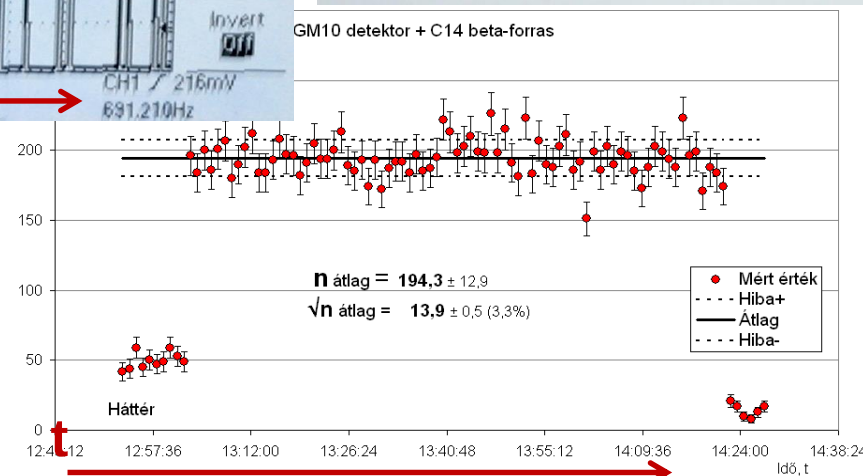
Csatári László



GM10 detektor + C14 beta-forrás



1 perces
mérések
eloszlása:



KÍSÉRLETEK, MÉRÉSEK és BEMUTATÓK

A folyamatok statisztikus jellege 2. - események időbeli eloszlása

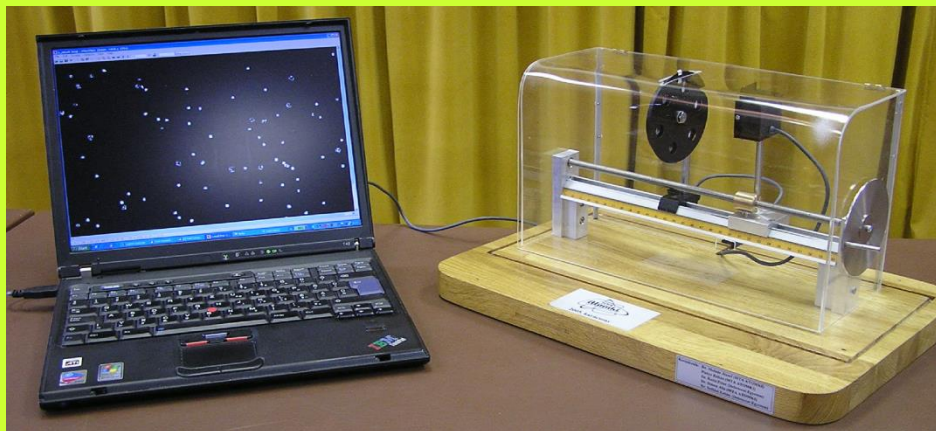
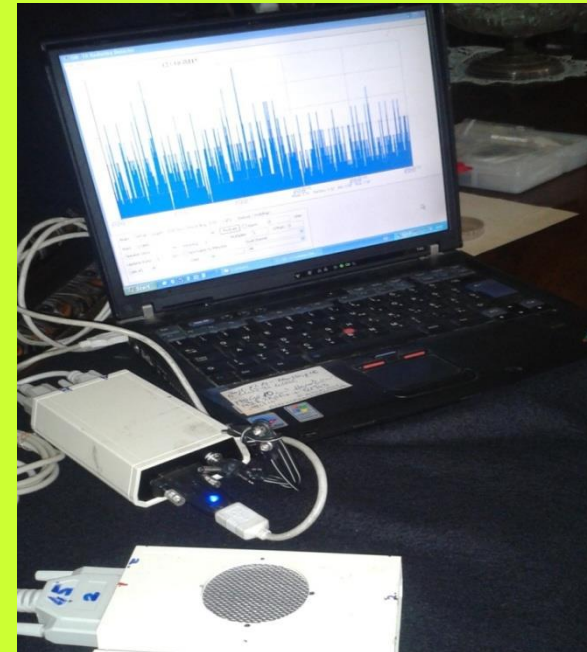
Iskola + *ÖvegesLab, TudÉlményKözp,*
Egyetem, KutInt

Soros/USB-illesztésű GM-csőves számlálók

Háttérsugárzás időbeli statisztikus ingadozása

Időben és térben véletlenszerű bomlás

Web-kamerás α -detektor



Egyetem, KutInt, INTERNET Radon-gáz α -bomlása ködkamrában

KÍSÉRLETEK, MÉRÉSEK és BEMUTATÓK

Bomlás: élettartam, felezési idő – $I = I_0 \cdot \exp(-t/\tau)$; $T_{1/2} = \tau \cdot \ln(2)$
időbeli eloszlások mérése: a gerjesztett állapotok

Iskola, ÖvegesLab, TudÉlmKözp

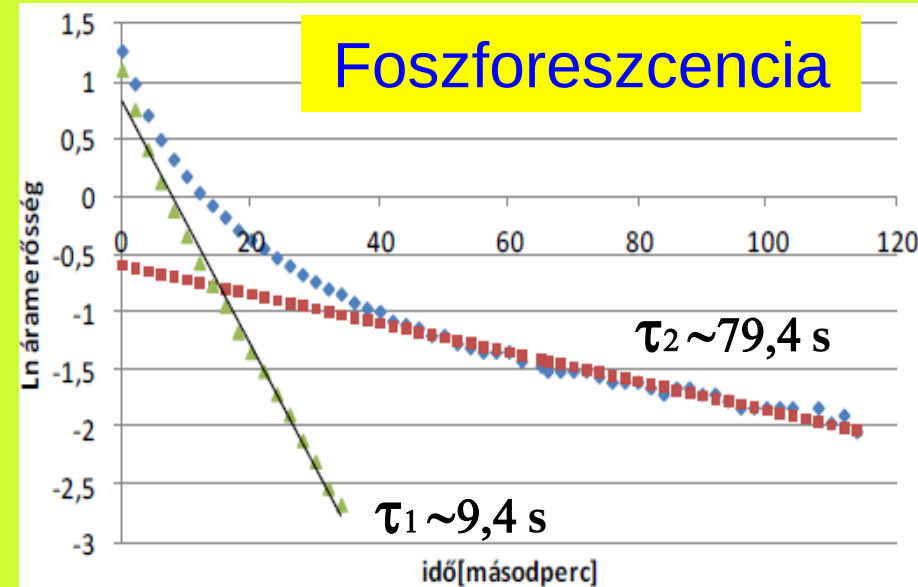
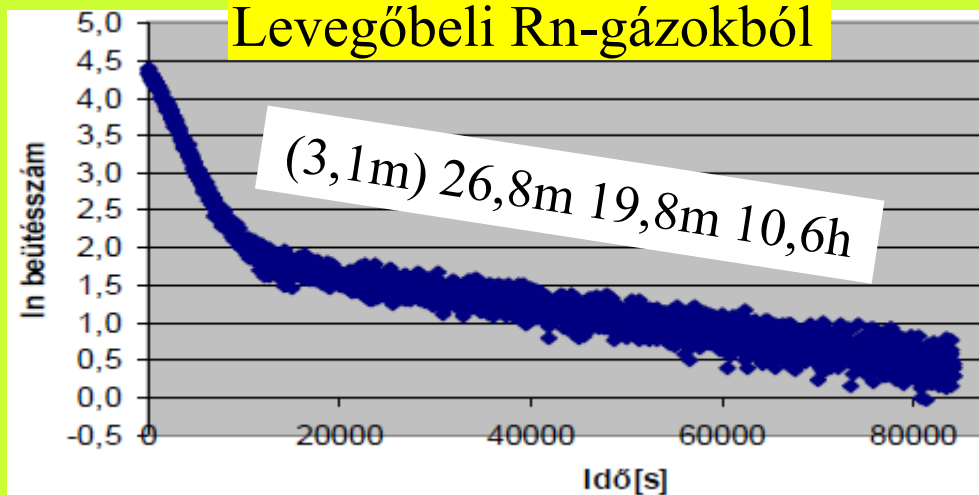
Nehézség a „legális” rövid $T_{1/2}$ radioaktív forrás!



a) **Foszforeszcencia**: „gyerekjátékok”, festékek,
gyurmák: jól mérhető idők és áramok Si-napelemmel
(+DMM+PC). BAJ: 2 - 4 komponens!
Gerjesztés: kompakt fluo, Hg, UV

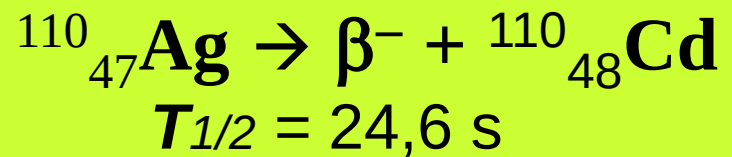
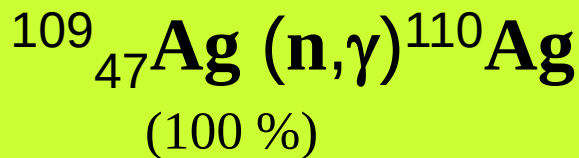
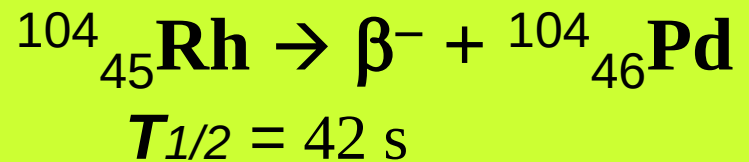
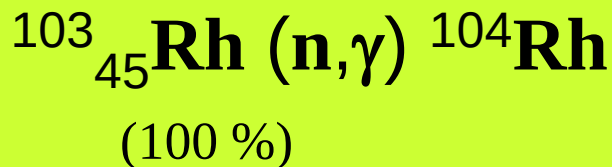
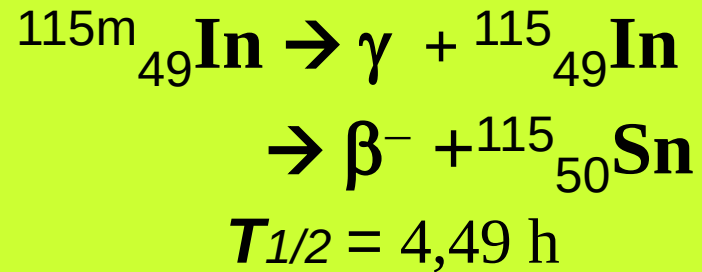
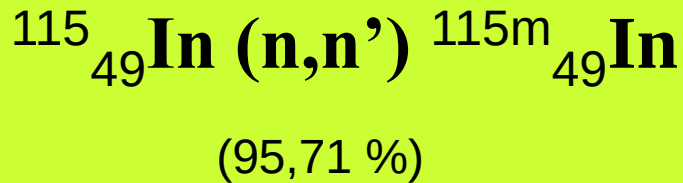
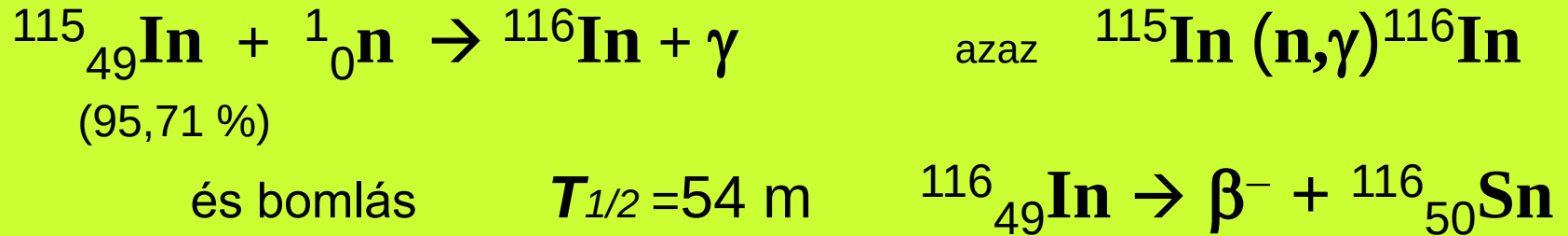
b) **Radioaktív bomlás**

Levegőbeli Rn-gázokból



Dorogi B. Szakdolgozat, 2014.

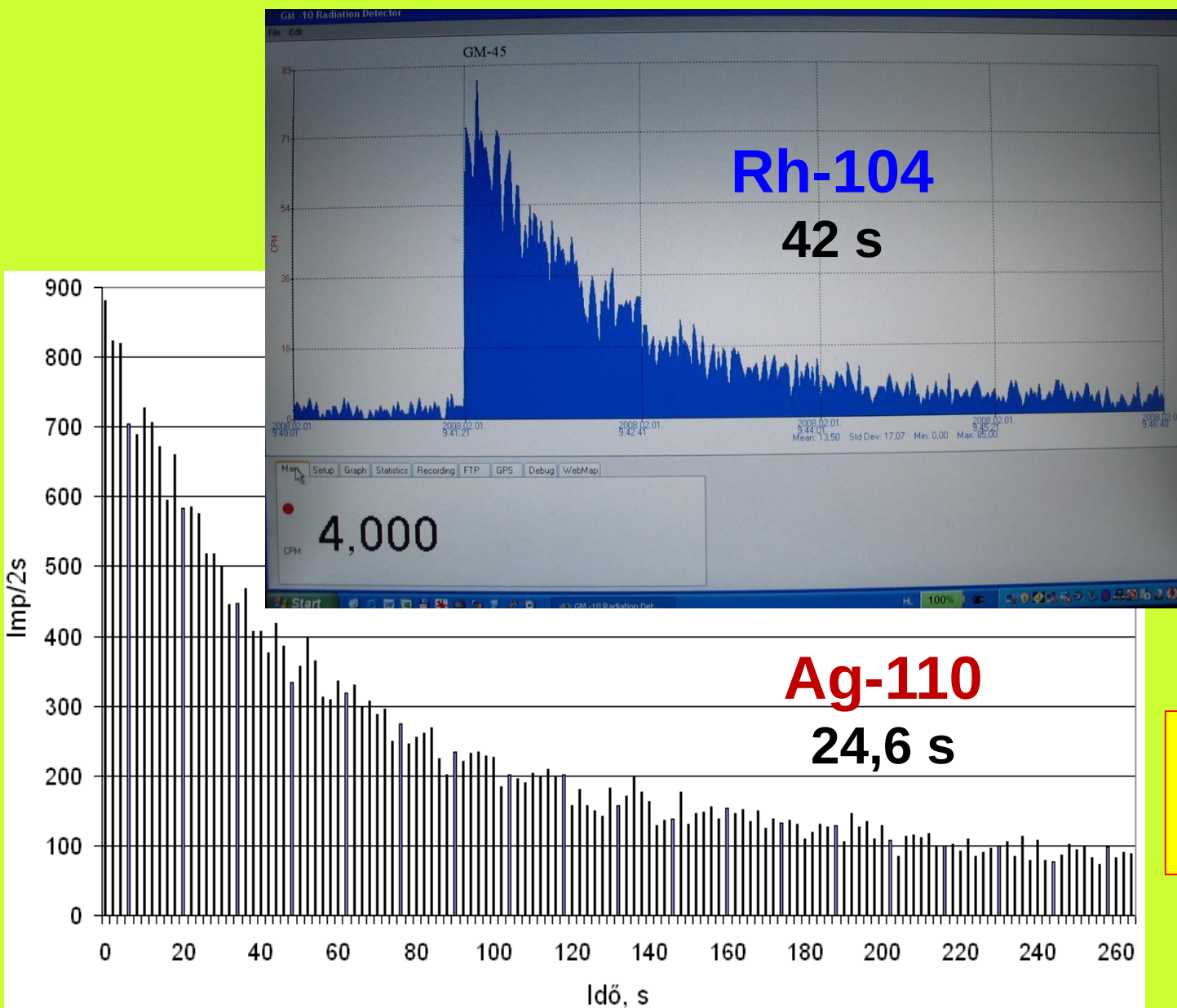
c) Neutron-indukált *magreakcióval előállított izotópok bomlása*
Egyetem/KutInt, de gyors szállítással közeli helyszíneken használható:



+ $^{110\text{m}}\text{Ag}$ izomer bomlása, $T_{1/2} \sim 249,9 \text{ nap}$

$T_{1/2}$ meghatározása:

a mért intenzitások időbélyeggel rögzített értékeiből.

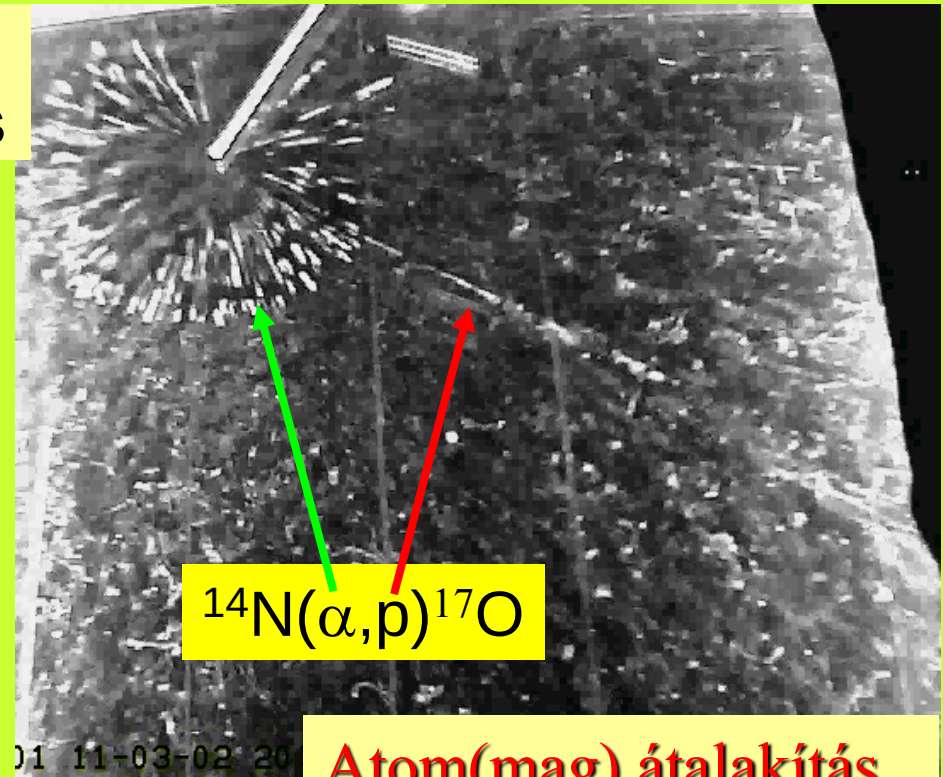


GM-45

Rövid $T_{1/2}$ esetén:
táv mérés
INTERNET-tel !!

KÍSÉRLETEK, MÉRÉSEK és BEMUTATÓK

Neutronok által meglökött
protonok: rugalmas (n,p) szórás



$^{14}\text{N}(\alpha, p)^{17}\text{O}$

Atom(mag) átalakítás
Th(B+C) forrás alfa-
részecskéivel
 $E_\alpha = 6,05$ és $8,78$ MeV

***TudÉlményKözp,
Egyetem, KutInt +
INTERNET !***

Rutherford-szórás Ag-lemezen

KÍSÉRLETEK, MÉRÉSEK és BEMUTATÓK

Környezeti radioaktivitás háttérből, „fűből-fából” sugárzás

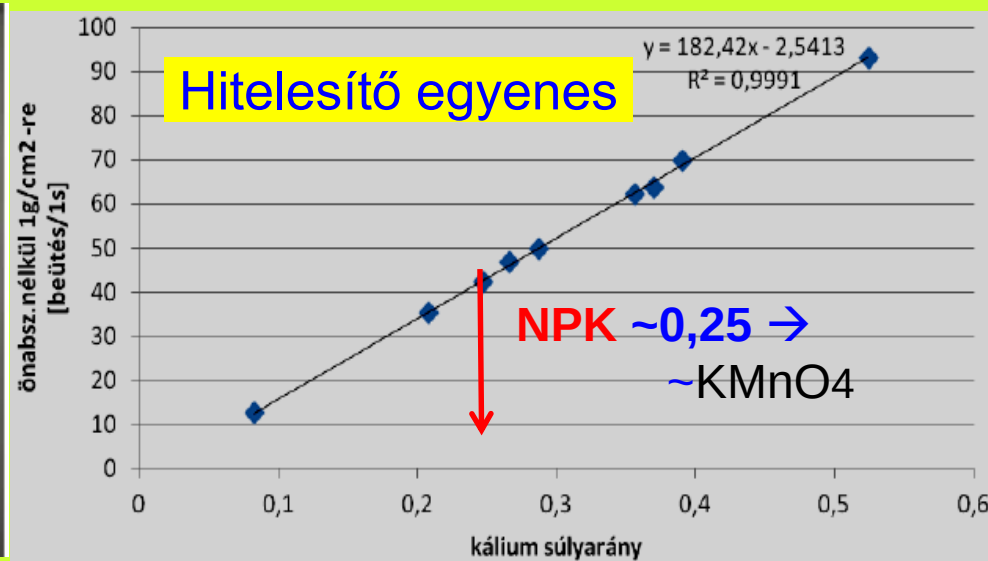
Iskola, ÖvegesLab, TudÉlmKözp (Egyetem/Kutató)

Talajok, gyógyvizek, kerámiák, ... aktivitása
 β -mérések és γ -spektrometria segítségével

Becslés vegyületek, műtrágyák K-tartalmára
a K-40 ($1,25 \cdot 10^9$ év) aktivitás alapján

(rétegzésnél önabszorpció, távolságfüggés!)

NPK műtrágya: $P_2O_5=6\%$, $K_2O=28\%$, $CaO=9\%$, $MgO=6\%$

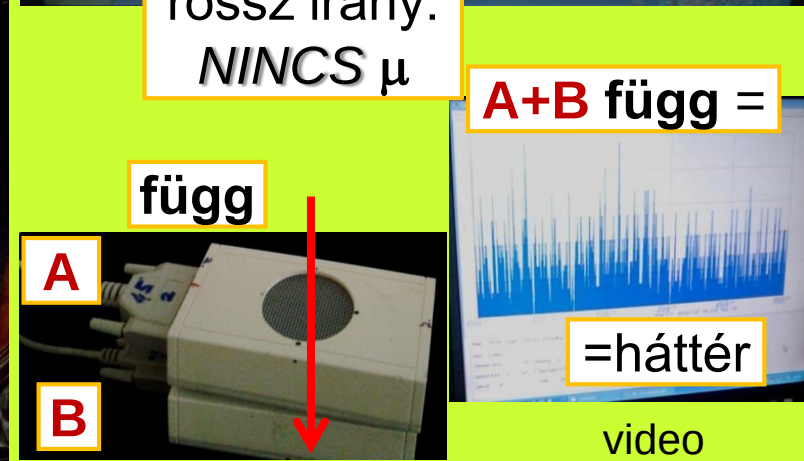
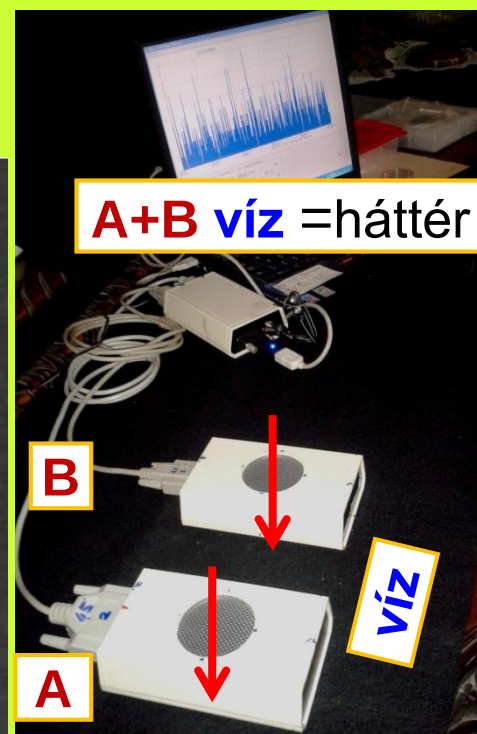
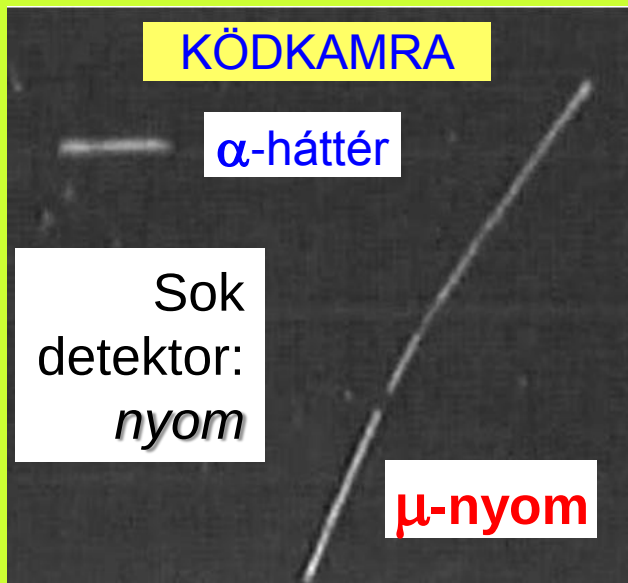
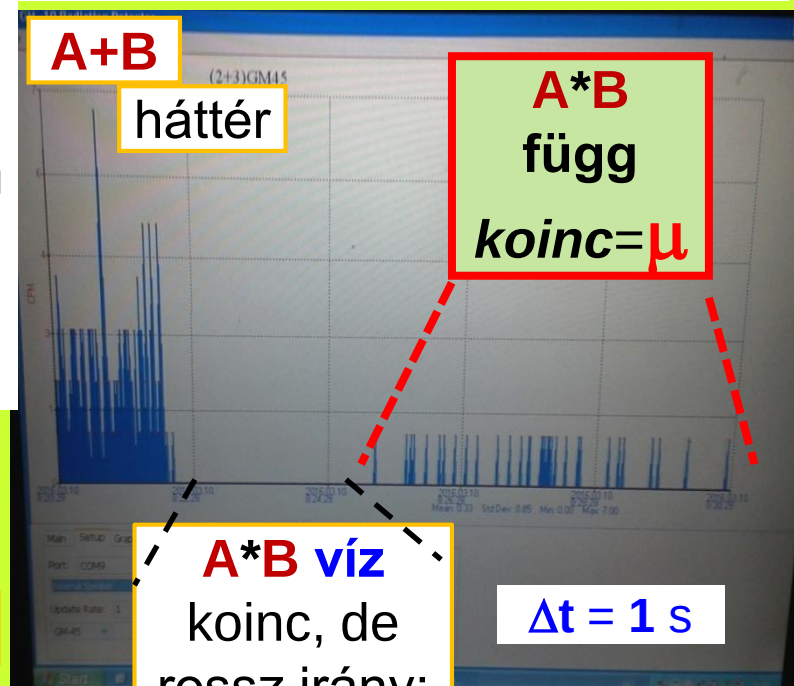
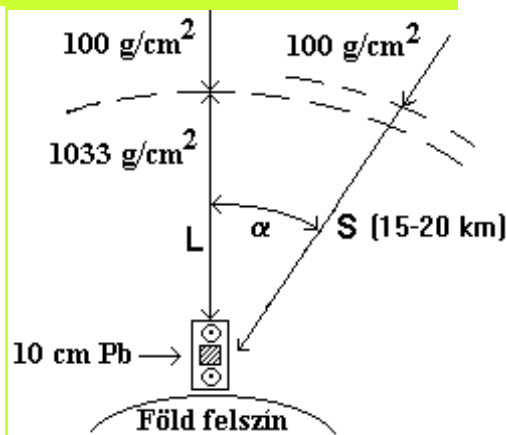
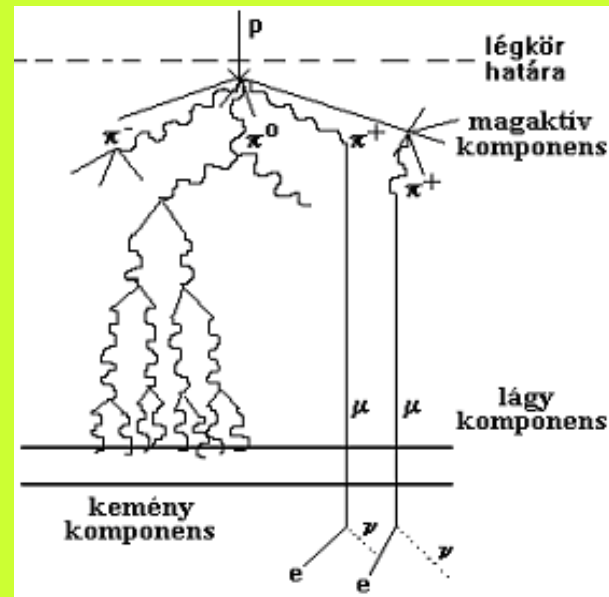


KÍSÉRLETEK, MÉRÉSEK és BEMUTATÓK

1.

Részecskék a világűrben: *müon-vadászat* ($\tau \sim 2 \mu\text{s}$)

Két detektor: *irány* -- teleszkóp



KÍSÉRLETEK, MÉRÉSEK és BEMUTATÓK

2.

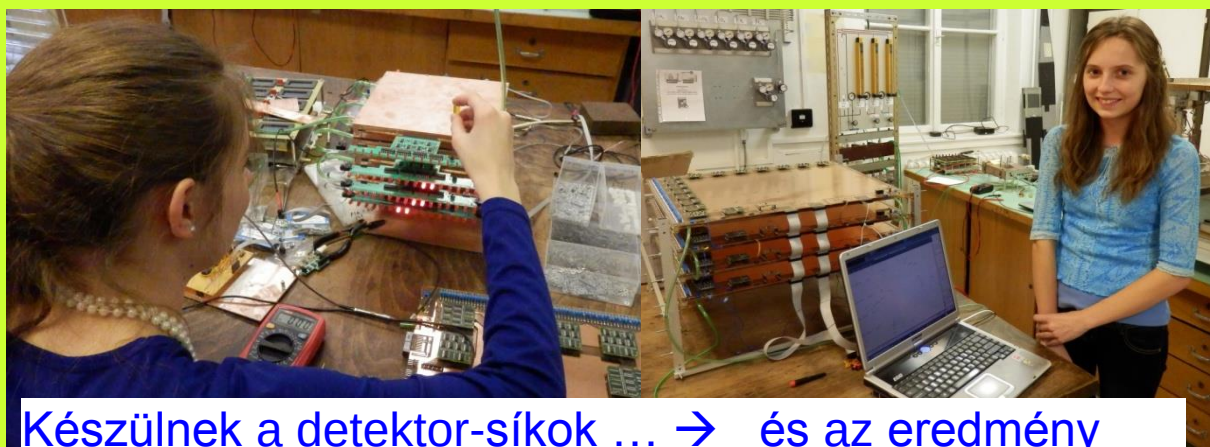
Részecskék a világűrben: *müon-vadászat* ($\tau \sim 2 \mu\text{s}$)

Professzionálisan !

Sok detektor sík: nagy hatásfok + szögeloszlás

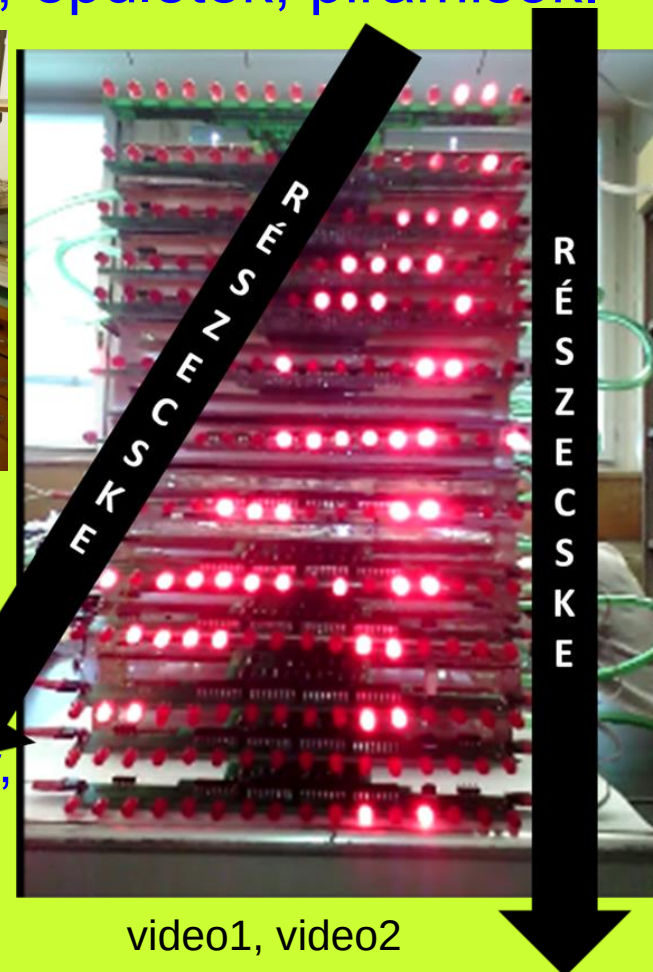
= elektronikus digitális ködkamra $\rightarrow$ gyors!! Müon-video kamera?.

μ -abszorpciós kép: *müon-CT* – barlangok, épületek, piramisok.



Készülnek a detektor-síkok ... $\rightarrow$ és az eredmény

Dr. Varga Dezső, Molnár Janka (Wigner)



R É S Z E C S K É

video1, video2

ÖvegesL, TudÉlmKp2: GM-csöves rendszer (*Iskola*)

Kutató/Egyetem: Fejlesztés, gyártás $\rightarrow$ *TudÉlmKp*

CERN: tavaszi országos adatkiértékelő diákműhely,
szakmai kirándulások folytatása.

EU? Elektromágneses záporok kiterjedtsége:
szcintillációs kaloriméterek telepítése hálózatban.

EGYÉB LEHETŐSÉGEK a (MODERN) FIZIKÁBAN

„Hidegfizika”: anyagok LN2-hőmérsékleten
a szupravezetés „csodái”

Elektromágneses hullámok tulajdonságai

Mikrohullámok optikája. Lézerek; nem-lineáris optika.
Zöld lézer – kék félvezető lézer.

Száloptika. Holográfia. Távmérés LIDAR-ral.

KÜLÖNLEGES KÍSÉRLETEK

KÜLÖNLEGES HELYSZÍNE

avagy

vízTORONYmagas-fizika

Egyetem/Kutató/ÖvegesLab -- Iskola



Természettudományok, műszaki, agrár,
orvos-biológia, ... Science-on-Stage !



Néhány szükséges alapeszköz, anyag

- a) Olcsó, nagy áramú (kisfeszültségű) *napcella* (0,5 V / 0,8 A)
fénydetektorként ~ 2000 Ft



Iskola

- b) *Digitális multiméter USB kimenettel PC-hez*
Mérésadat-gyűjtésre ~ 20 000 Ft (vagy saját)

Iskola

- c) *Egyszerű kézi spektroszkóp*

Kb. 1000 vonal/mm rács, hullámhossz-skálával.

(AstroMedia Zuckerdamm Neustadt, ~8 EUR)

és/vagy saját gyártmány CD/DVD-ből; spektrál-lámpák

Iskola, ÖvegesLab, TudÉlményKözp, Egyetem

- d) *Elektrondiffrakciós cső*

Phywe, Leybold, ...

ÖvegesLab, TudÉlményKözp (Egyetem)



e) **Geiger-Müller számláló** egyszerű elektronikával (saját, Cs.L.)
és/vagy USB/RS232 PC-ről táplálás, vezérlés; kiírás időbélyeggel .txt-be



GM-10

„végablakos”



GM-45



Co- anticoincidence-box

**Javasolt
összeállítás:**
(müon-det. is)

2 db GM-45 (RS-232)
1 db Co-antico box
698+200=898+ USD

ÖvegesLab,
TudÉlményKözp,
Egyetem

Nuclear Radiation Detectors **INTERNET** kapcsolat!

www.blackcatsystems.com/GM/GeigerCounters.html

Feature	GM-10	GM-45	GM-90
Radiation Detected	Alpha Beta Gamma <u>Iskola</u>	Alpha Beta Gamma <u>Iskola</u>	Alpha Beta Gamma
Cs137 Sensitivity	1200 CPM/mR/Hr	3000 CPM/mR/Hr	6000 CPM/mR/Hr
Co60 Sensitivity	1080 CPM/mR/Hr	3600 CPM/mR/Hr	7200 CPM/mR/Hr
GM Tube Dimensions	0.59 inches dia by 1.61 long (15 mm dia by 41 mm long)	1.75 inches dia by 0.61 high (44 mm dia by 15 mm high)	1.75 inches dia by 0.61 high (44 mm dia by 15 mm high) (Note: Uses two tubes)
Enclosure Dimensions	4.25 by 2.6 by 1.2 inches (108 by 66 by 30 mm)	5.3 by 3.4 by 1.5 inches (135 by 86 by 38 mm)	5.3 by 3.4 by 1.5 inches (135 by 86 by 38 mm)
Price RS-232 Version	\$199.00	\$349.00	\$649.00
Price USB Version	\$249.00	\$399.00	\$699.00

f) *Diffúziós ködkamra* részecskenyomok
vizuális megjelenítésére

Iskola Házi készítésű; Peltier-elemes hűtés



Pasco: 15 cm átmérő, LED
hűtés jeges víz + Peltier. ~300 000 Ft
ÖvegesLab (**Iskola**)



Csatári L.

Phywe: Nagyfelületű 40 cm x 40 cm ködkamra.

2-propanol párologtatása.
Hűtőgéppel -27 C az alaplap.
Folyamatos működés, heti
programozás. (~ 6 000 000 Ft)

Töltött részecskék,
gamma-fotonok közvetlenül,
neutronok (n,p) szórás révén.

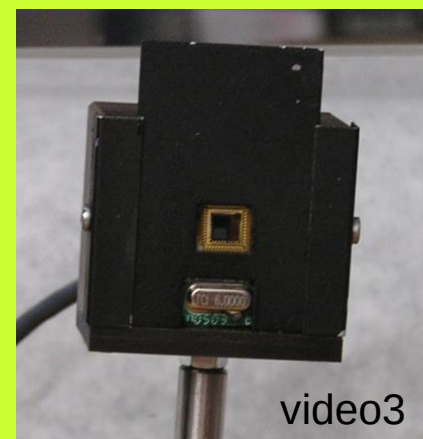
TudÉlményKözp, Egyetem
Internetes közvetítés!



g) Olcsó *web-kamera*

α -részecskék kimutatásához ~ 5 000 Ft
(vékony ablakkal, vagy ablakától megfosztva)

Iskola



h) *Sugárforrások* a radioaktivitás kísérletekhez – ANTSZ-**OAH!?**

Iskola, ÖvegesLab, TudÉlményKözp („C”-szint?)

Természetes (vegyi)anyagok, keverékek: *K*, *Th*, *U*: nagy $T_{1/2}$, kis *A*.
(Korlátozott az össz-aktivitás!) **K-40**: sok vegyület; *műtrágyában is!*

Saját készítésű források: levegőből porszívóval szűrőpapírra:
rövid $T_{1/2}$, nagyobb *A*, de ~3 *komponens* van benne.

Segít a **mentességi szint**: **Am-241** α – γ -forrás (432,2 év): 10 kBq
(web-kamera α -detektor; ködkamra, ...). ~ 40 000 Ft

Cs-137 β – γ -forrás (30,1 év): 10 kBq

K-40: mentesség 32 kg (!) kálium

Egyetem/Kutató: > „C” szint.

Világunk fizika által belátható határai

	Alsó határ	Felső határ	Jelenség
Méret,távolság [m]	$< 10^{-15}$	10^{26}	Elemirészek – Univerzum
Tömeg [kg]	$< 10^{-37}$	$> 10^{54}$	Neutrínó – csillagok ... Univerzum
Sűrűség [kg/m ³]	$< 10^{-27}$	10^{17}	„Űr” – neutroncsillag
Energia [J]	$< 10^{-30}$	$> 10^{47}$	Állapotszélesség–2 feketelyuk egyesülése
Idő [s]	10^{-43}	10^{38}	Ősrobbanás – proton élettartama
A kölcsönhatások csatolási állandói	10^{-38}	1	Gravitáció – magerő (erős/szín)

ÓRIÁSI – PARÁNYI

RÖVID – HOSSZÚ

LASSÚ – GYORS

KÖNNYŰ – NEHÉZ

ERŐS – GYENGE

ALTIUS

FORTIUS



CITIUS