

JÁDRO

JÁDRO SE SKLÁDÁ Z **A** NUKLEONŮ
(**A** = HMOTNOSTNÍ ČÍSLO),
Z NICHŽ **Z** (NÁBOJOVÉ ČÍSLO) JE PROTONŮ
A **N** = **A** – **Z** (NEUTRONOVÉ ČÍSLO) NEUTRONŮ.

HMOTNOST JÁDRA JE S PŘESNOSTÍ 1% ROVNA
A u , KDE **u** = ATOMOVÁ HMOTNOSTNÍ
JEDNOTKA - $u = 1,660\,538\,86(28) \times 10^{-27} \text{ kg} \approx$
 931.5 MeV

PŘESNĚJI $M(A,Z) = ZM_p + NM_N - W(A,Z)/c^2$,
KDE $M_p = 1,672\,621\,71(29) \times 10^{-27} \text{ kg} \approx 938.3 \text{ MeV}$
 $M_N = 1,674\,927\,28(29) \times 10^{-27} \text{ kg} \approx 939.6 \text{ MeV}$
A $W(A,Z)$ JE VAZEBNÁ ENERGIE JÁDRA

JÁDRO MÁ ROZLOŽENÍ NUKLEONŮ POPSANÉ VZTAHEM

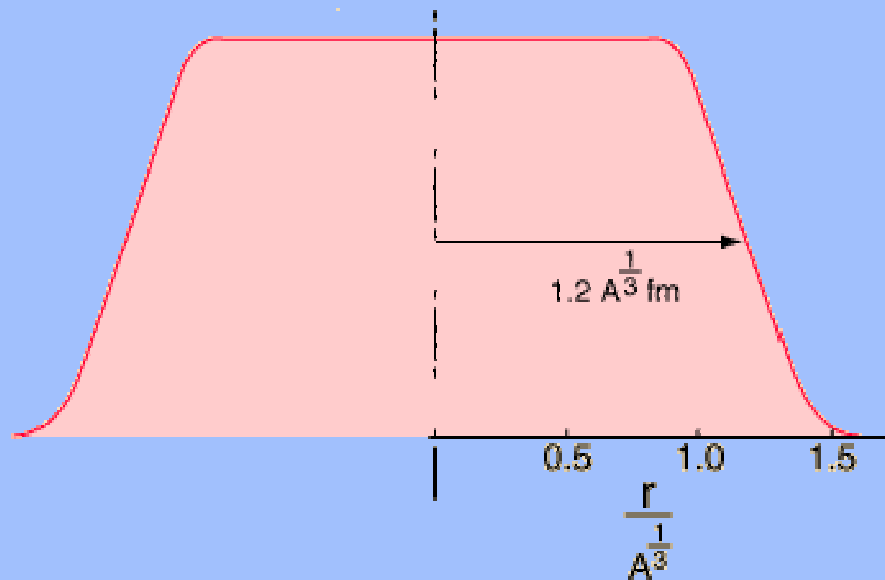
$$\rho = \rho_0 / \left[\exp\left(\frac{r-R}{a}\right) + 1 \right],$$

KDE $\rho_0 = 0.17 \text{ n/fm}^3 = 2.7 \times 10^{17} \text{ kg/m}^3$

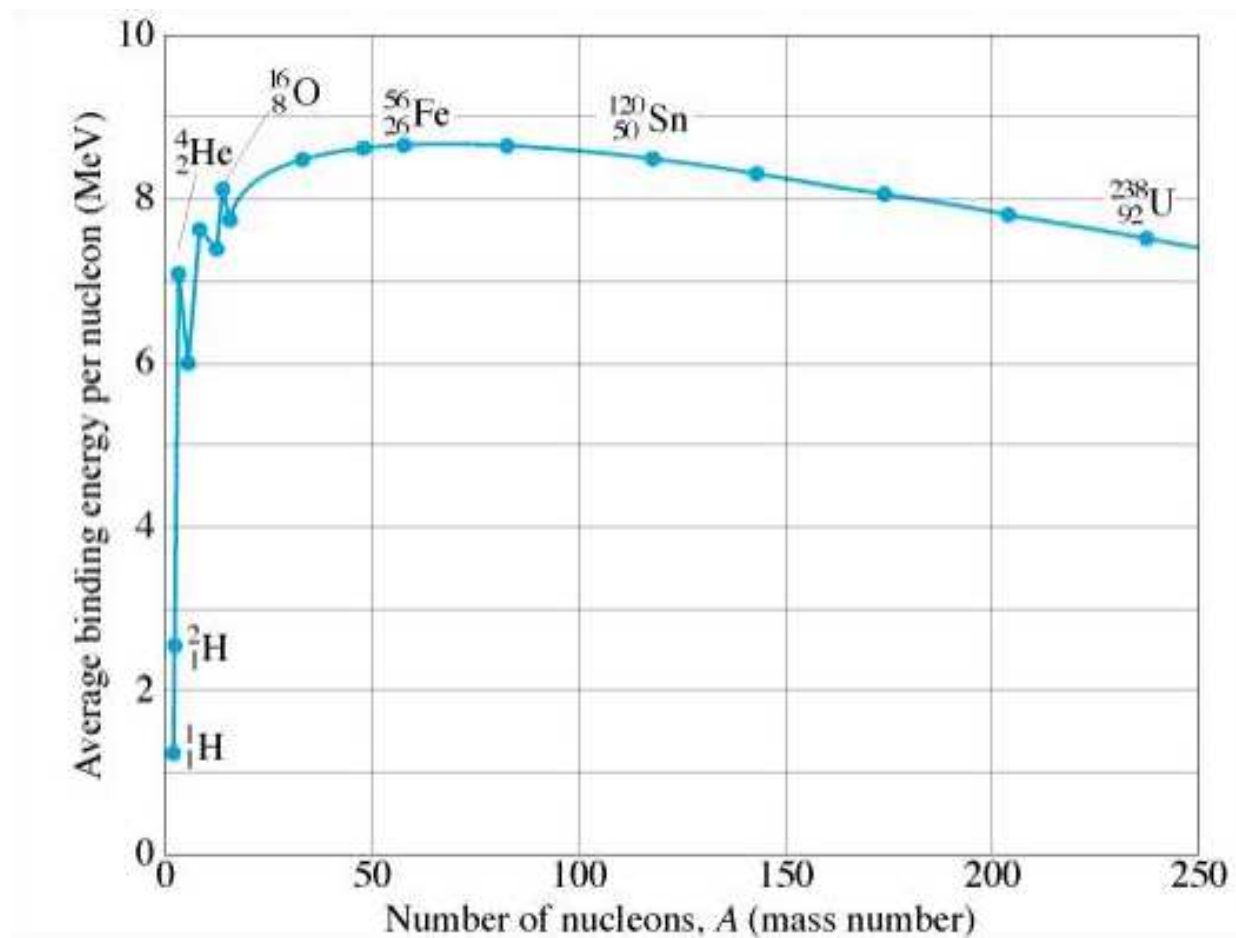
JE HUSTOTA JÁDRA,

$R = 1.2 \text{ fm } A^{1/3}$ POLOMĚR JÁDRA

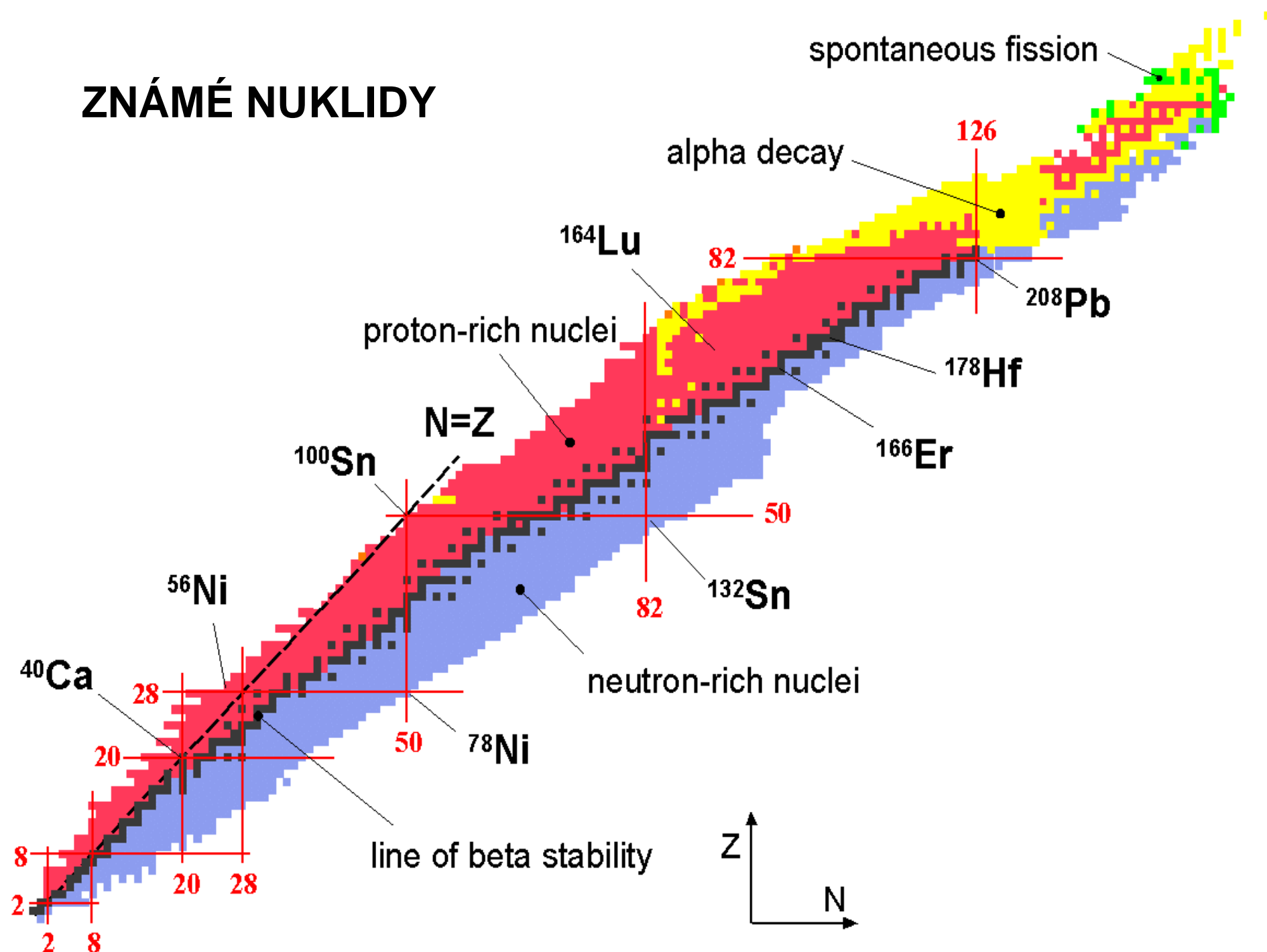
$a \approx 0.6 \text{ fm}$ TLOUŠŤKA POVRCHOVÉ VRSTVY

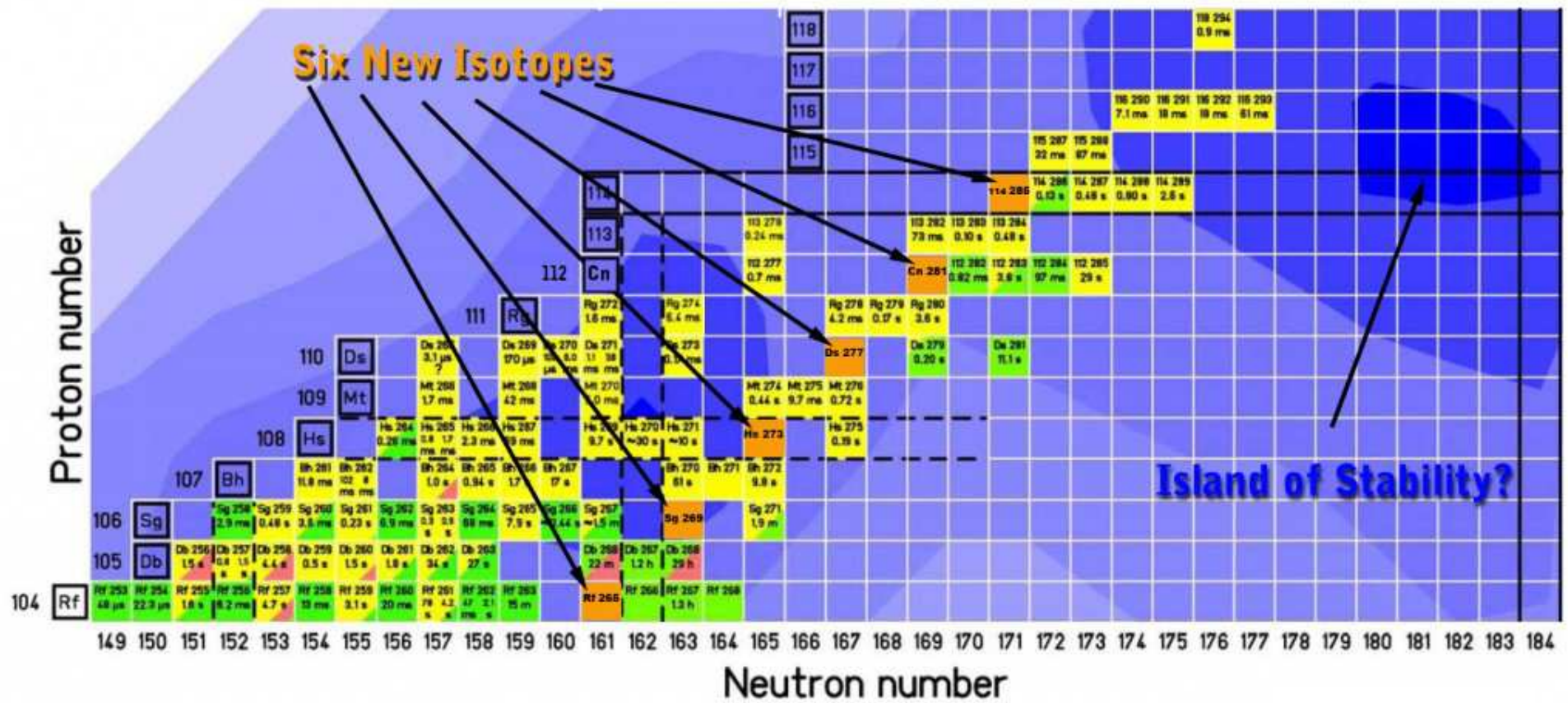


VAZEBNÁ ENERGIE ČINÍ cca 8 MeV NA NUKLEON.



ZNÁMÉ NUKLIDY





**DÁNO A, Z – NUKLID, A – IZOBAR,
 Z - IZOTOP (URČUJE CHEMII), N - IZOTON**

**LICHO-LICHÁ JÁDRA JSOU AŽ NA 4 NESTABILNÍ,
LICH-SUDÁ A SUDO LICHÁ STABILNĚJŠÍ,
NEJSTABILNĚJŠÍ JSOU SUDO-SUDÁ JÁDRA
A Z NICH NEJSTABILNĚJŠÍ TA, KTERÁ MAJÍ
„MAGICKÝ“ POČET PROTONŮ, RESP. NEUTRONŮ,
RESP PROTONŮ I NEUTRONŮ**

**NEUTRONŮ V JÁDŘE JE OBVYKLE VÍCE NEŽ
PROTONŮ – PROTONY SE ODPUZUJÍ.**

**PŘEBYTEK NEUTRONŮ VEDE K β^- ROZPADU,
PŘEBYTEK PROTONŮ K β^+ ROZPADU NEBO
ZÁCHYTU ELEKTRONU.
U TĚŽKÝCH JADER DOCHÁZÍ K ALFA ROZPADU.**

**MOMENT HYBNOSTI JÁDRA ZVANÝ
SPIN JÁDRA (OZN. I)**

**JE VEKTOROVÝM SOUČTEM ORBITÁLNÍCH A
SPINOVÝCH MOMENTŮ NUKLEONŮ.**

**PROTONY I NEUTRONY VYKAZUJÍ TENDENCI
K PÁROVÁNÍ – CELKOVÝ SPIN JE MALÝ (MAX 6).
SUDO-SUDÁ JÁDRA MAJÍ SPIN 0.**

MAGNETICKÝ MOMENT

JE VEKTOROVÝM SOUČTEM ORBITÁLNÍHO
MOMENTU NUKLEONŮ A VLASTNÍCH MOMENTŮ
PROTONU A NEUTRONU (!)

ORBITÁLNÍ MAGNETICKÝ MOMENT JE $\gamma I \mu_N$
MAGNETICKÝ MOMENT PROTONU $2.793 \mu_N$
MAGNETICKÝ MOMENT NEUTRONU $-1.913 \mu_N$

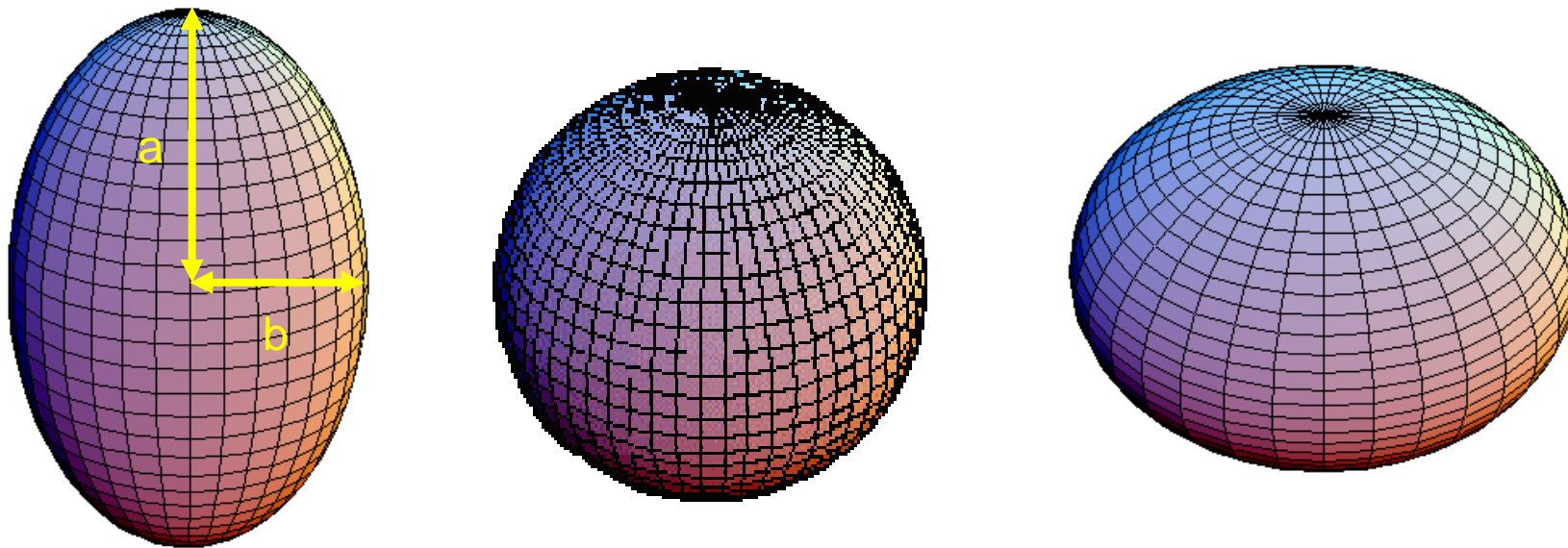
SUDO-SUDÁ JÁDRA MAJÍ NULOVÝ MAGNETICKÝ
MOMENT.

SPIN A MAGNETICKÝ MOMENT NĚKTERÝCH JADER

n	1/2	-1.91	p	1/2	2.79
²H	1	0.86	³H	1/2	3
³He	1/2	-2.1	⁶Li	1	0.82
⁷Li	3/2	3.3	⁹Be	3/2	-1.2
¹⁰B	3	1.8	¹³C	1/2	0.7
¹⁴N	1	0.4	¹⁵N	1/2	-0.28
¹⁷O	5/2	-1.9	¹⁹F	1/2	2.6

JÁDRA S $I > 1/2$ BÝVAJÍ NESFÉRICKÁ.

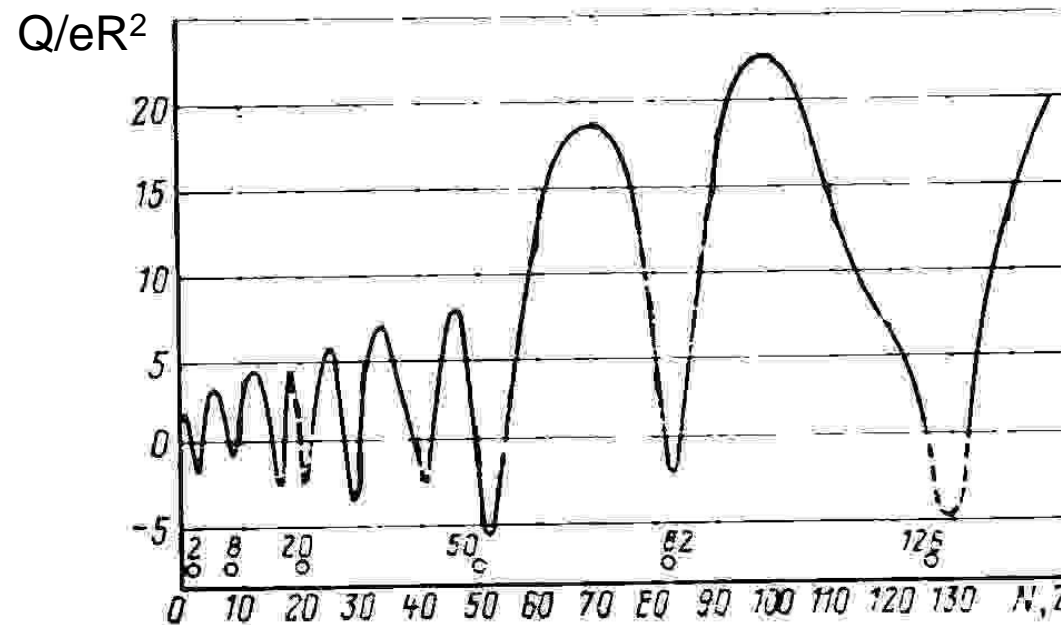
MODEL : SFÉROID



CHARAKTERIZUJE KVADRUPÓLOVÝ MOMENT

$$Q = \frac{2}{5} (a^2 - b^2) \cdot Ze$$

SHLAZENÁ ZÁVISLOST Q NA Z RESP. N



$$Q = \frac{2}{5} (a^2 - b^2) \cdot Ze = \frac{4}{5} \varepsilon R^2 \cdot Ze ,$$

$$\varepsilon = \frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2} , R^2 = \frac{1}{2} (a^2 + b^2) .$$

KAPKOVÝ MODEL JÁDRA

JÁDRO JAKO NABITÁ KAPKA :



VAZBA NUKLEONŮ V JÁDŘE JE PŘIBLIŽNĚ
KONSTANTNÍ -
PŘÍSPĚVEK K VAZEBNÉ ENERGII $a_1 A$

NUKLEONY NA POVRCHU JSOU VÁZÁNY MÉNĚ
– ZESLABENÍ ÚMĚRNÉ POVRCHU, TJ. $-a_2 A^{2/3}$

ELEKTROSTATICKE ODPUZOVÁNÍ PROTONŮ –
ZESLABENÍ $-a_3 Z^2/A^{1/3}$

UŽÍVÁME $R \sim A^{1/3}$

PRO DOBROU SHODU POTŘEBUJEME JEŠTĚ
2 ČLENY

SYMETRIZAČNÍ ČLEN – BEZ ELEKTROSTATICKEHO
ODPUZOVÁNÍ BY BYLO STEJNĚ PROTONŮ I
NEUTRONŮ $-a_4(A-2Z)^2/A$

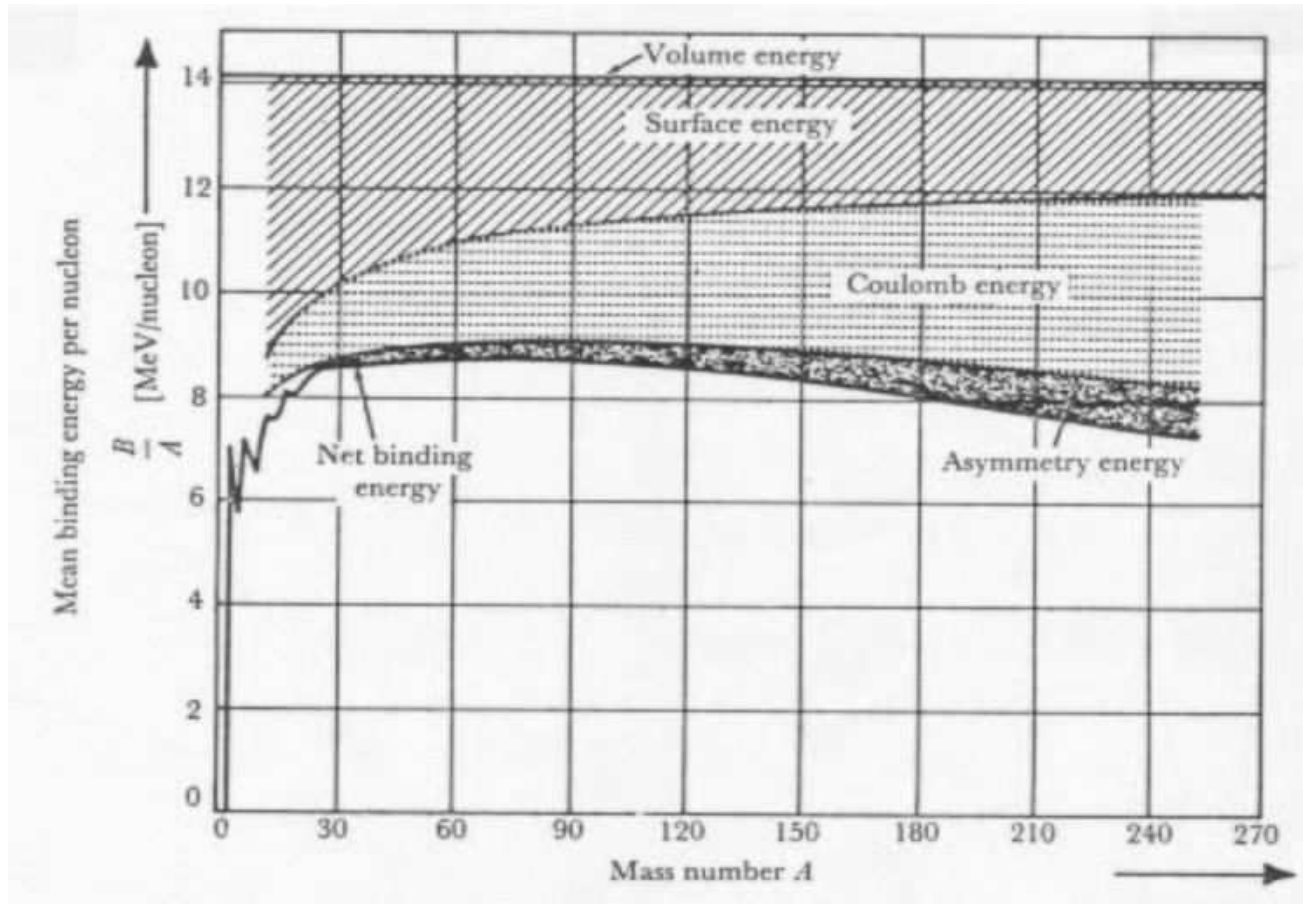
„ZUBOVÝ“ ČLEN ROZLIŠUJÍCÍ SS, SL A LS A LL
JÁDRA : $D = +\delta/A^{3/4}$ PRO SS, $= 0$ PRO SL A LS,
 $= -\delta/A^{3/4}$ PRO LL

CELKEM : $W(A,Z) =$

$$a_1A - a_2A^{2/3} - a_3Z^2/A^{1/3} - a_4(A-2Z)^2/A + D$$

TZV. WEZSÄCKEROVA FORMULE

PODÍL ČLENŮ NA VAZEBNÉ ENERGII



BEST FIT (v MeV) :

$$a_1 = 15.67, a_2 = 17.23, a_3 = 0.75, a_4 = 93.2, \delta = 12$$

EXISTENCE JÁDRA VYŽADUJE NOVOU „SILNOU SÍLU“.

(ELEKTRICKÉ SÍLY JSOU ODPUDIVÉ, MAGNETICKÉ SLABÉ.)

VLASTNOSTI :

SILNĚJŠÍ NEŽ ELEKTRICKÉ (8 MeV/N PROTI 0.75/NP)

PŮSOBÍ MEZI HADRONY

MAJÍ KRATKÝ DOSAH (2-3 fm – NEJSOU MAKRO)

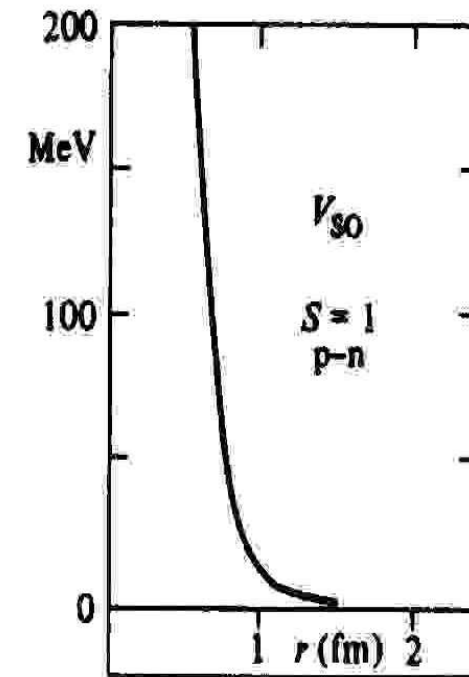
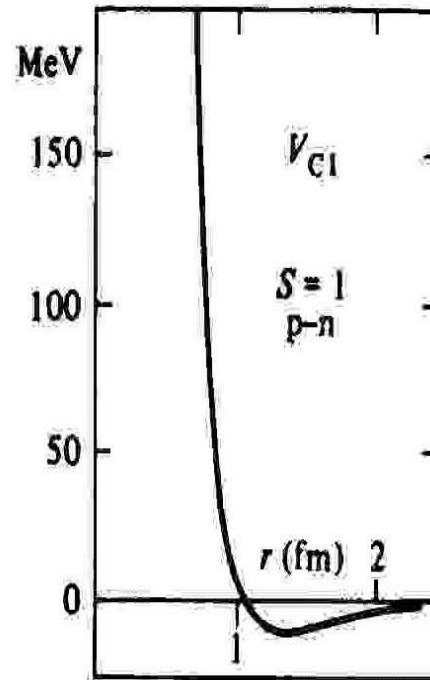
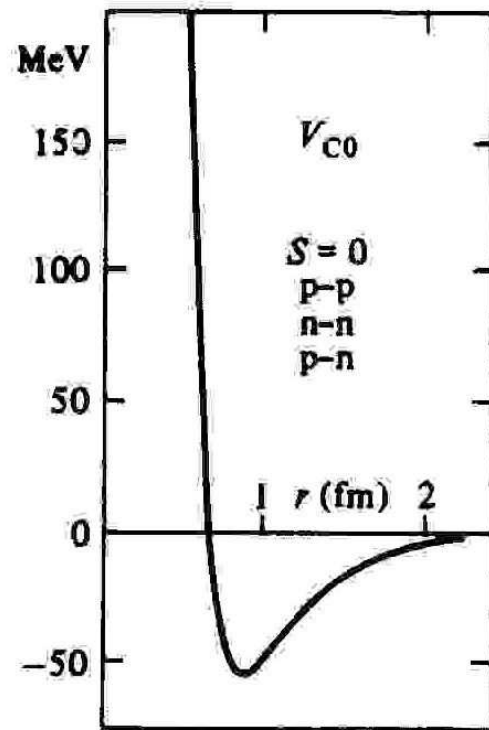
NEZÁVISEJÍ NA NÁBOJI

VYKAZUJÍ NASYCENÍ (U cca 4 NUKLEONŮ)

ZÁVISEJÍ NA SPINU A JSOU NECENTRÁLNÍ

U VÍCE ČÁSTIC NESTAČÍ PÁROVÉ SÍLY

SILNÉ PŮSOBENÍ NUKLEONŮ MŮŽEME POPSAT NAPŘ. PAŘÍŽSKÝM POTENCIÁLEM



$V = V_{C0}$ PRO ANTISYMETRICKÝ STAV,
 $V = V_{C1} + \frac{1}{2} V_{SO}$ S.L PRO SYMETRICKÝ STAV

PRO VĚTŠÍ VZDÁLENOSTI MŮŽEME POUŽÍT
JEDNOPIONOVOU APROXIMACI, KDE VZÁJEMNÉ
PŮSOBENÍ JE ZPŮSOBENO **VÝMĚNOU PIONŮ**

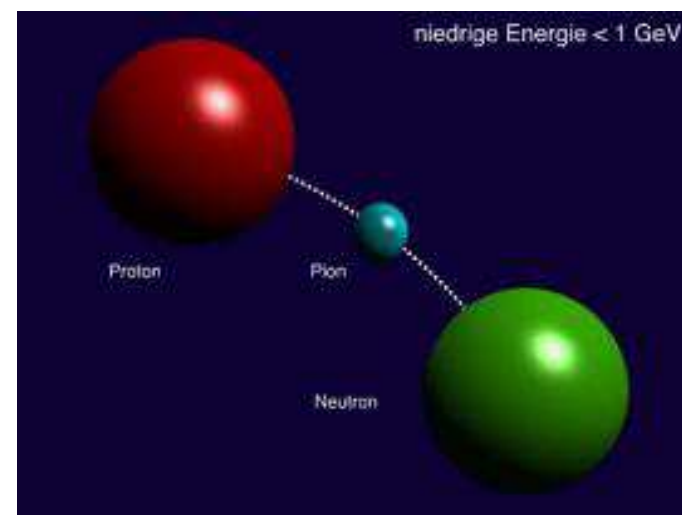
ROVNICE PRO POTENCIÁL

$$\left[\Delta - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \left(\frac{m_\pi c}{\hbar} \right)^2 \right] \Phi(r, t) = 0$$

SE STACIONÁRNÍM ŘEŠENÍM

$$\Phi(r, t) = g_\pi \exp(-m_\pi c r / \hbar) / r$$

$$m_\pi \approx 140 \text{ MeV} \quad \text{DÁ DOSAH} \quad \frac{\hbar}{m_\pi c} \quad 1.4 \text{ fm} .$$



SLUPKOVÝ MODEL JÁDRA

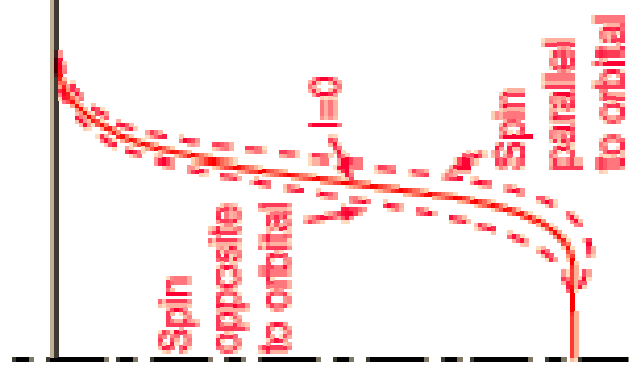
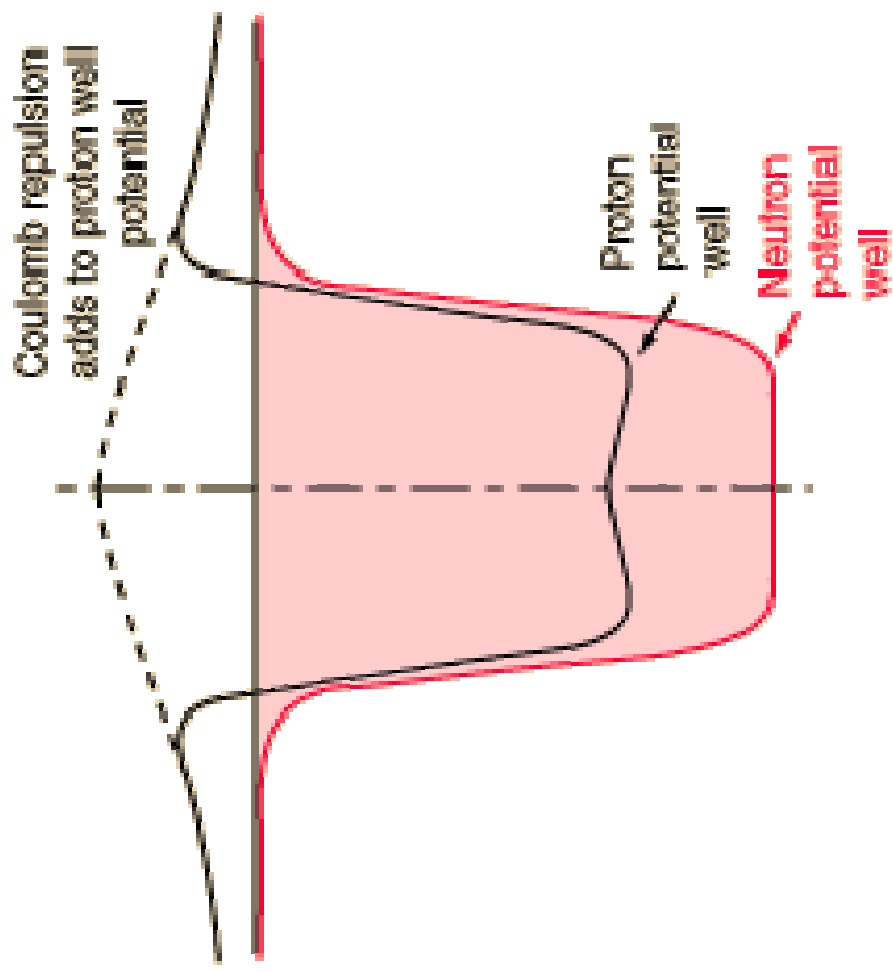
NEZÁVISLÉ NUKLEONY V EFEKTIVNÍ
POTENCIÁLOVÉ JÁMĚ

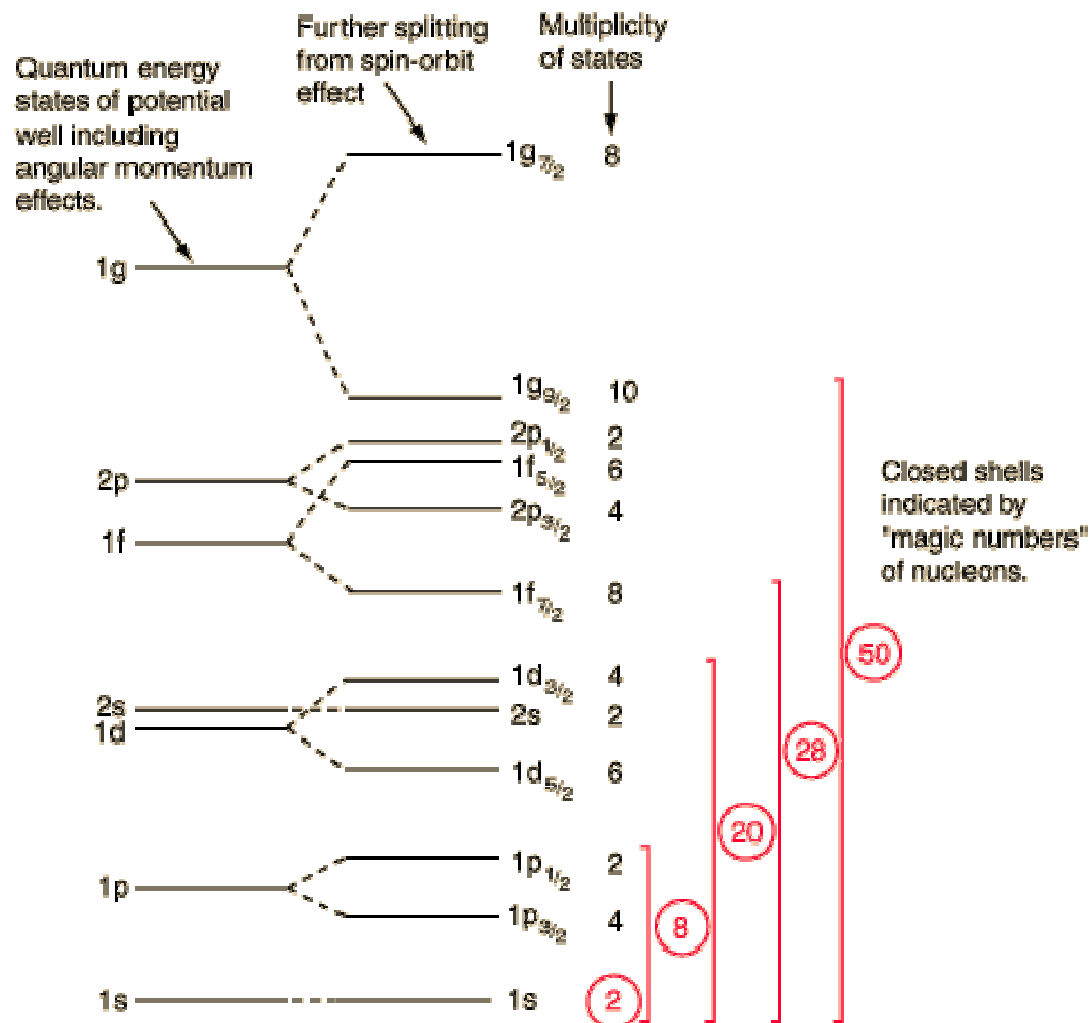
POTENCIÁL WOODSŮV-SAXONŮV :

$$V = - V_0 / (\exp((r-R)/a) + 1)$$

+ ELEKTROSTATICKE ODPUZOVÁNÍ PRO
PROTONY

+ SPIN ORBITÁLNÍ ČLEN ÚMĚRNÝ $L \cdot S$





ZÍSKANÉ HLADINY

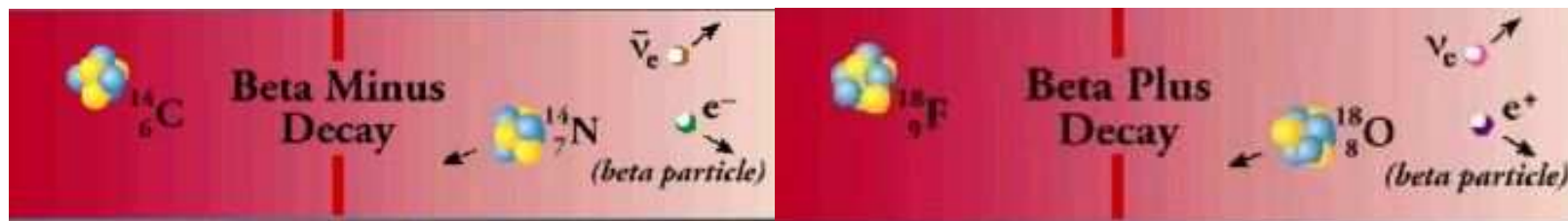


**UZAVŘENÉ
SLUPKY =
MAGICKÁ JÁDRA**

**MODEL
UMOŽŇUJE URČIT
ENERGETICKÉ
STAVY A JEJICH
SPIN**

RADIOAKTIVITA

3 HLAVNÍ TYPY :



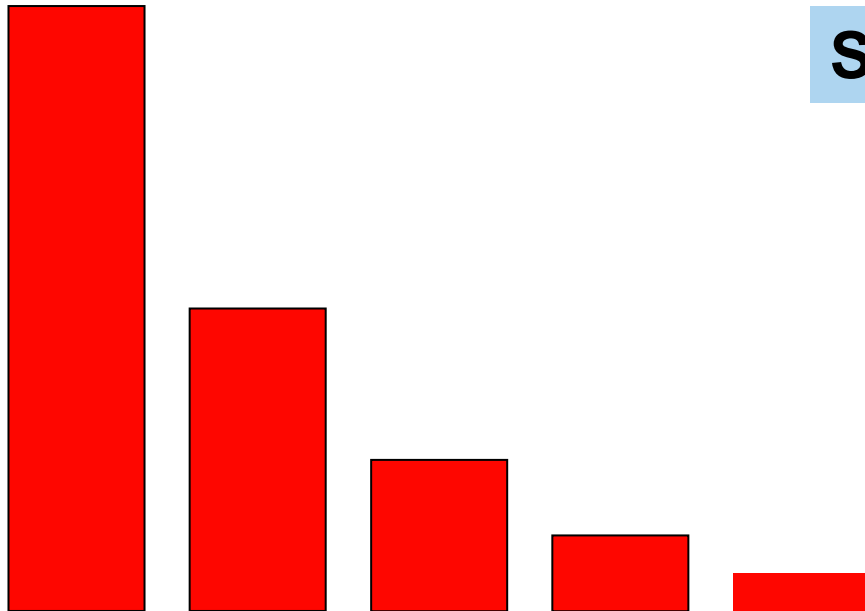
POČET ROZPADŮ JE ÚMĚRNÝ MNOŽSTVÍ LÁTKY

$$\frac{dn}{dt} = -\lambda n$$

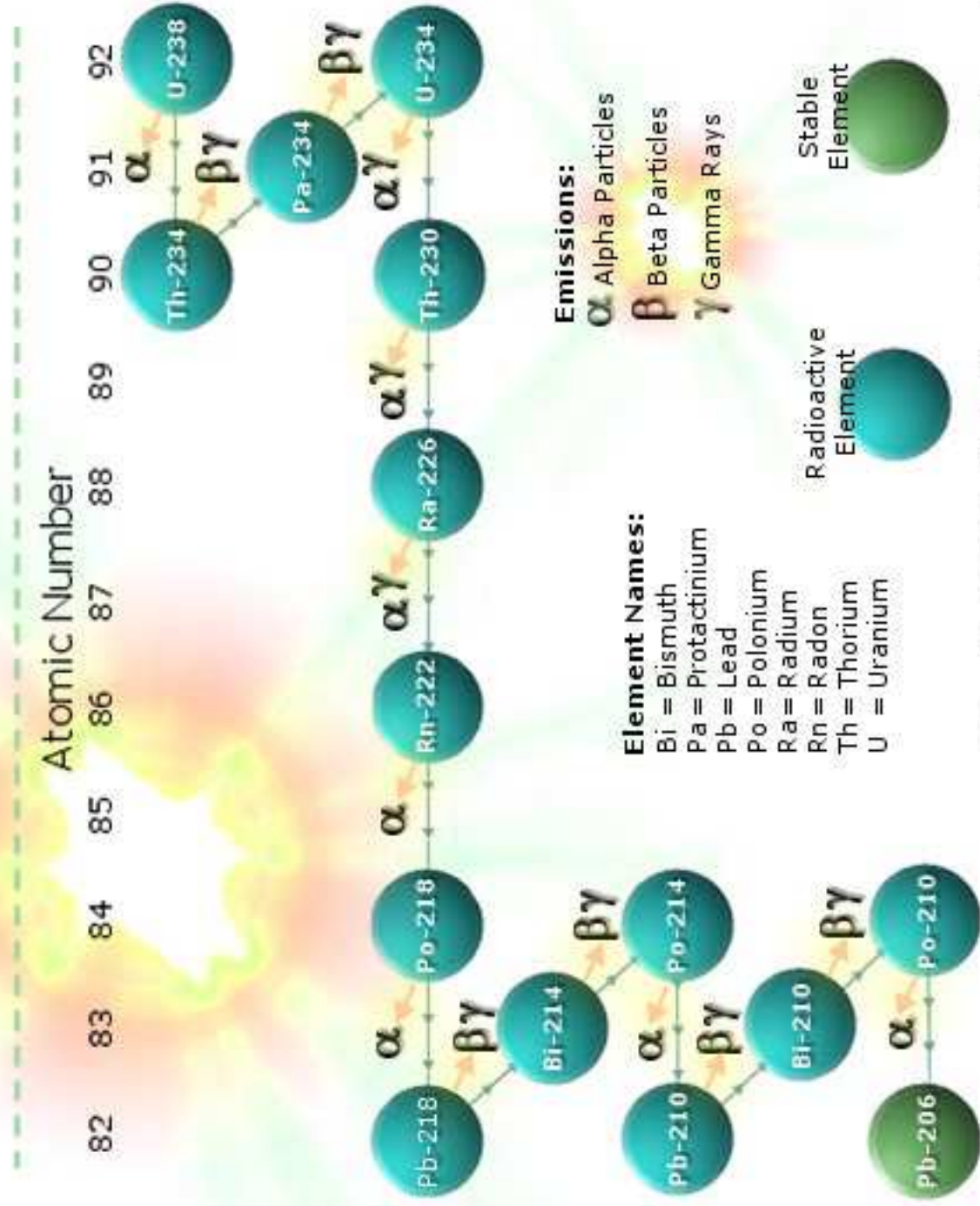
S ŘEŠENÍM

$$n = n_0 \exp(-\lambda t)$$

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

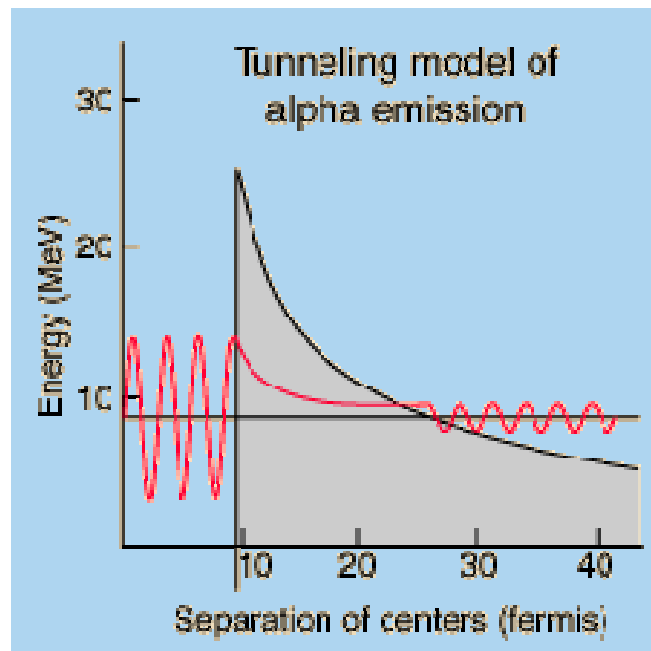


Uranium²³⁸ Decay Chain



ALFA ROZPAD

ALFA ČÁSTICE JAKO KVAZISTABILNÍ PODSYSTÉM JÁDRA TUNELUJE COULOMBOVSKOU BARIÉROU

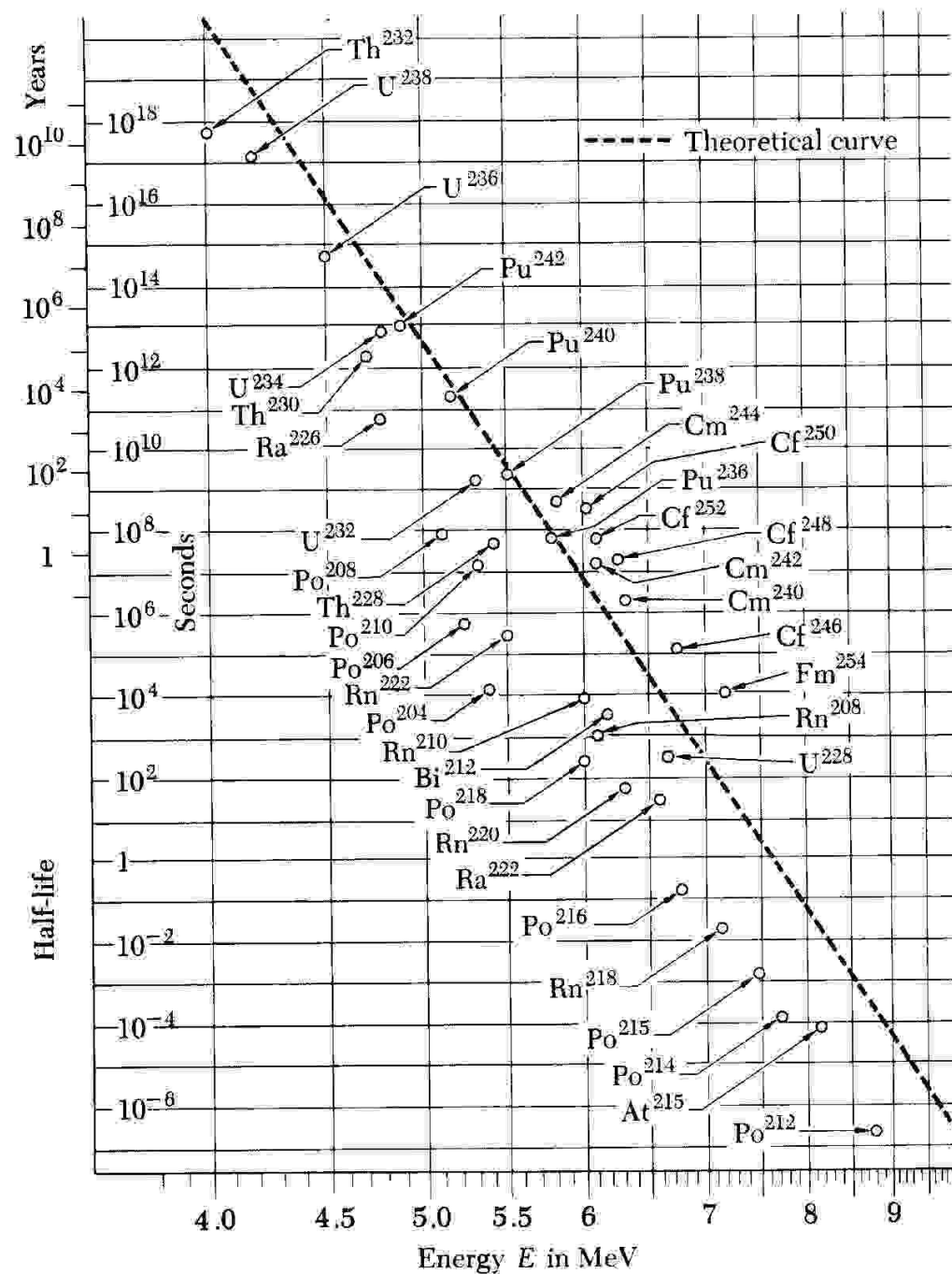


$$\lambda = 1/\tau = vT = 1/\tau_0 T$$

$$\tau_0 = \sqrt{2R/v} \approx \text{konst.} \approx 10^{-21} \text{s}$$

$$\log T \approx a' - b/\sqrt{E}$$

$$\log \tau \approx a + b/\sqrt{E}$$



**ENERGIE ALFA
ČÁSTIC
4 ÷ 9 MeV**

**ODPOVÍDAJÍCÍ
POLOČASY
ROZPADU
10¹⁰ a ÷ 10⁻⁷ s**

BETA ROZPAD

JE PROCESEM SUBJADERNÝM,
RESP. DOKONCE **SUBNUKLEONOVÝM** (NÍŽE)

POTŘEBUJEME NOVOU ČÁSTICI – **NEUTRINO**
(PAULI 1930)
A NOVOU INTERAKCI, TZV. **SLABOU**

β^- - ROZPAD ODPOVÍDÁ ROZPADU NEUTRONU
PODLE REAKCE $n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}$

β^+ - ROZPAD ODPOVÍDÁ ROZPADU PROTONU
PODLE REAKCE $p^+ \rightarrow n + e^+ + \nu$

NEŽ β^+ - ROZPAD BÝVÁ PRAVDĚPODOBNĚJŠÍ
ZÁCHYT ELEKTRONU $p^+ + e^- \rightarrow n + \nu$

SLABÁ INTERAKCE

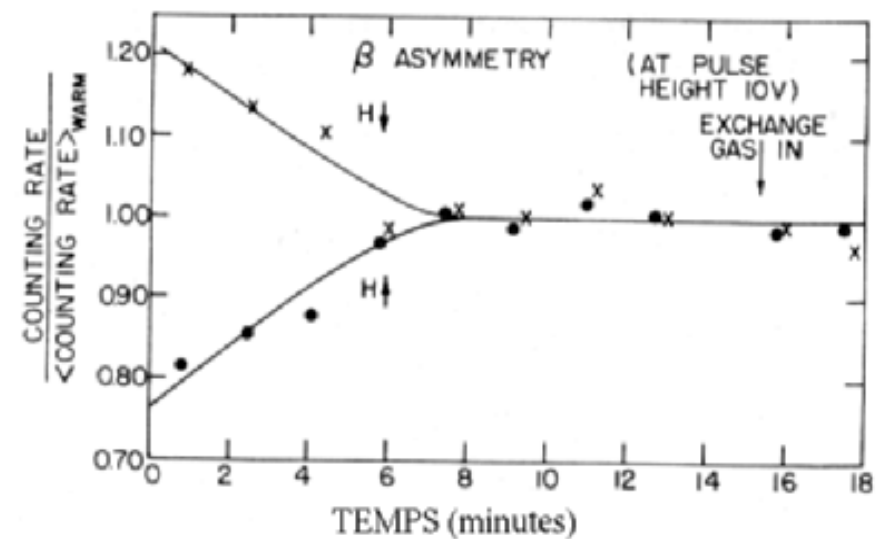
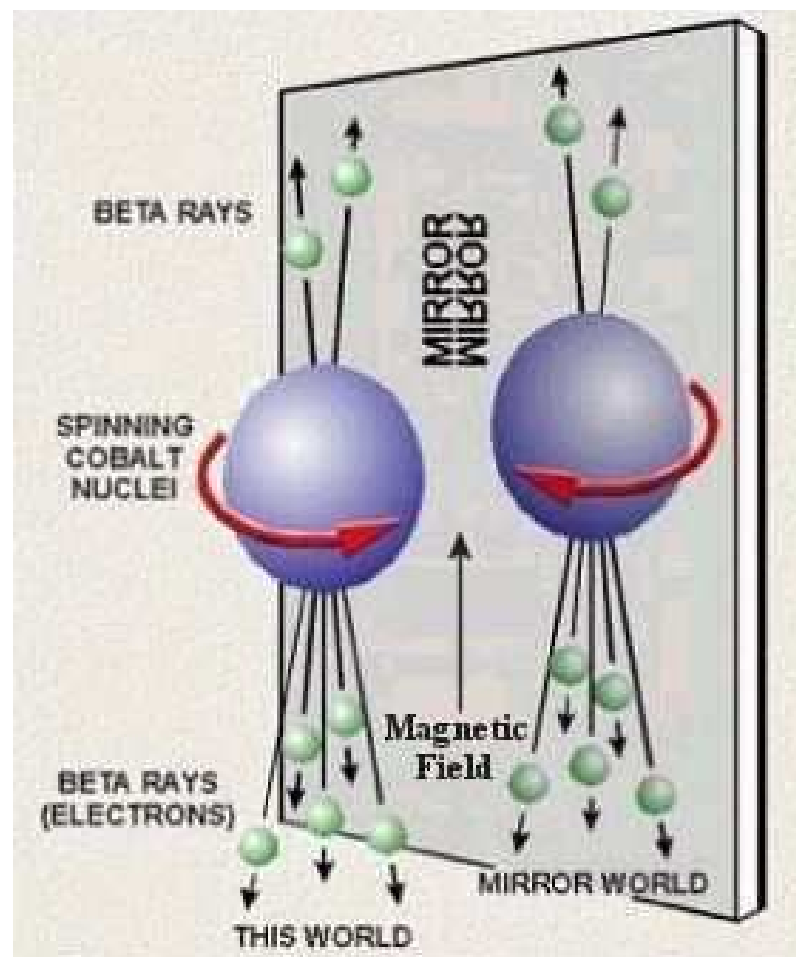
PŘI ENERGII cca 1 GeV JE O cca 12 ŘÁDŮ SLABŠÍ NEŽ SILNÁ

JEJÍ INTENZITA S ENERGIÍ ROSTE

JE TAKŘKA BODOVÁ – JEJÍ DOSAH JE 2×10^{-18} m

JE UNIVERZÁLNÍ – PŮSOBÍ MEZI (TAKŘKA) VŠEMI ČÁSTICEMI

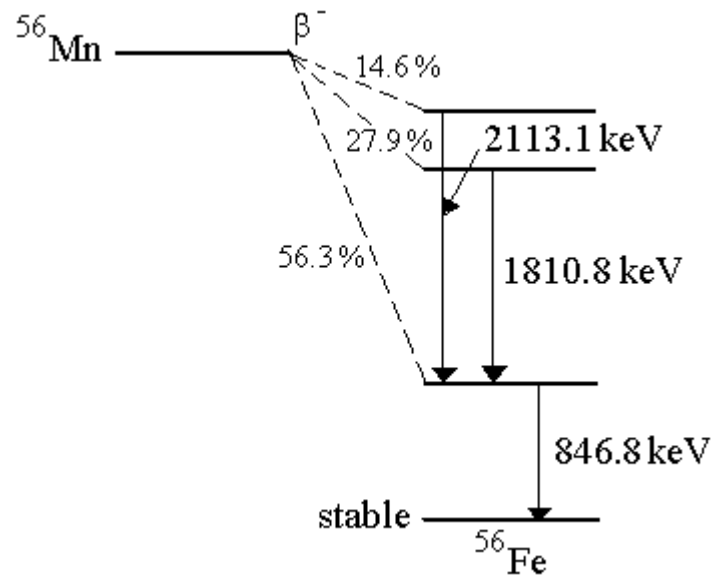
INTERAKCE ROZLIŠUJÍ MEZI PRAVOU A LEVOU STRANOU A MEZI ČÁSTICEMI A ANTIČÁSTICEMI



**VÍCE ČÁSTIC VYLÉTÁ PROTI
SMĚRU SPINU –
LZE KOMPENZOVAT
ZÁMĚNOU ZA ANTIKOBALT**

GAMA ROZPAD

PŘI PŘECHODU JÁDRA Z VYŠŠÍ ENERGETICKÉ HLADINY SE EMITUJE GAMA ZÁŘENÍ = ELMG ZÁŘENÍ O ENERGII cca 10 keV – 10 MeV, tj. VLNOVÉ DÉLCE cca 0.1 nm – 0.1 pm



**OBVYKLE
DOPROVÁZÍ
BETA NEBO
ALFA ROZPAD**

RODIOKARBONOVÉ DATOVÁNÍ

LIBBY 1949

UHLÍK MÁ 2 STABILNÍ IZOTOPY C12 (98.9 %) A C13 (1.1%)

NAVÍC JE DÍKY KOSMICKÉMU ZÁŘENÍ V ATMOSFÉŘE cca 10^{-12} C14

ZA ŽIVOTA MAJÍ ORGANISMY KONCENTRACI C14 V ROVNOVÁZE S ATMOSFÉROU, PO SMRTI MNOŽSTVÍ C14 EXPONENCIÁLNĚ KLESÁ

Z RELATIVNÍHO ZASTOUPENÍ C14 URČÍME STÁŘÍ

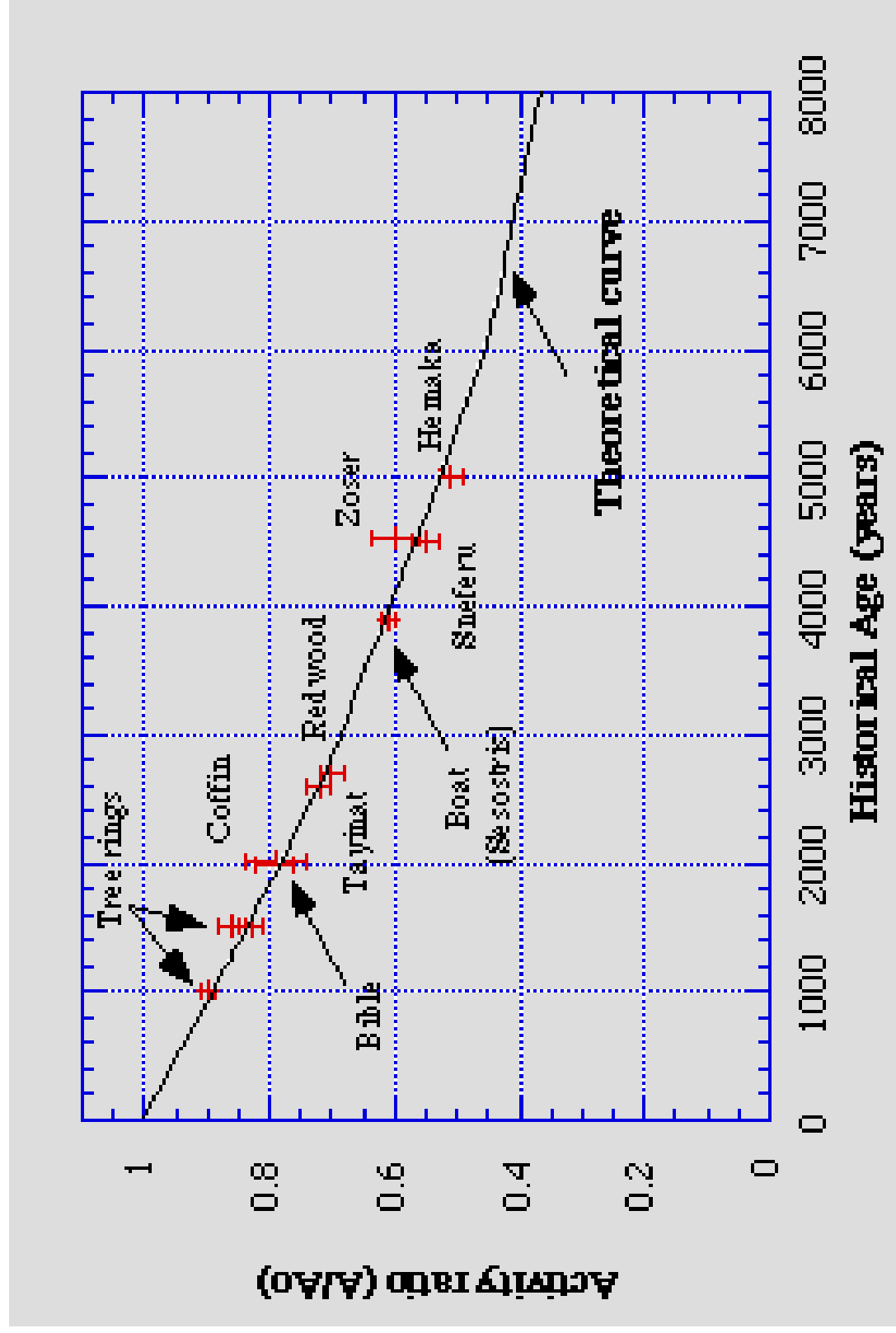
POLOČAS ROZPADU ČINÍ 5730 ± 40 a

ODTUD - $t = 8267 \ln (N_{C14}(\text{vzorek})/N_{C14}(\text{st}))$

**VZOREC PŘEDPOKLÁDÁ KONSTANTNÍ ÚROVEŇ C14
V ATMOSFÉŘE - JSOU ODCHYLKY cca 5 % -
PROTO KALIBRACE- OBVYKLE POMOCÍ LETOKRUHŮ**

METODA JE POUŽITELNÁ DO cca 50 000 LET

**CHYBA SE POHYBUJE OD cca 25 LET PRO TISÍC LET
K cca 100 LET PRO 25 000 LET**



JADERNÉ REAKCE

INTERAKCE JÁDRA S ČÁSTICÍ NEBO JINÝM JÁDREM, PŘI NĚMŽ VZNIKÁ NOVÉ JÁDRO

NEJJEDNODUŠŠÍ :

částice + jádro \rightarrow jiné jádro + jiná částice

**PŘÍKLAD : ${}^4\text{He} + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^{17}\text{O} + \text{p}$
(RUTHERFORD 1919 – 1. UMĚLÁ REAKCE)**

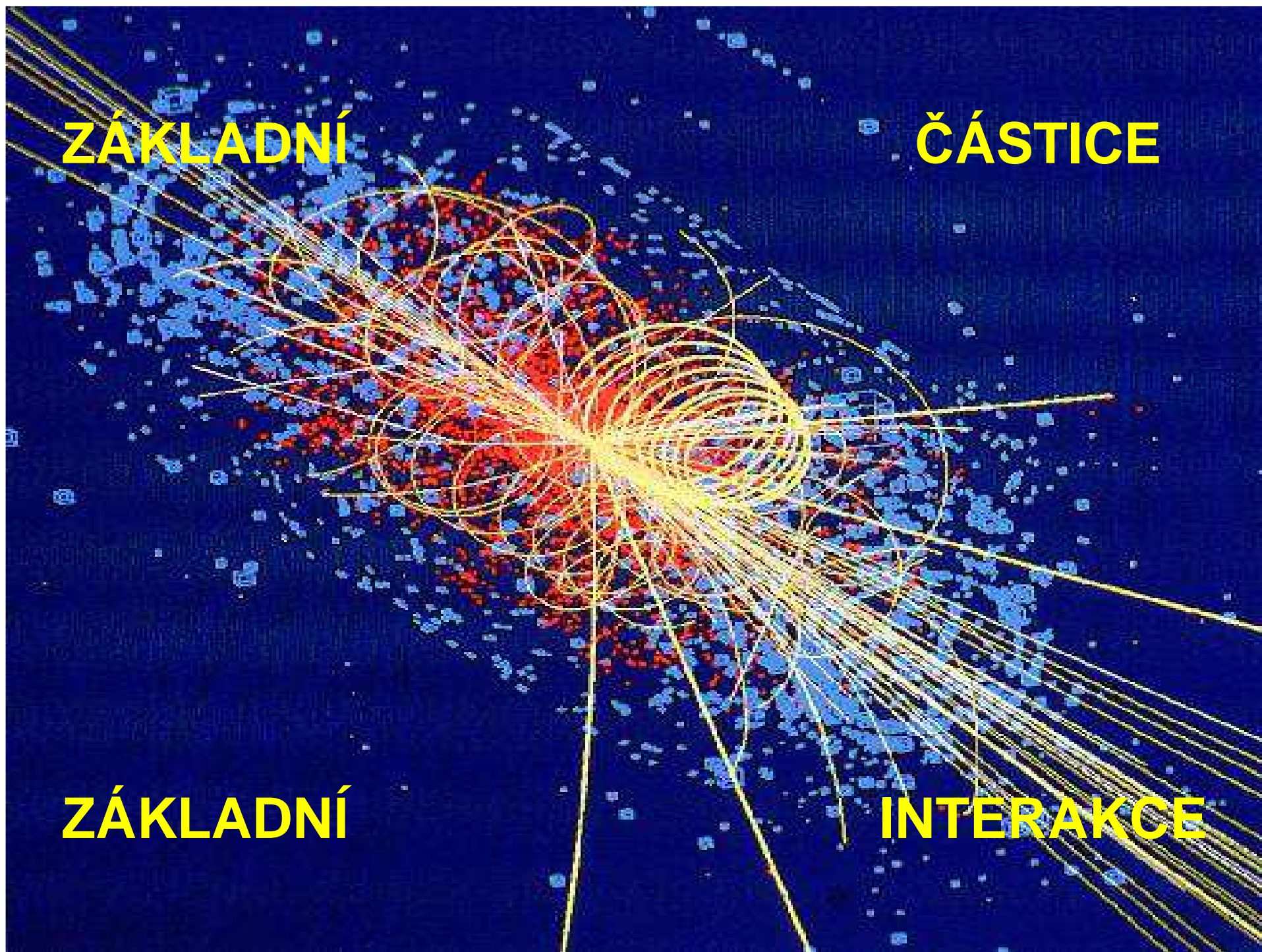
**VÝZNAMNÝM TYPEM JADERNÉ REAKCE JE
ŠTĚPENÍ JADER A SLUČOVÁNÍ JADER**

ZÁKLADNÍ

ČÁSTICE

ZÁKLADNÍ

INTERAKCE



ČÁSTICE 30. LET

**ELEKTRON – IDEA HELMHOLTZ 1881,
POTVRZENÍ J.J. THOMSON 1897**

**STABILNÍ LEHKÁ ČÁSTICE ($m \approx 0.51 \text{ MeV}$)
SE SPINEM $1/2$ (FERMION), NÁBOJEM -1
INTERAGUJÍCÍ ELEKTROMAGNETICKY A SLABĚ**

**FOTON – IDEA EINSTEIN 1905
EXPERIMENTÁLNĚ HERTZ 1887, MILLIKAN 1912**

**STABILNÍ NENABITÁ ČÁSTICE S NULOVOU
HMOTNOSTÍ A SPINEM 1
ZPROSTŘEDKOVÁVÁ ELEKTROMAGNETICKOU
INTERAKCI**

**PROTON – IDEA PROUT 1815,
JÁDRO ATOMU VODÍKU RUTHERFORD 1911**

**STABILNÍ TĚŽKÁ ČÁSTICE ($M \approx 938 \text{ MeV}$)
SE SPINEM $1/2$, NÁBOJEM 1
INTERAGUJÍCÍ SILNĚ (HADRON),
ELEKTROMAGNETICKY A SLABĚ**

**NEUTRON – IDEA RUTHERFORD 1920,
POTVRZENÍ CHADWICK 1932**

**NESTABILNÍ (DOBA ŽIVOTA $\approx 15 \text{ min}$) NENABITÁ
TĚŽKÁ ($M \approx 940 \text{ MeV}$) ČÁSTICE SE SPINEM $1/2$
INTERABUJE SILNĚ, ELEKTROMAGNETICKY
(MAGNETICKÝ MOMENT) A SLABĚ**

**NEUTRINO – IDEA PAULI 1930,
POTVRZENÍ COWAN, REINES 1956**

**OSCILUJÍCÍ NENABITÁ VELMI LEHKÁ ($m < 2 \text{ eV}$)
ČÁSTICE SE SPINEM $1/2$
INTERAGUJE SLABĚ**

**PION – IDEA YUKAWA 1935,
POTVRZENÍ POWELL 1947, BOERKLUND 1950**

**NESTABILNÍ (26 ns) NABITÉ ČÁSTICE (π^+, π^-)
STŘEDNÍ HMOTNOSTI (140 MeV) (MEZON) SE
SPINEM 0**

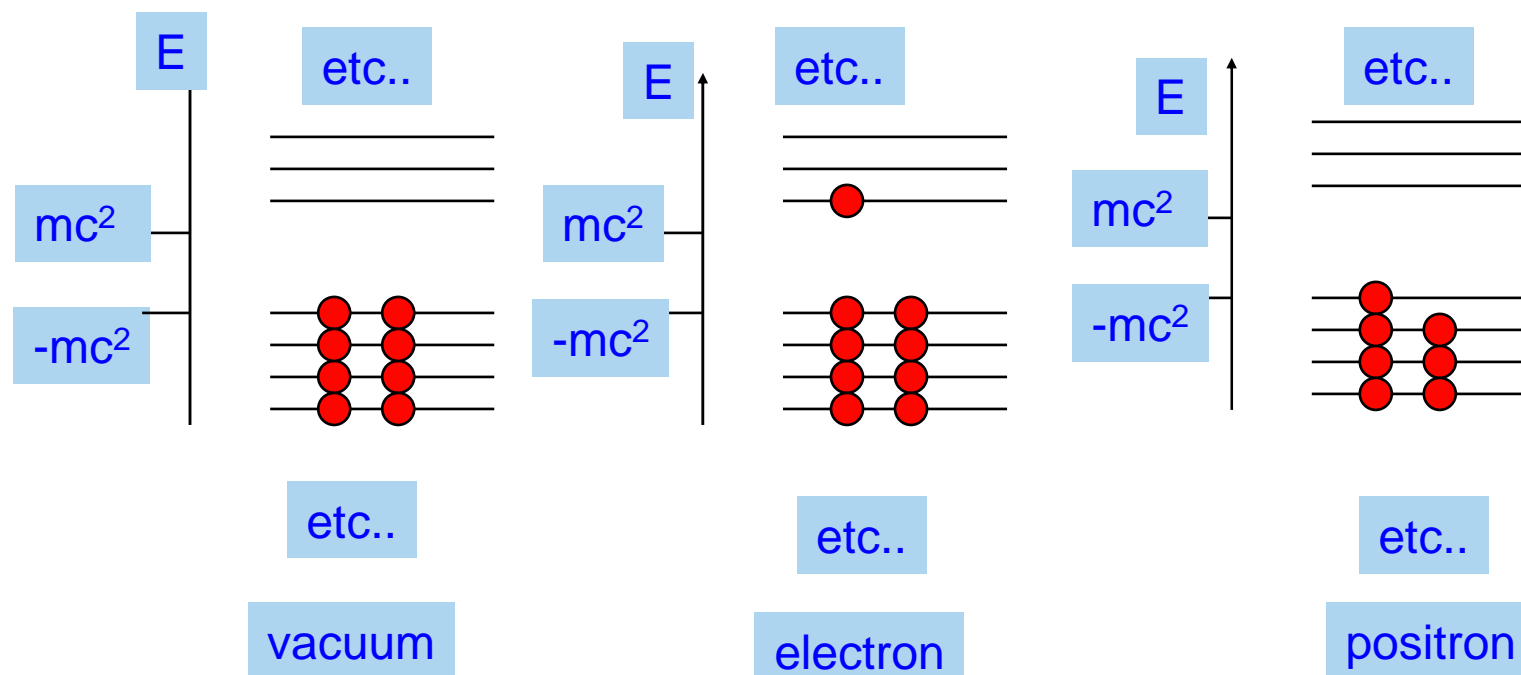
**NEUTRÁLNÍ VARIANTA (π^0): NESTABILNÍ (0.08 fs),
STŘEDNÍ HMOTNOST (135 MeV), SPIN 0
INTERABUJÍ SILNĚ, ELEKTROMAGNETICKY I SLABĚ**

ANTIHMOTA

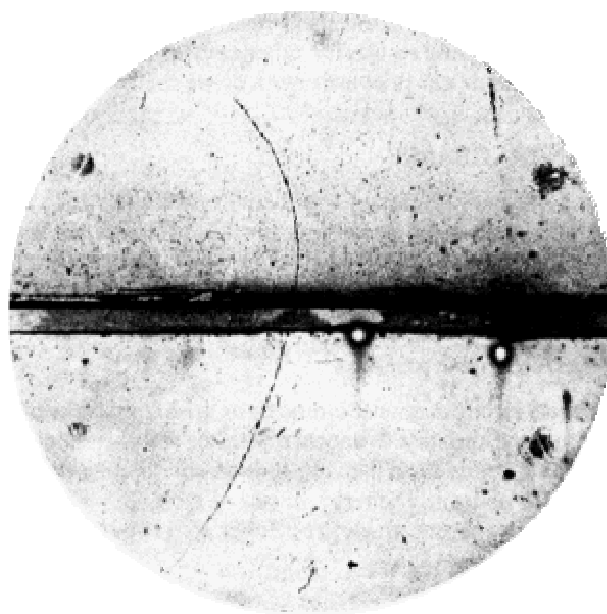
**DIRAC (1930) (S POMOCÍ WEYLOVOU)
NA ZÁKLADĚ SVÉ ROVNICE (1928) A
HYPOTÉZY MOŘE A DĚR PŘEDPOVĚDĚL
EXISTENCI POZITRONU – ANTIČÁSTICE
K ELEKTRONU**



STAVY S Kladnou a zápornou energií



POZITRON OBJEVIL ANDERSON (1932)



ANTIČÁSTICE MÁ STEJNOU HMOTNOST, DOBU ŽIVOTA A SPIN JAKO ČÁSTICE A OPAČNÉ NÁBOJE (RESP. ČÍSLA) NEŽ ČÁSTICE.

ČÁSTICE DNES

PÁR ELEKTRON A (ELEKTRONOVÉ) NEUTRINO
PATŘÍ K SOBĚ

EXISTUJÍ JEŠTĚ 2 TAKOVÉ RODINY (GENERACE)

MION ($M \approx 106 \text{ MeV}$, $Q = -1$, $\tau \approx 2.2 \mu\text{s}$, $s = 1/2$)
A JEHO NEUTRINO ($M < 0.19 \text{ MeV}$, $Q = 0$, $s = 1/2$)

A TAU ($M \approx 1777 \text{ MeV}$, $Q = -1$, $\tau \approx 0.3 \text{ ps}$, $s = 1/2$)
A JEHO NEUTRINO ($M < 18.2 \text{ MeV}$, $Q = 0$, $s = 1/2$)

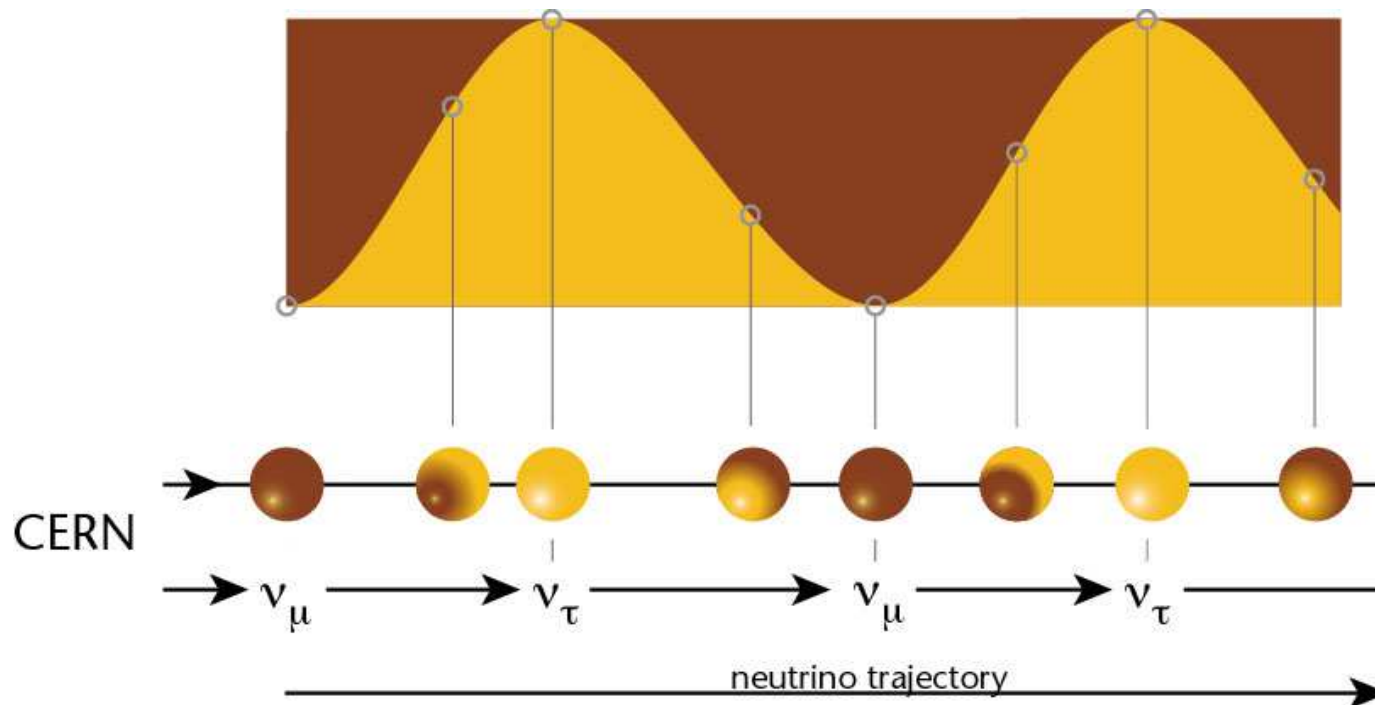
TYTO ČÁSTICE NAZÝVÁME **LEPTONY**. LEPTONY
NEINTERAGUJÍ SILNĚ.

LEPTONOVÉ ČÍSLO = POČET LEPTONŮ – POČET
ANTILEPTONŮ SE ZACHOVÁVÁ

POVAŽUJEME JE NADÁLE ZA ELEMENTÁRNÍ

+ ANTIČÁSTICE

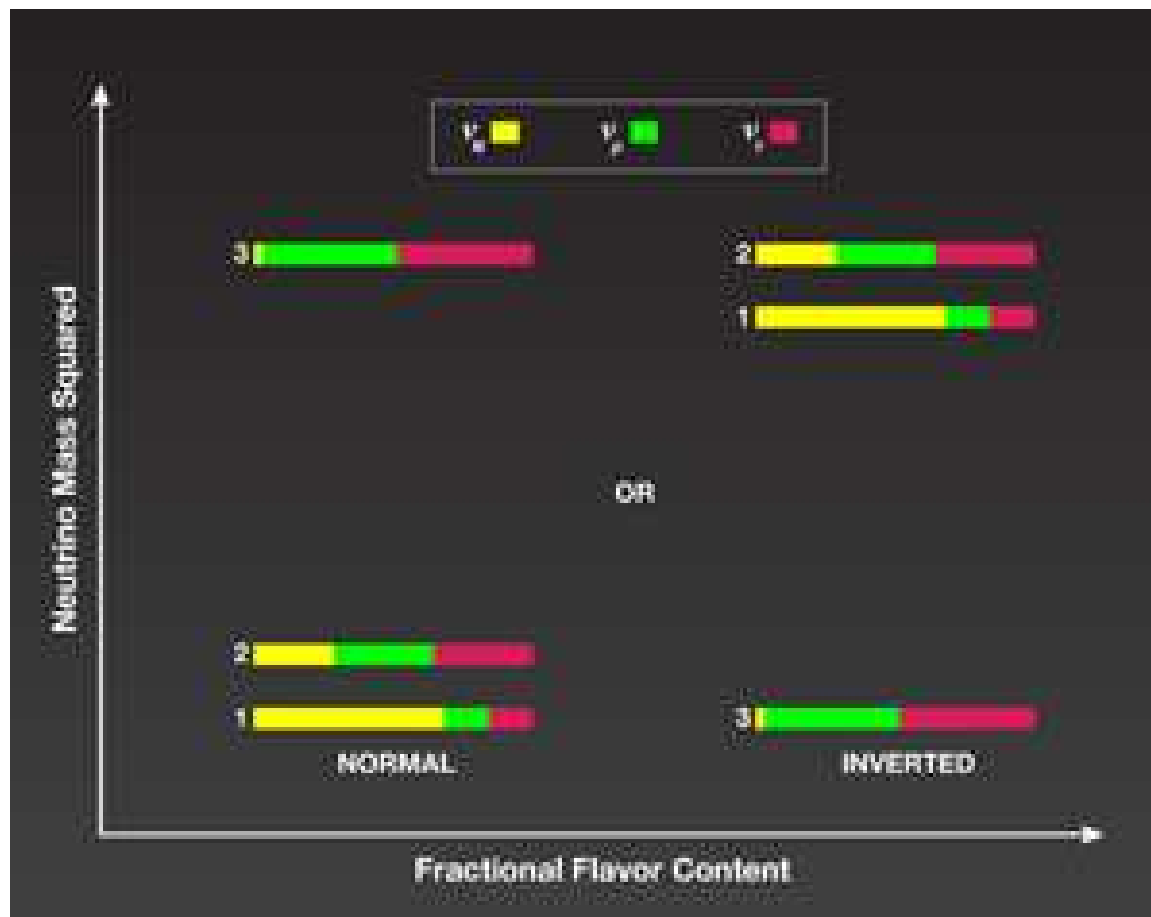
NEUTRINA SE VZÁJEMNĚ PŘEMĚŇUJÍ - OSCILUJÍ



TŘEBA
 $M \neq 0$

ARGUMENTY : ATMOSFÉRICKÁ NEUTRINA SHORA A ZDOLA, MĚŘENÍ NA VELKÉ VZDÁLENOSTI (250 km A 180 km) A SLUNEČNÍ NEUTRINA

S
P
E
K
T
R
U
M



H
M
O
T
N
O
S
T
Í

Atmosférické $\delta m_{13}^2 = \delta m_{\text{atm}}^2 \approx 2.5 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$

Sluneční $\delta m_{12}^2 = \delta m_{\text{sun}}^2 \approx 8 \times 10^{-5} \text{ eV}^2$

BARYONY

ČÁSTIC PODOBNÝCH NUKLEONŮM JE MNOHO, ŘÍKÁME JIM **BARYONY**. MAJÍ SPIN $1/2$ NEBO $3/2$.

ROZLIŠUJEME N A Δ BARYONY, PODIVNÉ BARYONY (Λ , Σ , Ξ , Ω), PŮVABNÉ A SPODNÍ BARYONY (ROZLIŠENÍ INDEX)

ČÁSTICE S NEJNIŽŠÍ ENERGIÍ ŽIJÍ DLOUHO (VÍCE NEŽ 0.1 ns), ČÁSTICE S VYŠŠÍ ENERGIÍ KRÁTCE ($\approx 10^{-23} \text{ s}$) (= EXCITOVANÉ STAVY)

NEJSOU ELEMENTÁRNÍ

BARYONOVÉ ČÍSLO = POČET BARYONŮ – POČET ANTIBARYONŮ SE ZACHOVÁVÁ.

+ ANTIČÁSTICE

MEZONY

ČÁSTIC PODOBNÝCH PIONŮM JE MNOHO.
ŘÍKÁME JIM **MEZONY**. MAJÍ SPIN 0 NEBO 1.

ZNÁME MEZONY BEZ VŮNĚ (π , η , ρ , ω)
MEZONY PODIVNÉ (K), PŮVABNÉ (D),
SPODNÍ (B) ...

ČÁSTICE S NEJNIŽŠÍ ENERGIÍ ŽIJÍ DLOUHO
(VÍCE NEŽ 0.1 ns), ČÁSTICE S VYŠŠÍ ENERGIÍ
KRÁTCE ($\approx 10^{-23}$ s) (= EXCITOVANÉ STAVY)

NEJSOU ELEMENTÁRNÍ

+ ANTIČÁSTICE

**BARYONY + MEZONY DOHROMADY TVOŘÍ SKUPINU
HADRONŮ (SILNĚ INTERAGUJÍCÍCH ČÁSTIC).**

HADRONY JSOU SLOŽENY Z KVARKŮ.

**KVARKY MAJÍ BARYONOVÉ ČÍSLO $1/3$,
LEPTONOVÉ ČÍSLO 0 A SPIN $1/2$.**

KVARKŮ JE ŠEST A TVOŘÍ TŘI PÁRY :

UP ($M \approx 2.5 \text{ MeV}$, $Q = 2/3$, $I_z = 1/2$)

A DOWN ($M \approx 6 \text{ MeV}$, $Q = -1/3$, $I_z = -1/2$)

CHARM ($M \approx 1.25 \text{ GeV}$, $Q = 2/3$, $C = 1$)

A STRANGE ($M \approx 105 \text{ MeV}$, $Q = -1/3$, $S = -1$)

A TOP ($M \approx 174 \text{ GeV}$, $Q = 2/3$, $T = 1$)

A BOTTOM (4.3 GeV , $Q = -1/3$, $b = -1$)

POVAŽUJEME JE ZA ELEMENTÁRNÍ.

+ ANTIČÁSTICE

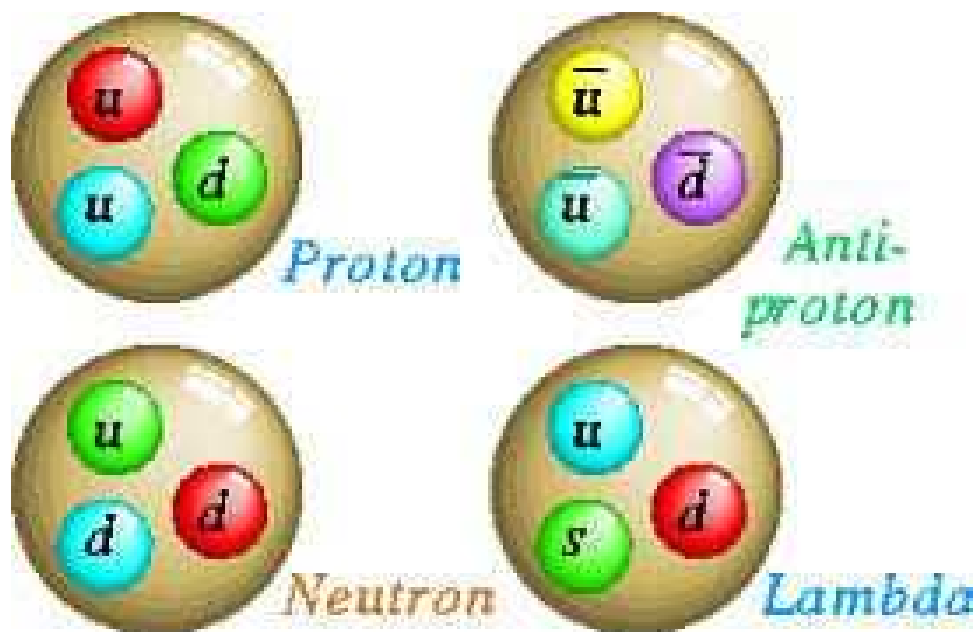
KVARKY MAJÍ **BAREVNÝ NÁBOJ** (R, G, B)
A PŮSOBÍ NA SEBE **BAREVNÝMI SILAMI**
PŘENÁŠENÝMI **GLUONY** (8 BAREV-ANTIBAREV).

NA MALÉ VZDÁLENOSTI (POD fm) JSOU SLABÉ –
tzv. **ASYMPTOTICKÁ VOLNOST**

MAJÍ TENDENCI VYTVÁŘET „**BEZBARVÉ**“ SYTÉMY
: $q\bar{q}$ (MEZONY) A qqq (BARYONY)

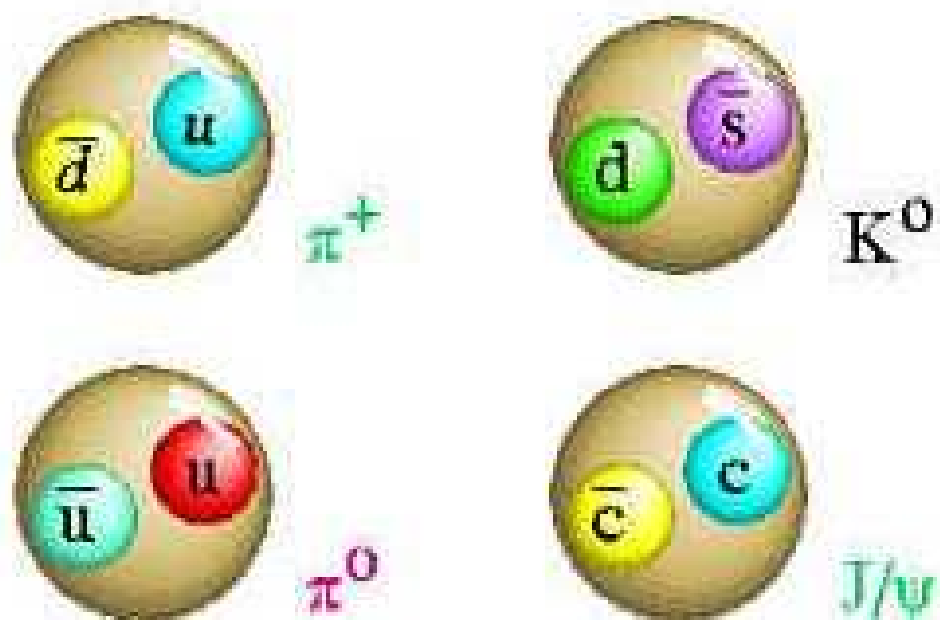
SILNÁ INTERAKCE JE vdW EFEKT BAREVNÉ
INTERAKCE

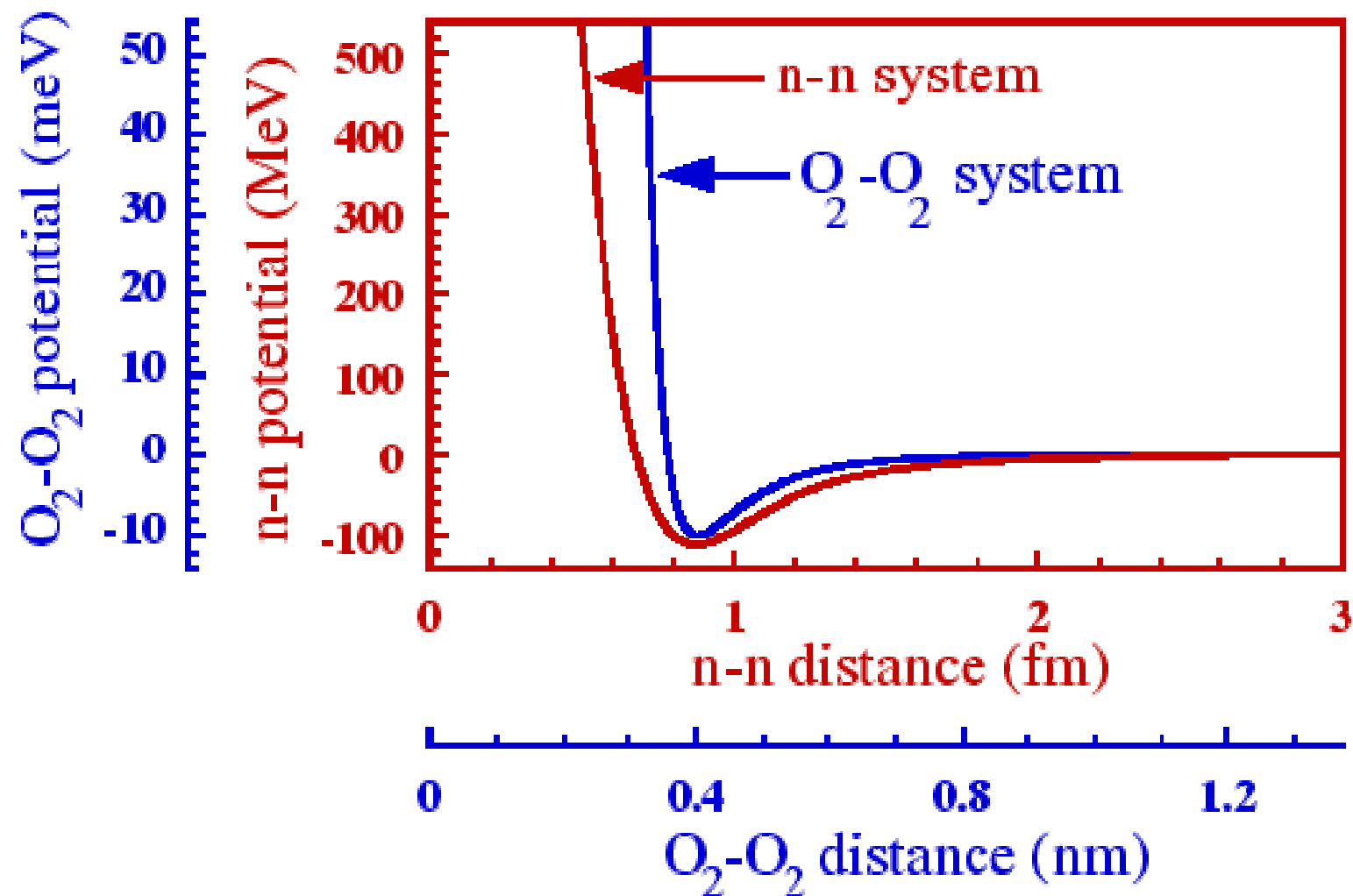
NA VELKÉ VZDÁLENOSTI LINEÁRNĚ ROSTE – TO
VEDE K **UVĚZNĚNÍ** KVARKŮ – DŘÍVE NEŽ BY SE
KVARK UVOLNIL VZNIKNE MEZON (resp. TRYSK)



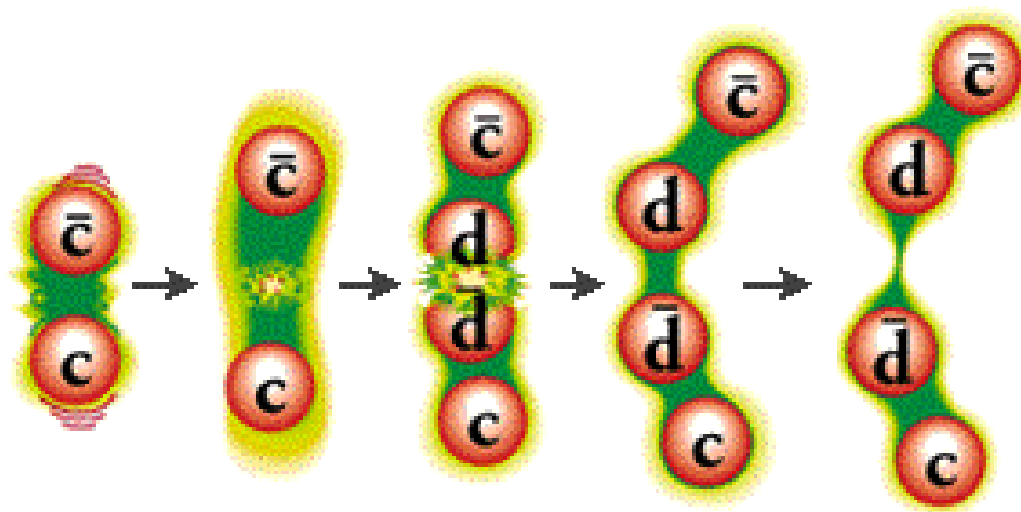
KVARKOVÉ SLOŽENÍ BARYONŮ

A MEZONŮ



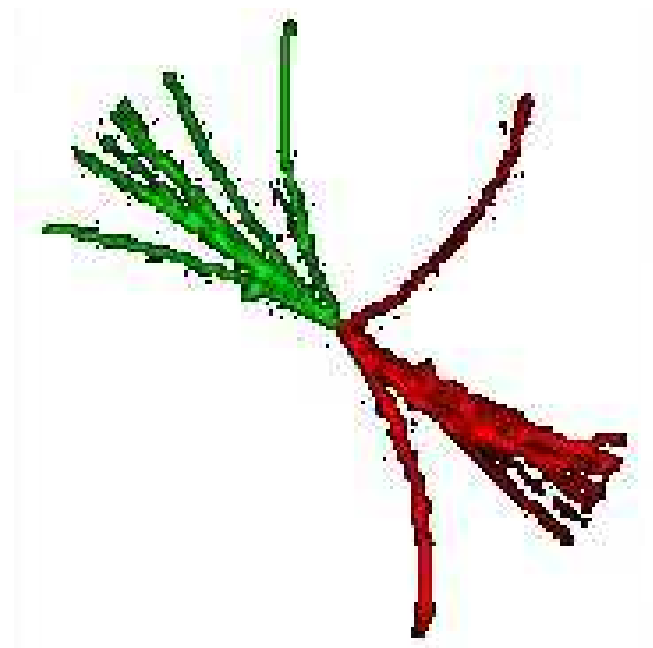


vdW SÍLA U MOLEKUL A NUKLEONŮ



Z „ENERGIE“
VZNIKÁ PÁR
KVARK-
ANTIQUARK

PŘI VZNIKU VÍCE
PÁRŮ KVARK-
ANTIQUARK VZNIKAJÍ
TRYSKY (JET)



INTERAKČNÍ BOSONY

DNES ZNÁME 4 INTERAKCE :

ELEKTROMAGNETICKOU – PŘENÁŠENOU FOTONY

BAREVNOU – PŘENÁŠENOU 8 GLUONY

SLABOU – PŘENÁŠENOU BOSONY W^+ , W^- A Z^0

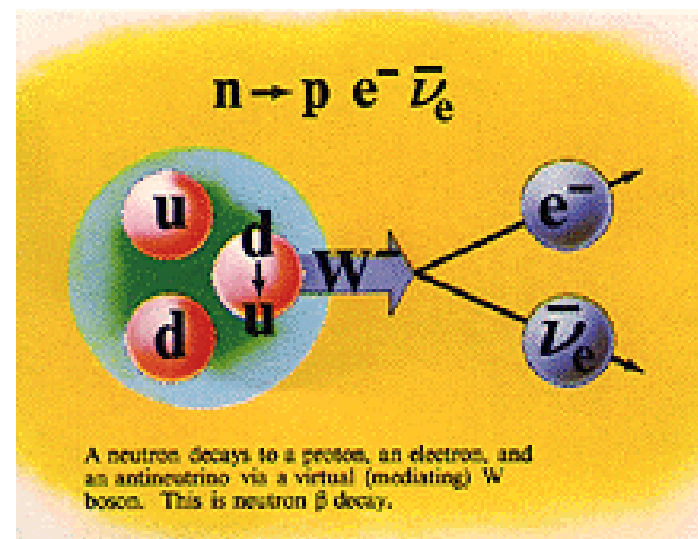
**PRO GRAVITAČNÍ INTERAKCI KVANTOVOU TEORII
NEMÁME – OČEKÁVÁME EXISTENCI GRAVITONŮ**

EFEKTIVNÍ HMOTNOST W BOSONŮ JE 80 GeV,
BOSONU Z 91 GeV.

TUTO HMOTNOST ZÍSKÁVAJÍ DÍKY INTERAKCI
S ČÁSTICÍ ZVANOU **HIGGS**.

TATO ČÁSTICE SE ZDÁ, ŽE EXISTUJE A MÁ
HMOTNOST CCA 125 GeV.

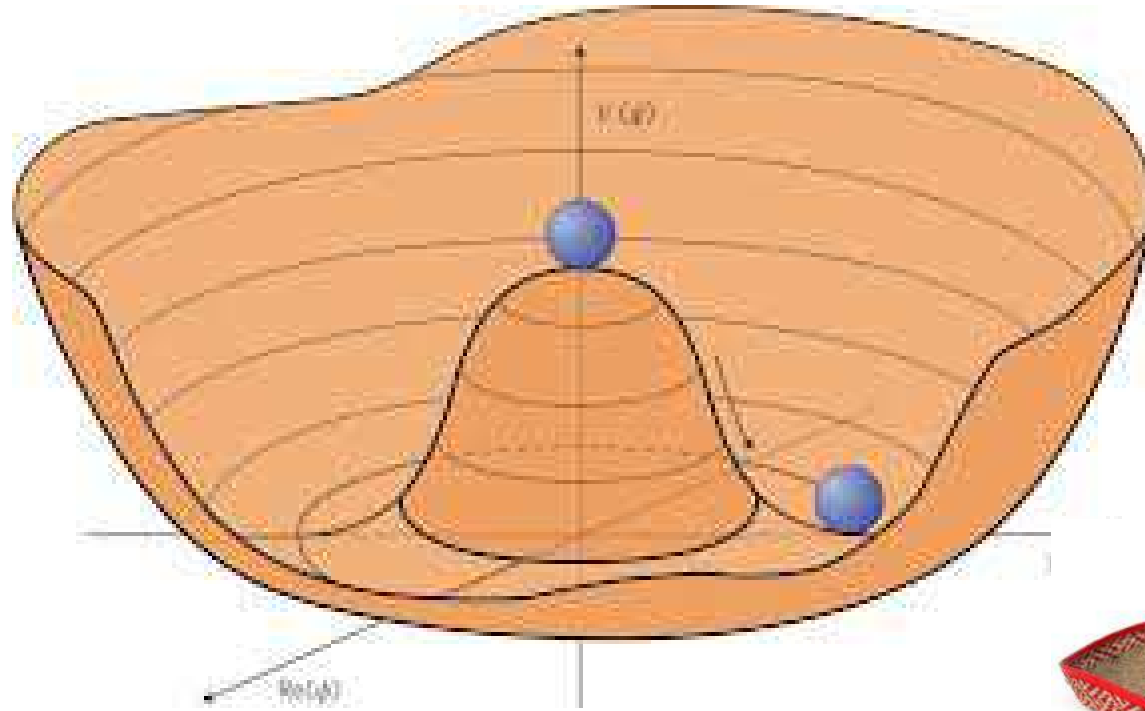
SLABÁ INTERAKCE
JE OVŠEM PROCES
NA ÚROVNI LEPTONŮ
A KVARKŮ.



HIGGS

At the [Moriond Conference](#) today, the [ATLAS](#) and [CMS](#) collaborations at the [Large Hadron Collider](#) (LHC) presented preliminary new results that further elucidate the particle discovered last year. Having analysed two and a half times more data than was available for the discovery announcement in July, they find that the new particle is looking more and more like a [Higgs boson](#), the particle linked to the mechanism that gives mass to elementary particles. It remains an open question, however, whether this is the Higgs boson of the [Standard Model](#) of particle physics, or possibly the lightest of several bosons predicted in some theories that go beyond the Standard Model. Finding the answer to this question will take time.

14.3. 2013



POTENCIÁL TYPU SOMBRERO

$$V(\phi) = -\mu^2 \phi^+ \phi + \lambda (\phi^+ \phi)^2$$

$$\text{MÁ MINIMUM VE } v = \mu / \sqrt{2\lambda}$$

**VÝPOČET PROVÁDÍME V OKOLÍ TOHOTO
MINIMA**

HMOTNOST HIGGSE VYJDE $M_H = \sqrt{\mu}$

HMOTNOSTI ZÍSKAJÍ I BOSONY W a Z

$$M_W = vg/\sqrt{2} \text{ a } M_Z = v\sqrt{(1/2)(g^2 + g'^2)}$$

$$\text{KDE } e = g \sin \theta_W = g' \cos \theta_W$$

**A HMOTNOSTI LEPTONŮ A KVARKŮ JSOU
 $M_i = \lambda_i v$, λ_i JSOU INTERAKČNÍ KONSTANTY**

$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$

Higgs boson

0
 0

0
 0
 1

gluon

$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$

top

$2/3$
 $1/2$

$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$

charm

$2/3$
 $1/2$

$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$

up

$2/3$
 $1/2$

0
 0
 1

photon

$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$

bottom

$-1/3$
 $1/2$

$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$

strange

$-1/3$
 $1/2$

$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$

down

$-1/3$
 $1/2$

$91.2 \text{ GeV}/c^2$

Z boson

0
 1

$1.777 \text{ GeV}/c^2$

tau

-1
 $1/2$

$105.7 \text{ MeV}/c^2$

muon

-1
 $1/2$

$0.511 \text{ MeV}/c^2$

electron

-1
 $1/2$

$80.4 \text{ GeV}/c^2$

W boson

± 1
 1

$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$

tau neutrino

0
 $1/2$

$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$

muon neutrino

0
 $1/2$

$< 2.2 \text{ eV}/c^2$

electron neutrino

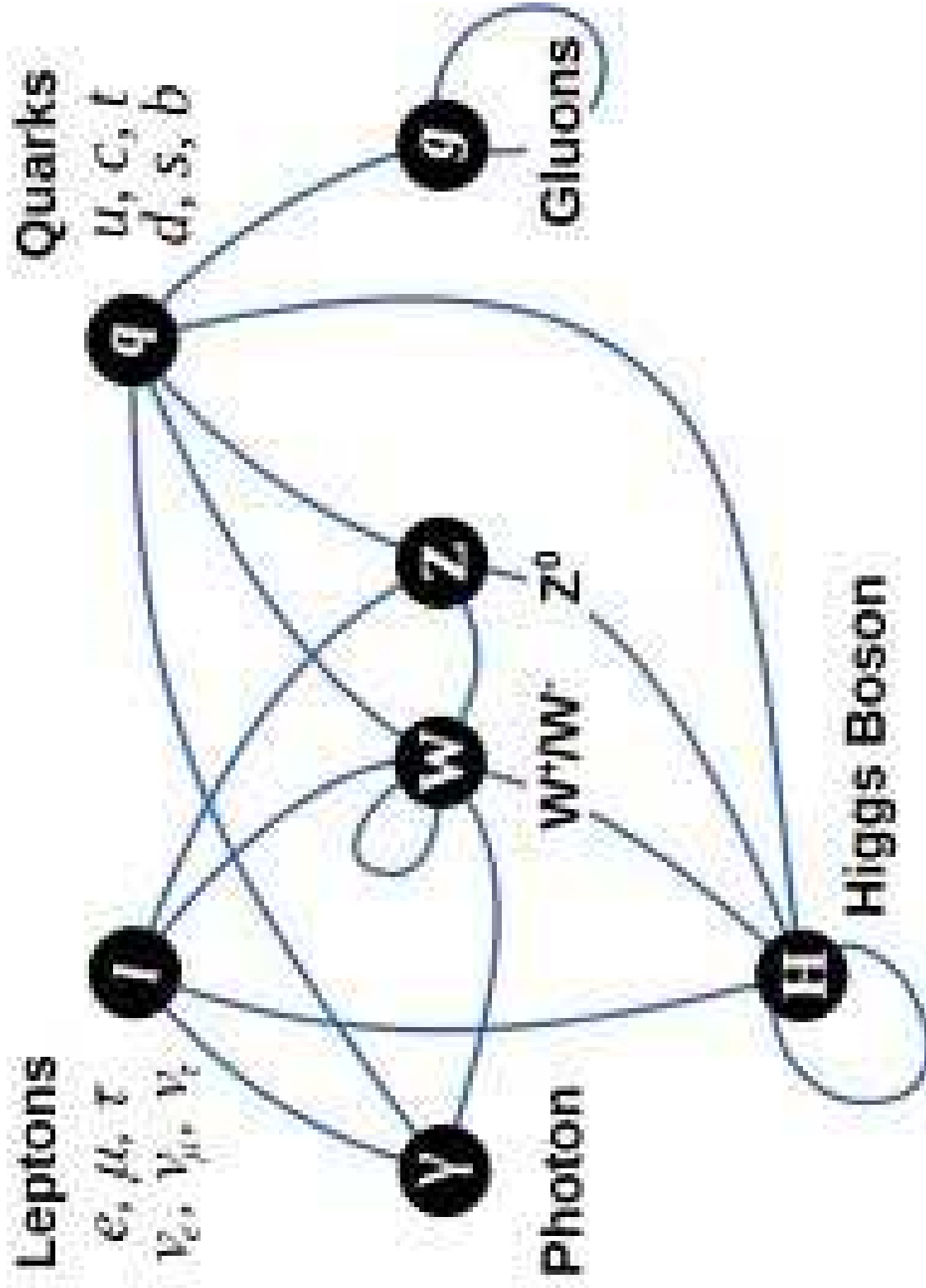
0
 $1/2$

GAUGE BOSONS

QUARKS

LEPTONS

mass \rightarrow
 charge \rightarrow
 spin \rightarrow



NĚKTERÉ PROBLÉMY STANDARDNÍHO MODELU

**MÁ MNOHO VOLNÝCH PARAMETRŮ –
HMOTNOSTI, SMĚŠOVACÍ ÚHLY, INTERAKČNÍ
KONSTANTY**

NEJASNÉ PROČ 3 GENERACE

NE ZCELA JASNÝ HIGGSŮV SEKTOR

NESYMETRIE HMOTA - ANTIHMOTA

NEZAHHRNUJE GRAVITACI

NEVYSVĚTLUJE KVANTOVÁNÍ NÁBOJE

TEMNÁ HMOTA ? (INFLATON ?)