



NEUTRINA

- „duchové“ mezi částicemi :
mohou být rychlejší než světlo?

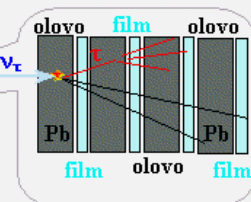
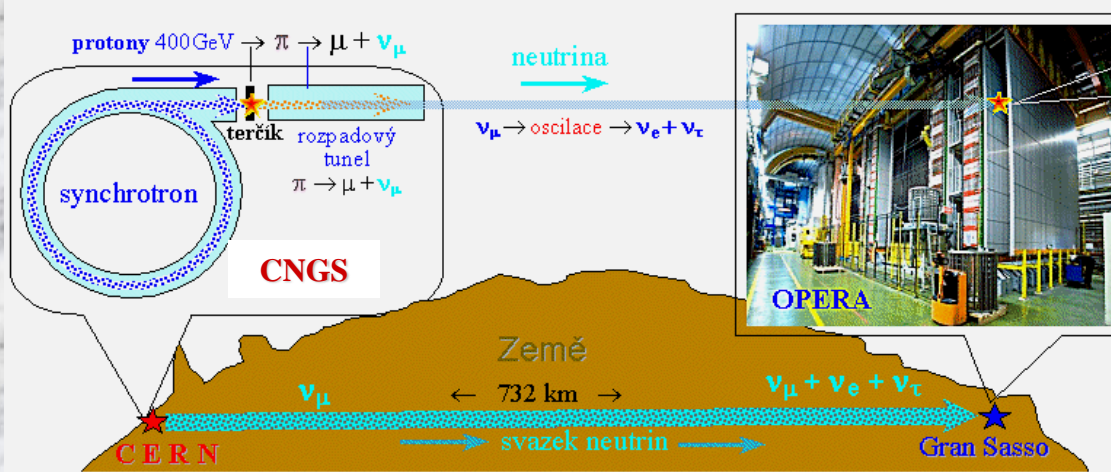
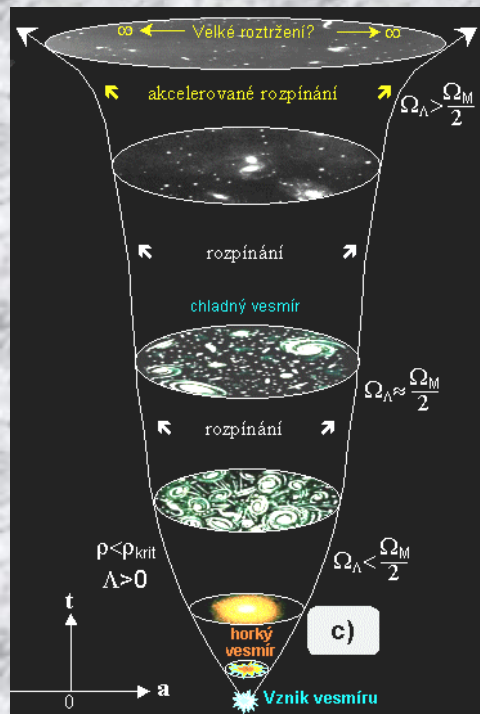
♣ Neutrino na Zemi a ve Vesmíru ♣

☠ Mohou neutrino uzavřít Vesmír? ☠

☺ **Temná energie:** ☺

- **může rozfouknout Vesmír do nicoty?** -

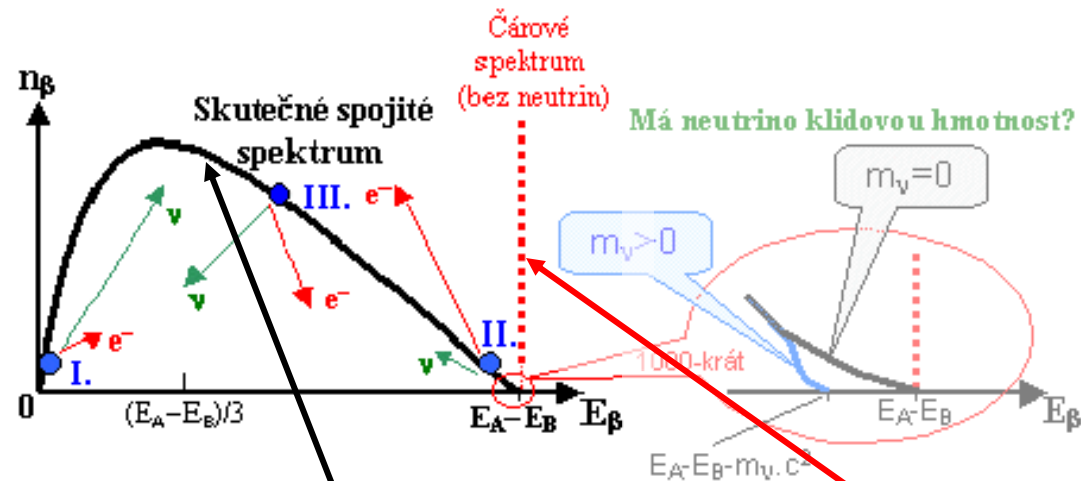
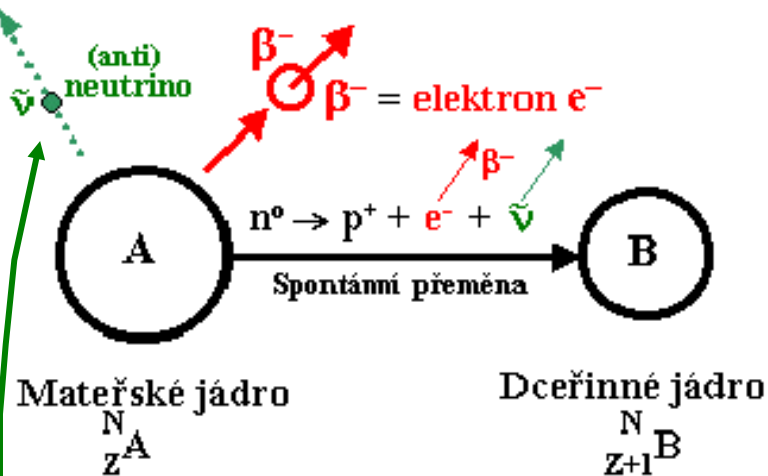
Vojtěch Ullmann
 fyzik



Malá - téměř nepolapitelná - n e u t r i n a

Jak to všechno začalo: **Radioaktivita beta - OBJEV NEUTRIN**

Radioaktivita β^-



Jak to, že je spektrum elektronů β^- spojité? Mělo by být **čárové!**

N.Bohr: Je porušen zákon zachování energie ?

W.Pauli: Kromě elektronu asi vylétá ještě nějaká další neznámá částice?

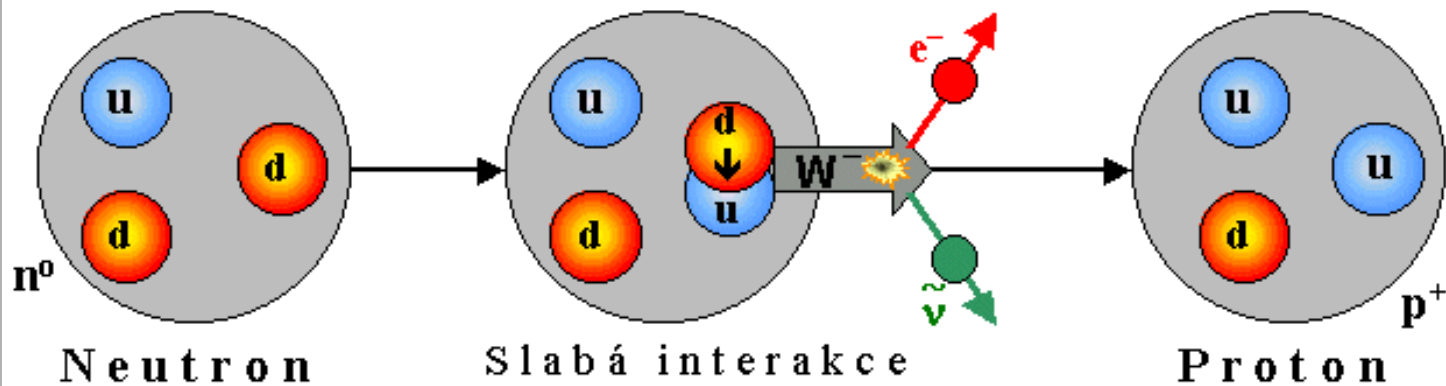
E.Fermi: Jako by ještě vylétalo něco „malého a neutrálního“ **r. 1930**

- jakýsi „neutronek“, italsky „**neutrino**“ - označení „ **ν** “ (řecké „n“)

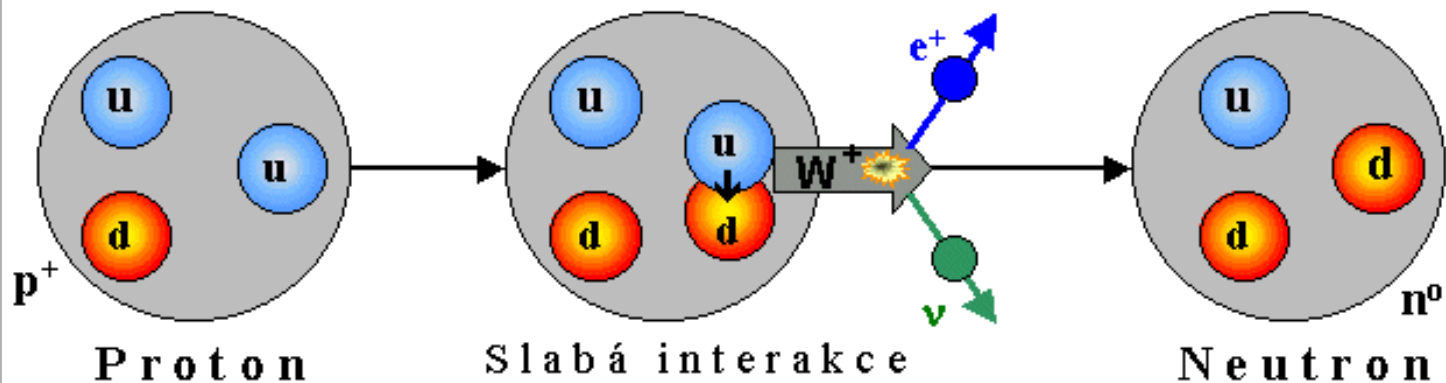
Podstata radioaktivity β radioaktivita β je velmi složitá!

(elektro) Slabé interakce - transmutace kvarků uvnitř nukleonů

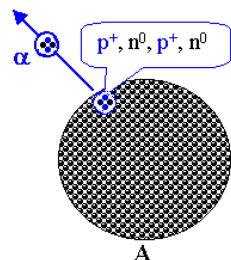
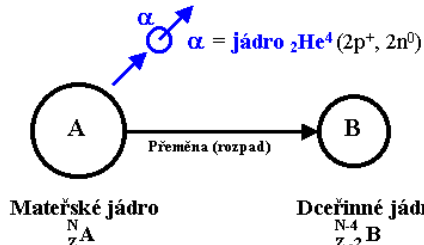
Beta⁻ - rozpad neutronu : $n^0 \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}$



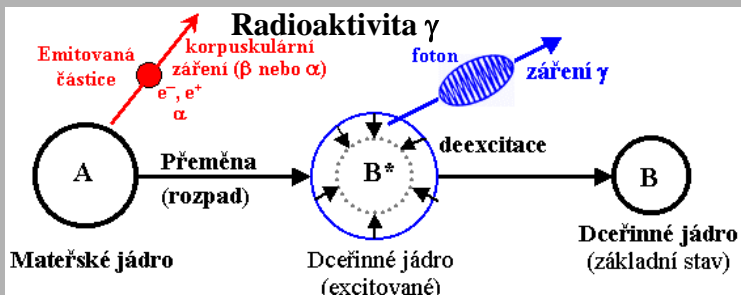
Beta⁺ - přeměna protonu : $p^+ \rightarrow n^0 + e^+ + \nu$



Radioaktivita α



Radioaktivita alfa a gama je jednoduchá



Druhy neutrin

Elektronová neutrina

Neutrino uplatňující se při **radioaktivitě beta** jsou jen jedním ze 3 druhů neutrin - jsou to **neutrino elektronová ν_e** , doprovázející vyzáření elektronu či pozitronu při přeměně beta. Elektronová neutrina (aspoň svým primárním původem) jsou však **převládajícím druhem neutrin** - vznikají při termonukleárních reakcích v nitru hvězd, při výbuchu supernov, v přírodní i umělé radioaktivitě, v jaderných reaktorech.

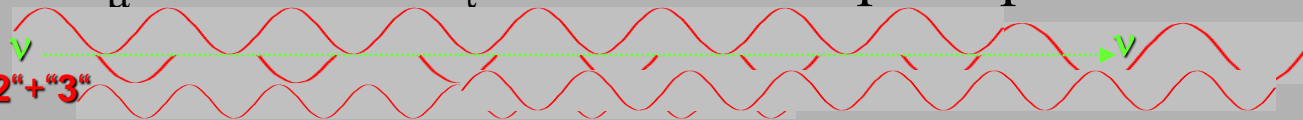
Mionová neutrina a tauonová neutrina

Při procesech s miony μ a tauony τ se vyzařují neutrina **mionová ν_μ** (jsou významnou součástí "atmosférických" neutrin vznikajících ve sprškách sekundárního kosmického záření) a **tauonová ν_τ** . Většinou svých vlastností se značně podobají neutrinům elektronovým, liší se způsobem svých interakcí s elementárními částicemi - místo procesů s elektrony (jako jsou β rozpady) doprovázejí slabé interakce s účastí mionů a tauonů.

Oscilace neutrin

Dochází k samovolným přeměnám mezi jednotlivými druhy neutrin - tzv. **oscilaci neutrin**. Neutrino při svém letu je chvíli elektronovým ν_e , pak se změní na mionové ν_μ či taunové ν_τ neutrino a vzápětí opět na elektronové atd....

Kvantový mix: „1“+“2“+“3“



Metaforicky lze s trochou nadsázky říci, že neutrina se v jistém smyslu chovají jako bájná "**duchové**": mohou bez překážek čímkoli procházet a jsou schopna se "převtělovat" jeden v druhého...

NEUTRINA - „duchové“ mezi částicemi

Neutrina v obrovském množství vznikají při řadě procesů ve vesmíru - od leptonové éry při "velkém třesku", přes termionukleární reakce ve hvězdách, až po výbuchy supernov. Vzhledem k jejich stabilitě a pronikavosti lze říci, že (spolu s **fotony**):

neutrina jsou nejhojnějšími částicemi ve vesmíru

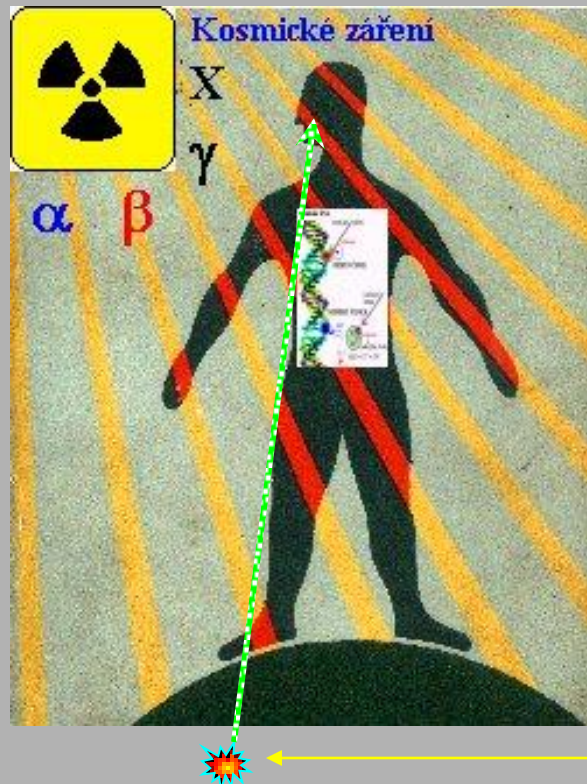
Jsme jakoby "**ponořeni do neviditelného bouřlivého moře neutrin**". Jsou to všudypřítomné, avšak téměř nepolapitelné částice.

NEUTRINA - „duchové“ mezi částicemi

Neutrino jsou nejhojnějšími částicemi ve vesmíru

(spolu s **fotony**)

Jsme jakoby "**ponořeni do neviditelného bouřlivého moře neutrin**". Jsou to všudypřítomné, avšak téměř nepolapitelné částice.



Každou sekundu proletí naším tělem mnoho miliard neutrin

(odhaduje se, že zde na Zemi každým cm^2 , včetně povrchu našeho těla, prolétá každou sekundu cca 50 miliard neutrin, pocházejících především z termonukleárních reakcí v nitru Slunce),

Ale nemusíme se obávat jejich škodlivých účinků na naše zdraví, za celý život se v našem těle zachytí snad jen jedno či dvě tato neutrino

Co bychom viděli, kdybychom měli oči citlivé na neutrino?
V noci: ostrý zářivý bod pod svýma nohama - **jádro Slunce**

Druhy neutrin - podle původu

Reliktní neutrina

pocházejí z nejranějších období vývoje vesmíru.



V **leptonové éře**, necelou 1 sekundu po velkém třesku, kdy teplota poklesla pod asi 10^{10} °K, přestala neutrina prakticky interagovat s ostatní látkou (s elektrony, neutrony, protony). Od té doby se obrovské množství "reliktních" neutrin volně pohybuje expandujícím vesmírem (nyní se jejich hustota odhaduje na asi **300 neutrin/cm³** v každém kousku vesmírného prostoru, i zde na Zemi).

V důsledku kosmologické expanze vesmíru poklesla energie reliktních neutrin na velmi nízké hodnoty, takže nemáme k dispozici žádnou reakci, která by umožňovala jejich detekci.

Druhy neutrin - podle původu

Hvězdná neutrina

V nitru všech hvězd probíhá **termojaderná syntéza** vodíkových jader na hélium (přímý p-p řetězec nebo CNO cyklus), v pozdějších fázích evoluce hvězd i syntéza těžších prvků. V řetězci těchto jaderných reakcí se kromě **silných interakcí** účastní i **slabé interakce** - rozpady beta, při nichž dochází ke **vzniku neutrin** s energiemi do cca 20MeV. Neutrina díky své pronikavosti snadno unikají z nitra hvězd a šíří se do okolního prostoru. Z nitra Slunce je emitováno veliké množství neutrin, které "zaplavují" celou Sluneční soustavu. U naší Země činí tok těchto **slunečních neutrin** cca $6 \cdot 10^{10}$ neutrin/sekundu/cm², z nichž většina volně prolétne zeměkoulí.

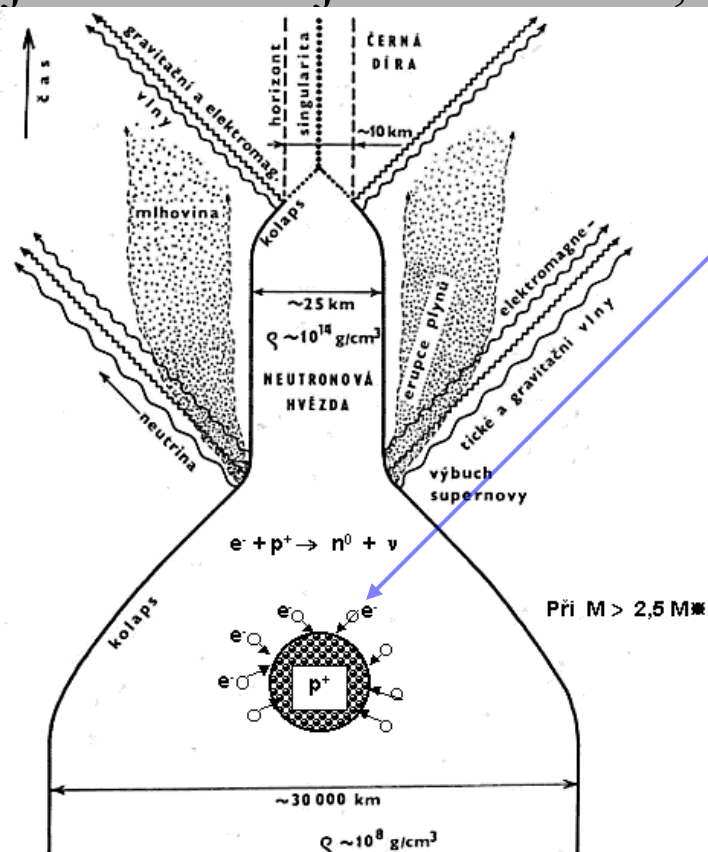
Nejvíce neutrin vzniká ve "startovní" proton-protonové reakci $p^+ + p^+ \rightarrow {}^2\text{H} + e^+ + \nu_e$, ale jejich energie (<0,42MeV) je pro detekční metody nízká. Pro naše detekční metody jsou vhodná neutrina vznikající v jedné z vedlejších dílčích větví reakce, v níž se jádro bóru β^+ -rozpadem mění na jádro berylia, pozitron a neutrino: ${}^8\text{B} \rightarrow {}^6\text{Be} + e^+ + \nu_e$, kde neutrino může mít maximální energii až asi 14MeV. Tato reakce je zastoupena jen asi 0,01%, ale příslušná sluneční neutrina jsou dobře detekovatelná.

Druhy neutrin - podle původu

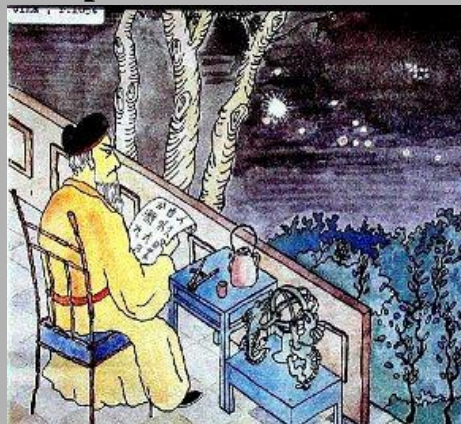
Neutrino z výbuchu supernov

Výbuch supernovy je doprovázen (a vlastně způsoben) rychlým pohlcením téměř všech elektronů protony ($p^+ + e^- \rightarrow v^0 + n^0$ - inverzní β -rozpad), přičemž se náhle **vyzáří kolosální množství neutrin** (odhadované na 10^{57} neutrin). Dochází též k masívní **neutronové fúzi** jader ve vnějších vrstvách, doprovázené následným **β^- -rozpadem**, rovněž s emisí neutrin. **Kosmická nukleosyntéza těžších prvků**

Několik neutrin tohoto původu bylo detekováno v roce 1987 po explozi supernovy SN 1987A ve Velkém Magellanově oblaku.



Supernova v r.1054



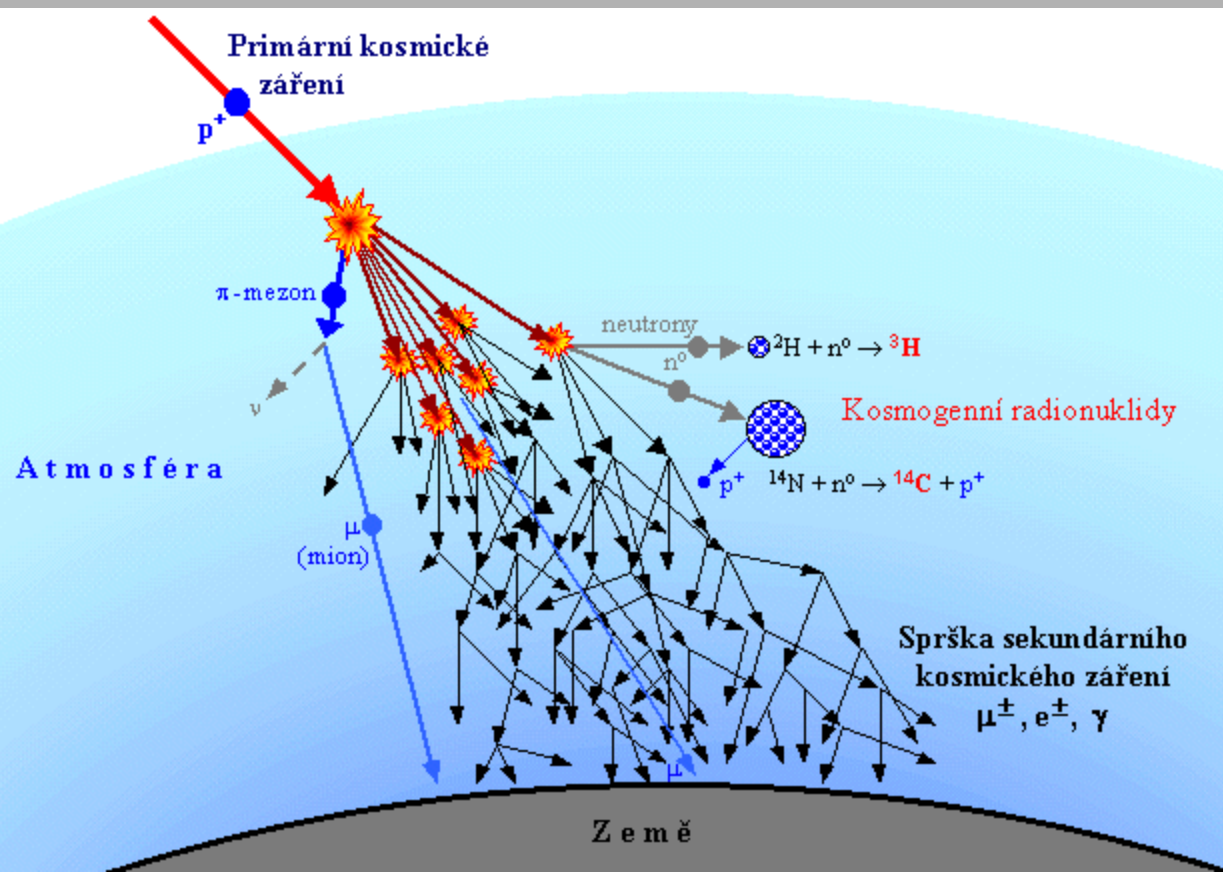
Krabí mlhovina



Druhy neutrin - podle původu

Neutrino ze sekundárního kosmického záření (atmosférická neutrino)

Při interakcích částic tvrdého kosmického záření (primárního) s horními vrstvami atmosféry (ve výškách cca 20-30km nad zemí) vznikají spršky sekundárního kosmického záření, jejichž terciální součástí jsou i neutrino. Neutrino tohoto původu se označují jako **atmosférická neutrino**.



Při primárních interakcích dochází k produkci **pionů** π^\pm , které se rychle rozpadají na **miony** μ^\pm a (mionová) **neutrino**, miony se dále průběžně rozpadají na elektrony, pozitrony a **neutrino** (mionová + elektronová).

Druhy neutrin - podle původu

Neutrino z přírodní radioaktivity, geoneutrino

V zemské kůře dochází k **radioaktivním rozpadům přírodních radionuklidů**, především uranu, thoria a draslíku ^{40}K , při nichž vznikají elektronová (anti)neutrino, které se vzhledem ke svému původu nazývají **geoneutrino**.

Neutrino z jaderných reaktorů a z urychlovačů (neutrino umělého původu)

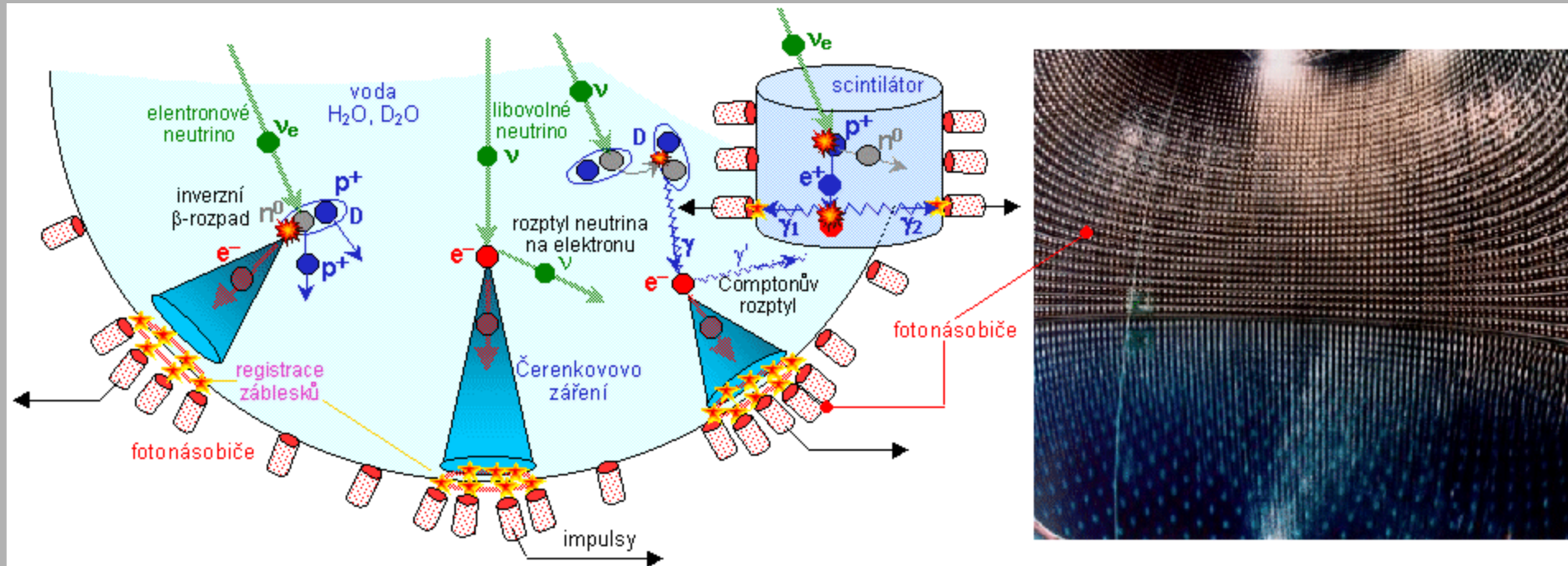
Zde na Zemi jsou v moderní době intenzivními zdroji neutrin **jaderné reaktory**. Při vlastním štěpení jader uranu či plutonia sice neutrino nevznikají, avšak velké množství elektronových antineutrin (o střední energii kolem 4MeV) vzniká při následném β -radioaktivním rozpadu štěpných produktů s nadbytkem neutronů.

V menší míře vznikají neutrino jako "vedlejší produkty" při interakcích částic v **urychlovačích** (tam se vyskytují energie desítky MeV až stovky GeV). Urychlovače pak umožňují i cílenou produkci **svazků vysokoenergetických neutrin**, především mionových (níže - experiment **CNGS+OPERA**)

Možnosti detekce neutrin

Interakce s nukleony a elektrony, rozptyl → Čerenkovovo záření, scintilace

Vzhledem k nízké účinnosti (účinnému průřezu) interakce neutrin s hmotou je k jejich detekci potřeba použít **velkých objemů** (hmotností) citlivých látek - **vody, scintilátoru**



atomová a jaderná fyzika → jaderná astrofyzika „elementární“ částice - částicová fyzika → „**astročásticová fyzika**“

R.Davis + M.Koshiha - detekce kosmických neutrin



Raymond Davis

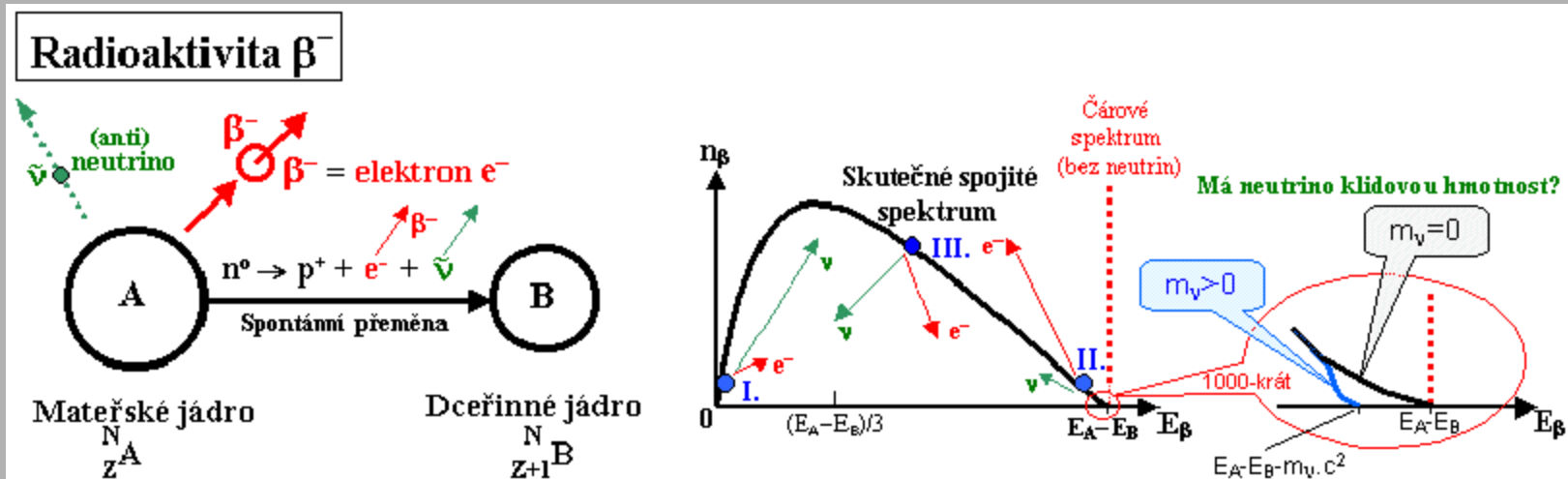


Masatoshi Koshiha

Původně: předpoklad $m_\nu=0$
 80.léta: $5 \text{ eV}/c^2 \leq m_\nu \leq 40 \text{ eV}/c^2$
 Nyní: $m_\nu \leq 2,2 \text{ eV}/c^2$

Mohou reliktní neutrina uzavřít Vesmír? Asi **ne** !

Malá - téměř nepochopitelná - n e u t r i n a



Možnosti detekce neutrin

Interakce s nukleony a elektrony , rozptyl → Čerenkovovo záření, scintilace

KAMIOKA NDE



V cínovém dole Kamioka (v pohoří zvaném "Japonské Alpy") v hloubce 820m byla postavena nádrž obsahující asi 20000 tun vysoce čisté vody. Fotony Čerenkovova záření byly registrovány téměř **1000 velkými fotonásobiči**; dalších 120 fotonásobičů, zapojených v antikoincidenci, obklopovalo tento systém v geometrii 4π . Elektronický systém zpracovávající impulsy z jednotlivých fotonásobičů umožňoval lokalizovat místo interakce neutrina, stanovit jeho energii a přibližně i směr příletu ⇒ **spektrometr neutrin**.

KAMIOKA NDE



- **původně** -

Detektor Kamioka NDE byl původně určen pro prokázání *rozpadu protonu* (zkratka NDE znamenala "Nucleon Decay Experiment") - podle některých verzí unitárních teorií *velkého sjednocení* (GUT = Grand Unifikační Teorie, sjednocují silné, slabé a elektromagnetické interakce) by proton neměl být stabilní částicí, ale rozpadal by se (např. $p^+ \rightarrow \pi^0 + e^+$) s poločasem $T_{1/2} > 10^{30-40}$ let (leptokvarky X, Y transmutují kvarky uvnitř hadronů). Tento poločas je natolik dlouhý, že se ve vesmíru od jeho vzniku možná ještě nerozpadl ani jeden proton! Nepřekvapuje, že detekce rozpadu protonu nebyla úspěšná.

Šťastný nápad: Použít toto zařízení k **detekci neutrin.**

To dalo zkratce NDE nový význam: **Neutrino Detection Experiment**

KAMIOKA NDE



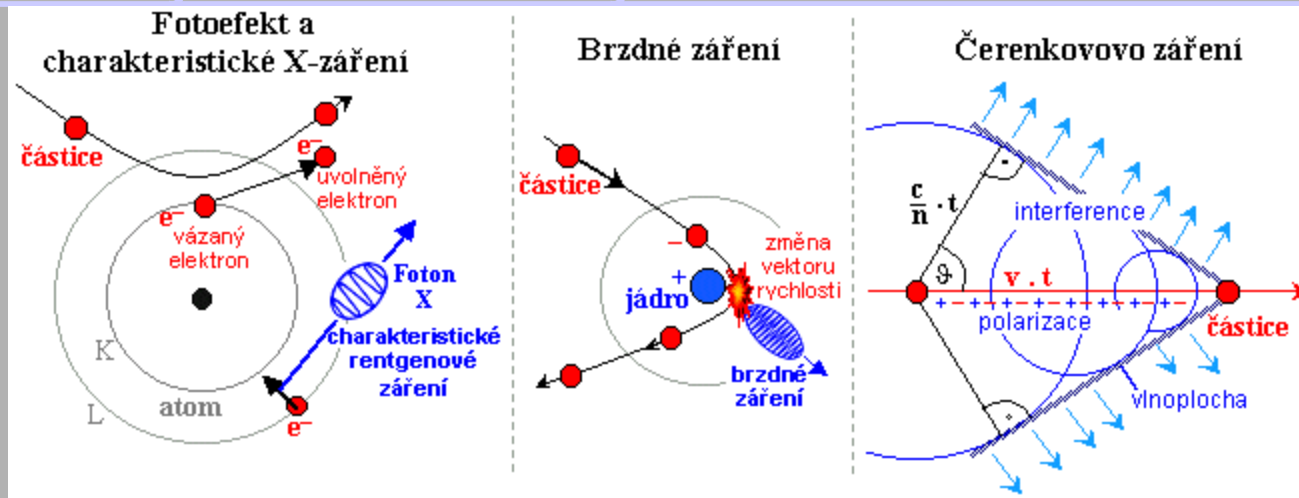
Detekuje pružný rozptyl neutrina na elektronu:

$$\nu + e^- \rightarrow \nu' + e^{-'}$$

(nastává pro všechny druhy neutrin)

Rychle letící neutrino ν se srazí s elektronem e^- , odrazí se od něj (většinou v opačném směru) jakožto neutrino ν' s nižší energií, přičemž předá elektronu část své energie. Odražený elektron $e^{-'}$ se pohybuje většinou ve směru původního (incidenčního) neutrina ν a může být detekován - pomocí **Čerenkovova záření**

(<http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika6.htm#CerenkovZareni>).



Možnosti detekce neutrin

Interakce s nukleony a elektrony , rozptyl → Čerenkovovo záření, scintilace

KAMIOKA NDE



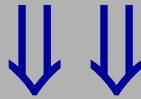
Velký úspěch:

dne 23.února 1987 byl zaregistrován záblesk 12 neutrin pocházející z *výbuchu supernovy SN 1987A* ve Velkém Magellanově oblaku (sousední galaxie vzdálená 170 000 světelných let).

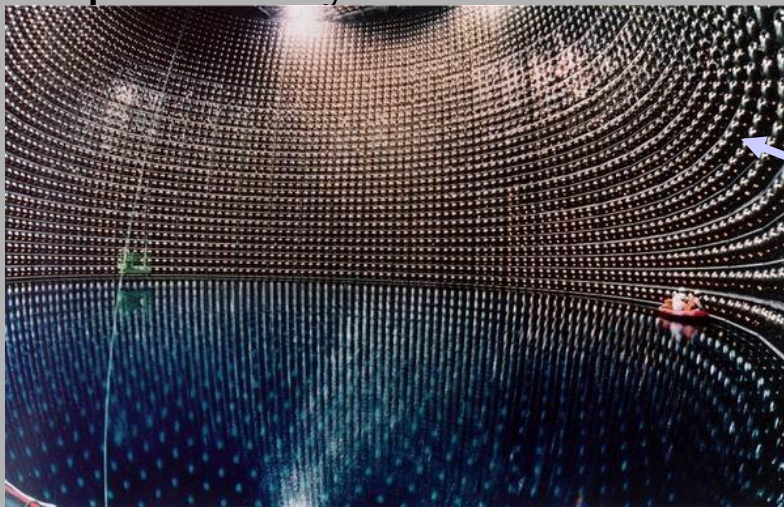
Tato neutrina byla zaregistrována asi 3 hodiny před světelným zábleskem
(níže budeme diskutovat, co to znamená pro rychlost a hmotnost neutrin)

Pokračování KAMIOKA NDE:

SUPER KAMIOKA NDE



Je umístěný ve starém zinkovém dole 1700m pod povrchem hory Ikena Yama poblíž městečka Kamioka. Válcová nádrž o průměru 34m a výšce 36m, na jejichž vnitřních stěnách je rozmístěno **11 146 fotonásobičů**, je naplněna téměř 50 000 tunami superčisté vody. Fotonásobiče detekují Čerenkovovo záření elektronů nebo mionů vznikajících srážkou elektronových nebo mionových neutrin s protony a neutrony. Systém je schopen rozlišit elektronové a mionové neutrino. V r.1998 byly na této aparatuře prokázány **oscilace atmosférických neutrin**.

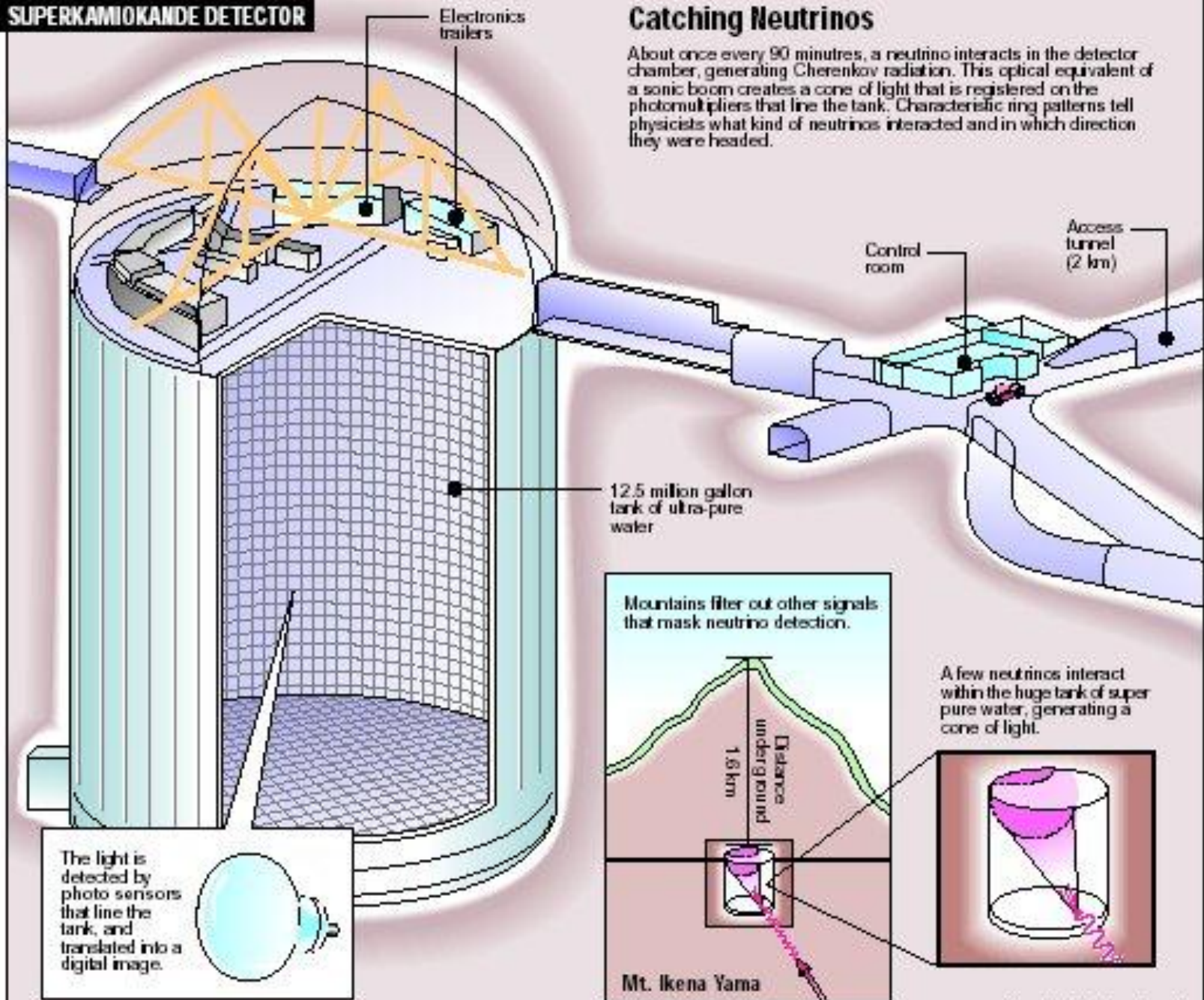


Velké fotonásobiče:
Ø fotokatody cca 50 cm,
selektované, vysoká citlivost
(3000 dolarů / kus)

SUPERKAMIOKANDE DETECTOR

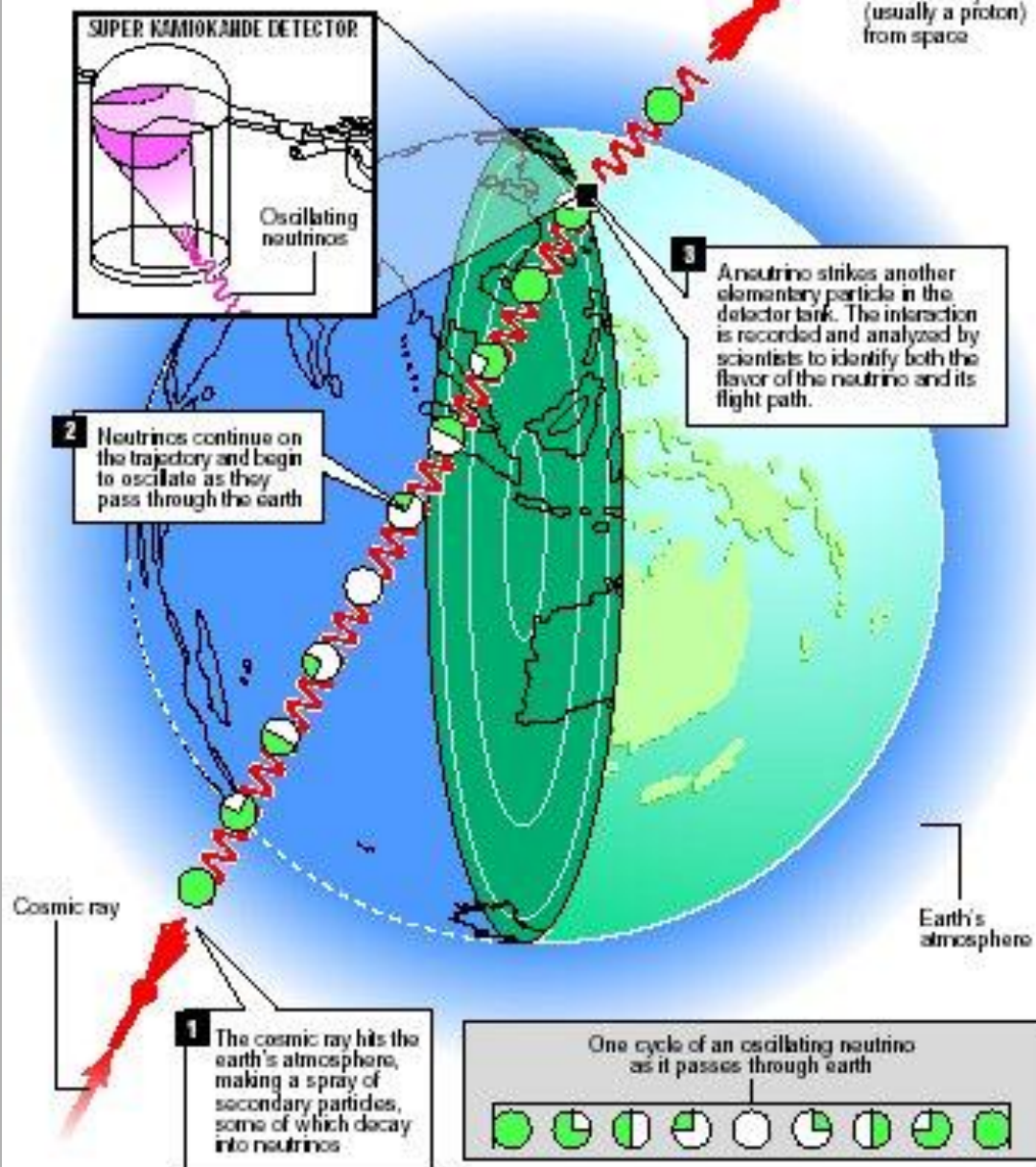
Catching Neutrinos

About once every 90 minutes, a neutrino interacts in the detector chamber, generating Cherenkov radiation. This optical equivalent of a sonic boom creates a cone of light that is registered on the photomultipliers that line the tank. Characteristic ring patterns tell physicists what kind of neutrinos interacted and in which direction they were headed.



Discovering Mass

The farther neutrinos travel, the more time they have to oscillate. By comparing the ratio of flavors of neutrinos coming "up" through the Earth to those coming from overhead, physicists determined that neutrinos oscillate, which neutrinos can only do if they have mass.



SUPER KAMIOKA NDE

- **těžká havárie** -



Generální revize:

Vypuštění vody - oprava (výměna) několika fotonásobičů -
opětovné napouštění vody.

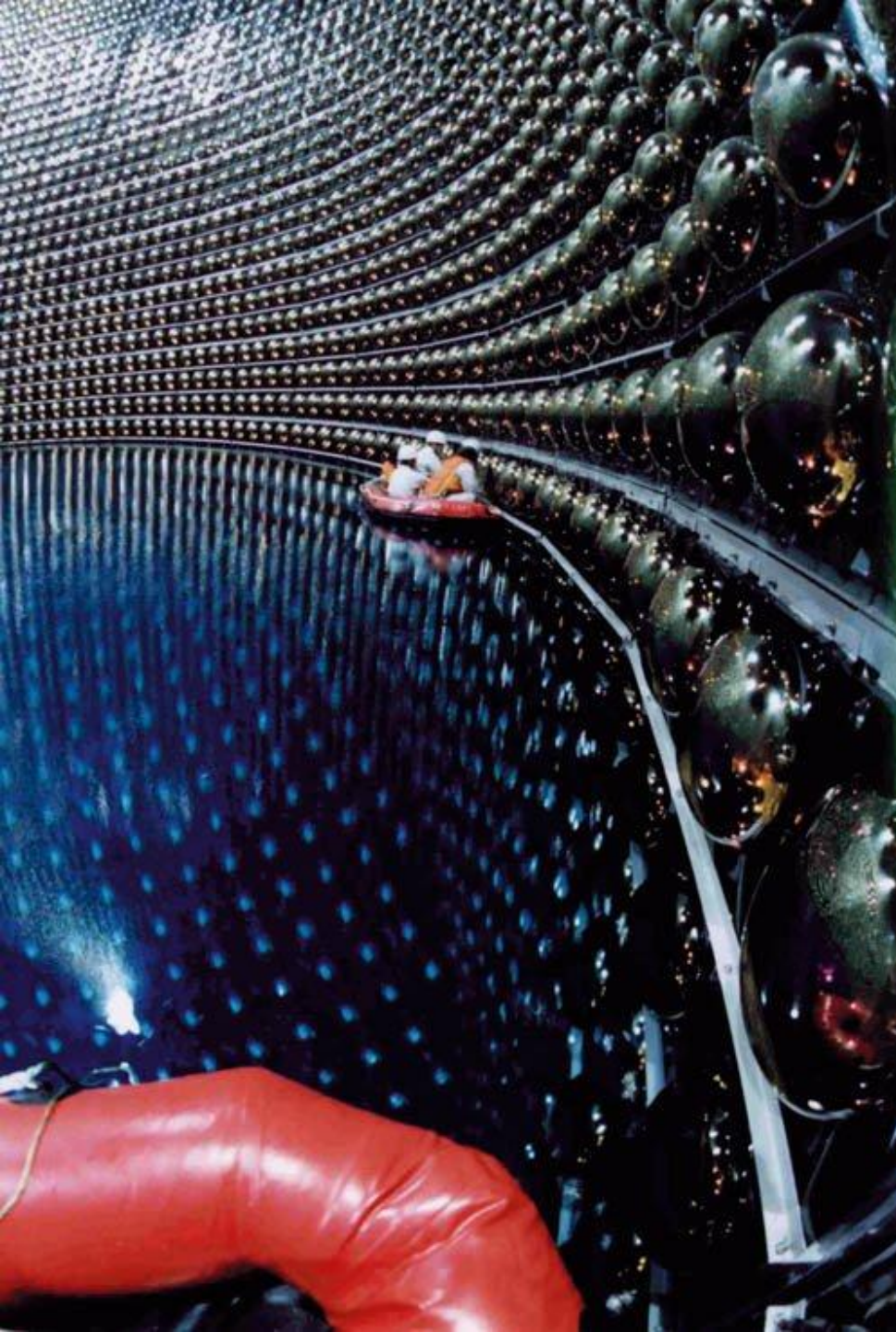
Když byla nádrž napuštěna si ze 3/4, **praskl** jeden ze spodních
fotonásobičů

↓ šíření **rázové vlny** ve vodě ↓

rozbití většiny fotonásobičů, které byly pod vodou

- zničení asi 7000 fotonásobičů -

(škoda asi 20 miliónů dolarů)



SUPER KAMIOKA NDE

- **nejtěžší havárie jaderného detekčního systému** -



Opatření (bohužel pozdě...):

1. Zbýlých 4000 fotonásobičů bylo opatřeno speciálními **plastovými obaly** -nerozbitné!
2. Byly rozmístěny řidčeji kolem nádoby - nižší citlivost, ale **zachování funkčnosti**.

www.AstroNuklFyzika.cz/JadRadFyzika2.htm

[#Neutrino](#)



Detekce neutrin v ledovcích

Projekt **AMANDA** (**A**ntarctic **M**ion **A**nd **N**eutrino **D**etector **A**rray) budovaný v letech 1996-2000. Sestává z více než 700 fotonásobičů, uložených v tlaku-vzdorných skleněných koulích, zapuštěných pod antarktický led v 19 šachtách hloubky přes 2km. Fotonásobiče jsou napájeny elektrickými kabely, detekované impulsy jsou světelnými kabely vedeny do vyhodnocovacího zařízení. Dosažené úhlové rozlišení pro neutrina z kosmického záření je kolem 1° .

ICECUBE (Ice Cube - krychle ledu). Asi 5000 fotonásobičů, rozmístěných na řadě míst (sít' asi 70 šachet) v různých hloubkách pod ledem. Detekcí světelných záblesků bude pokryta krychle $1 \times 1 \times 1$ kilometr ledu. Všechny fotonásobiče budou vybaveny digitálními mikroprocesory s rychlým přenosem dat do vzdálených vyhodnocovacích počítačů.



Podmořská detekce neutrin

BAJKAL se 192 fotonásobiči, který úspěšně pracuje v hloubce 1500m pod hladinou sibiřského jezera Bajkal

ANTARES (**A**stronomy with a **N**eutrino **T**elescope and **A**byss environmental **RE**Search)

NEMO (**NE**utrino **M**editerranean **O**bservatory) asi 80km od pobřeží Sicilie

NESTOR (**NE**utrinos from **S**upernova and **TeV** Sources, **O**cean **R**ange) u pobřeží Řecka)

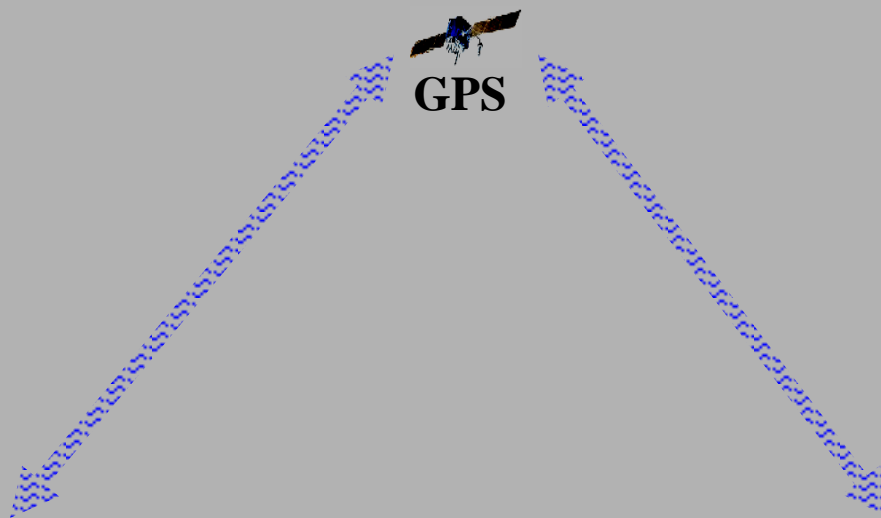
CNGS

+

OPERA

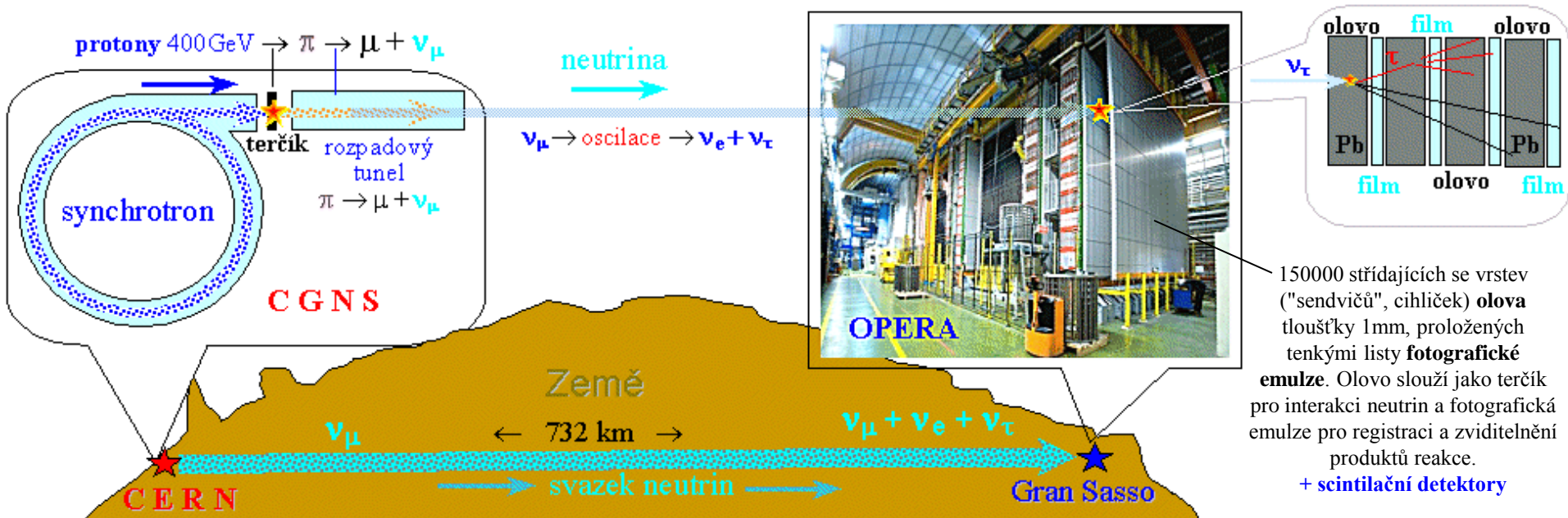
(Cern Neutrinos to Gran Sasso)

(Oscillation Project with Emulsion tRacking Apparatus)



V květnu r.2010 zde bylo poprvé registrováno taunové neutrino, vzniklé oscilací z původně mionového neutrino.

Zatím jen jediný případ!



Nadsvětelná rychlost neutrin?

(„vedlejší produkt“ experimentu CNGS+OPERA - **experimentátoři se nudili?**)

V září 2011 se v tisku objevila zpráva, že v experimentu **CNGS+OPERA** se naměřila **nepatrně nadsvětelná rychlost** mionových neutrin vysílaných z urychlovače v *CERN* a detekovaných v podzemní laboratoři *Gran Sasso*. Na základě synchronizace času vyslání a přijetí (s použitím GPS) a statistického vyhodnocení detekce asi 16000 mionových neutrin experimentátoři CNGS změřili, že neutrina překonala vzdálenost 732km o asi **60 nanosekund dříve**, než by odpovídalo rychlosti světla (rychlost těchto neutrin by tedy byla asi o 2,5 tisícín procenta vyšší než rychlost světla).

A hned se z toho vyvozovaly bombastické spekulace o *neplatnosti speciální teorie relativity* ("**Einstein byl vyvrácen**", "**Einstein padl v italské jeskyni**", "**Musí se přepsat učebnice fyziky**" a pod.).

Všichni fyzikové doufali, že je to "planý poplach", že se **najde nějaká systematická chyba** (pravděpodobně v synchronizaci času vyslání a přijetí).

↓ **Co když ne?** ↓

Nadsvělelná rychlost neutrin?

Co by to znamenalo?

◀ Velký "průšvih"!

Lze to přirovnat k situaci, že postavíte dům a těsně po dokončení vám nějaká laboratoř sdělí, že jej máte zbořit, protože v použitých cihlách byla nalezena určitá **skrytá vada**. A přitom z úplně stejných cihel byly postaveny stovky domů, které již stojí mnoho desítek let..!.. Prostě bychom z toho byli "**blbí**" !

Speciální teorie relativity (STR) je s vysokou přesností **ověřena** pro všechny známé jevy, pro všechny ostatní částice. Je založena na *existenci maximální rychlosti šíření interakcí*, která je rovna rychlosti šíření elektromagnetických vln (a tedy i světla) ve vakuu. Touto rychlostí se pohybují částice s *nulovou klidovou hmotností*, kterými jsou především *fotony*. A jelikož u neutrin byla prokázána nenulová klidová hmotnost (buť nepřímou), měly by se pohybovat nepatrně ***pomaleji než světlo***.

◀ nebo: **Okno do nové fyziky?**

CESTOVÁNÍ ČASEM



– fantazie nebo fyzikální realita ? –

Co je to čas ?

(v makrosvětě, mikrosvětě, megasvětě)

Teorie relativity - fyzika prostoru, času, vesmíru .

Fyzikální cestování v čase ?

Vojtěch Ullmann

fyzik

Populárně-vědecká přednáška o neobvyklých vlastnostech vesmírného času a o vzrušujících možnostech

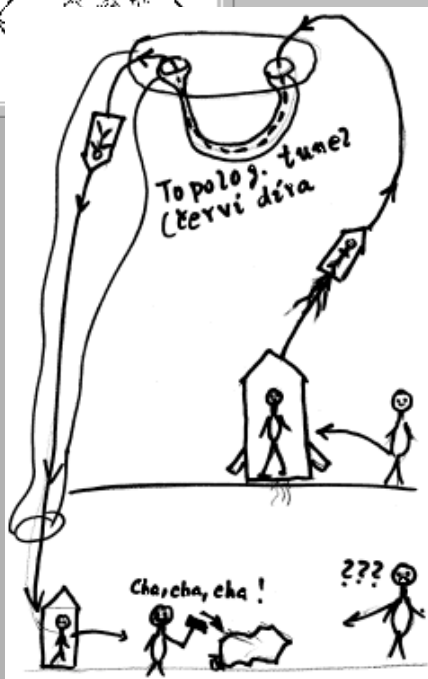
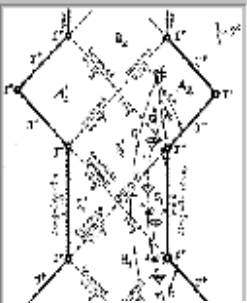
cestování časem do budoucnosti i minulosti,

kteří nám (aspoň v principu) nabízí speciální a obecná teorie relativity.

Logické paradoxy a spory s principem kauzality

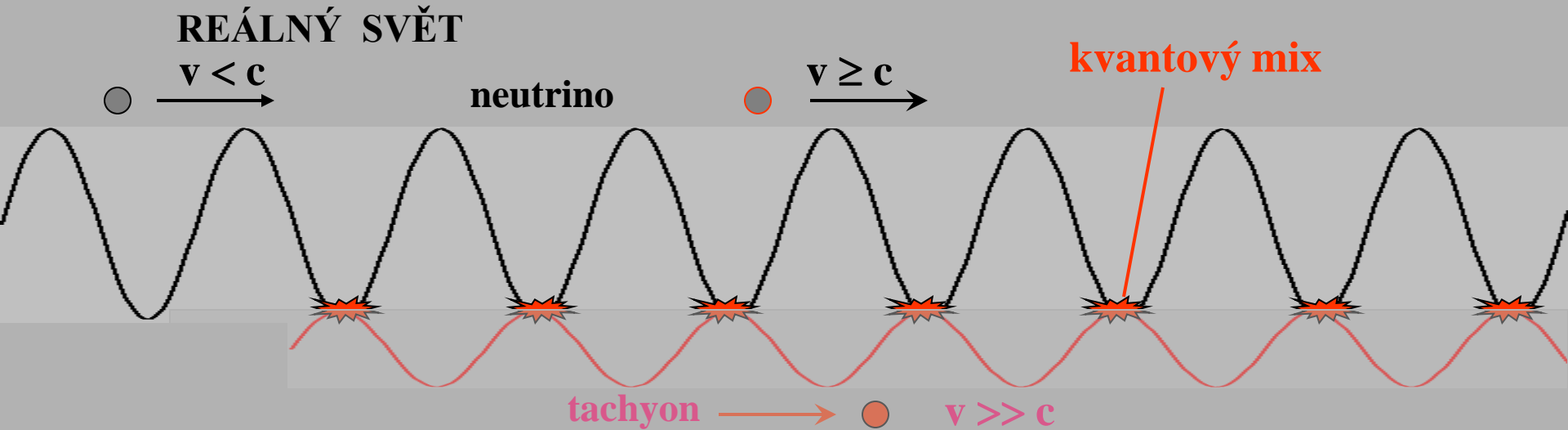
Po uzavření časové světočáry bychom se mohli v čase vrátit a zabít vlastní rodiče před svým narozením.

Změnili jsme minulost - nejdříve se stalo to, co jsme chtěli učinit a pak teprve se rozhodneme, že to uděláme. Jak by potom bylo možné smířit dvě **sporné alternativy v budoucnu**: naši existenci, když jsme se nemohli narodit?; nebo let kosmonauta v raketě, když si sám zabránil odstartovat? Takový cestovatel by se tudíž ani nemohl vrátit do minulosti a vykonat zmíněné zásahy. Takovým logickým paradoxům je třeba se vyhnout!



Nadsvětelná rychlost neutrin?

Možné vysvětlení: kvantové "mixování" vlnových funkcí reálných neutrin s nepatrným příspěvkem vlnových funkcí **virtuálních tachyonů**. Tento mix kvantových stavů by pak efektivně mohl způsobit nepatrně nadsvětelné rychlosti neutrin jako kvantový efekt na pozadí STR. V kvantové fyzice je běžné, že stavy reálných částic jsou ovlivňovány částicemi virtuálními, aniž se to považuje za porušení fyzikálních zákonů. Zbývalo by ale vysvětlit, proč se tento efekt pozoruje pouze u neutrin a u ostatních částic nikoli..?..



VIRTUÁLNÍ SVĚT

Tachyony - hypotetické částice rychlejší než světlo

Některé supersymetrické unitární teorie pole obsahují **tachyony** - hypotetické částice pohybující se pouze *nadsvětelnou rychlostí*

Jako reálné nemohou existovat! Mohou ale existovat jako **virtuální**.

Dokud nebude ověřeno zcela nezávislým experimentem, je předčasné vyvozovat jakékoli závěry !

Je to zatím jen fyzikálně-přírodovědný „folklór“

CNGS

+

OPERA

(Cern Neutrinos to Gran Sasso)

(Oscillation Project with Emulsion tRacking Apparatus)

obíhání

v



GPS

$$\Delta t' = \Delta t / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

dilatace času

Možná skrytá systematická chyba:

V synchronizaci času pomocí GPS

Relativistická **dilatace času** způsobená pohybem hodin na palubě GPS vzhledem ke vztažné soustavě Země by vedla k časové diferenci 32ns v CERN a 32ns v Gran Sasso

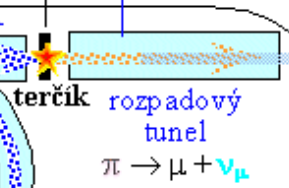
protony 400 GeV $\rightarrow \pi \rightarrow \mu + \nu_\mu$

neutrina

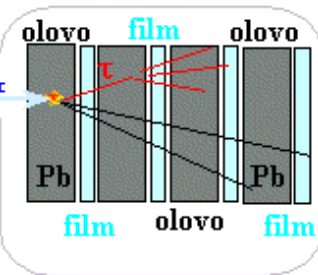
$\nu_\mu \rightarrow \text{oscilace} \rightarrow \nu_e + \nu_\tau$

synchrotron

CNGS



OPERA



Země

← 732 km →

ν_μ

$\nu_\mu + \nu_e + \nu_\tau$

CERN

Gran Sasso

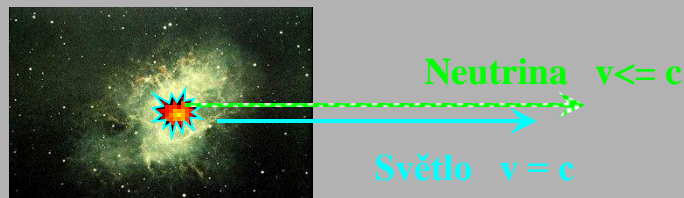
svazek neutrin

Argument proti nadsvětelné rychlosti neutrin:

Rozpor s astronomickým pozorováním při výbuchu supernovy ve Velkém Magellanově oblaku (sousední galaxie vzdálená 170 000 světelných let) v r.1987, z něhož byla zaregistrována sprška 12 neutrin (viz níže "*Neutrinový detektor KamiokaNDE*"), která přišla asi o 3 hodiny dříve než byl astronomicky zaregistrován světelný záblesk. Tato časová diference neznamená, že by snad neutrina byla o něco rychlejší než světlo, ale je vysvětlena mechanismem výbuchu supernovy *) a svědčí pro pohyb neutrin **rychlostí světla** s přesností řádu miliardtin procenta.

Kdyby se neutrina pohybovala rychlostí jaká byla "naměřena" ve shora uvedeném experimentu, dorazil by k nám světelný záblesk z této supernovy o několik let později (o cca 4 roky), než sprška neutrin! To je tedy pádný argument **proti** nadsvětelné rychlosti neutrin. Je třeba ovšem podotknout, že se zde jedná převážně o elektronová (anti)neutrina o nižších energiích; avšak nevidíme zatím žádný důvod, proč by se mionová neutrina (která mají navíc klidovou hmotnost možná vyšší než elektronová) měla chovat jinak...

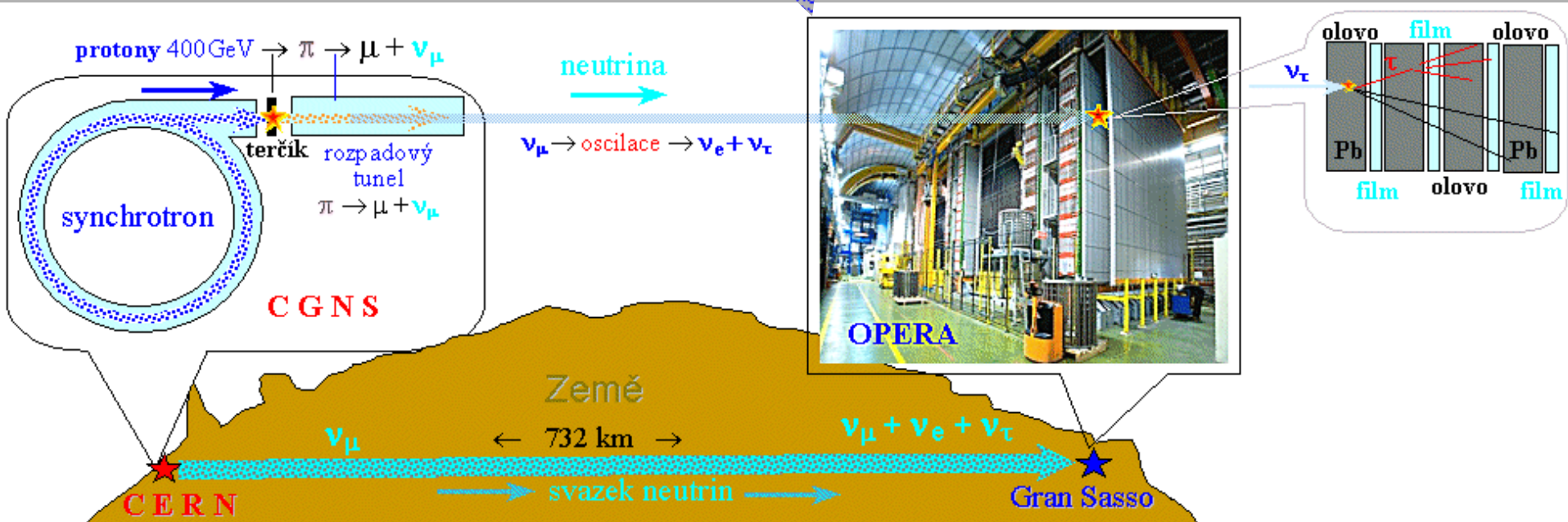
*) Při iniciační fázi výbuchu supernovy - vzniku neutronové hvězdy - se **rychle vyzáří obrovské množství neutrin**, které téměř bez překážky a okamžitě vyletí do okolního vesmíru. Záblesk **světla** (a obecně elektromagnetického záření) se však formuje delší dobu a "pracně se prodírá" hustou hmotou a plynovou obálkou. Proto neutrina ze supernovy přiletí ke vzdálenému pozorovateli zpravidla o něco **dříve** než světelný záblesk. Záblesk neutrin je **rychlý** - trvá jen několik desítek sekund, světelný záblesk je **zpožděný**, postupně sílí a maxima dosahuje až po několika hodinách.



Březen 2012: BUBLINA SPLASKLA !

Nalezla se technická chyba!

Koncem února 2012 našli sami experimentátoři CNGS+OPERA dvě technické chyby: nesprávné zapojení optického kabelu spojujícího počítač se signálem ze satelitu GPS a chybu v oscilátoru použitém k synchronizaci externího signálu GPS s řídicími hodinami experimentu OPERA. Tyto problémy mohly zkreslit měření a způsobit falešný výsledek, že svazek neutrin urazil vzdálenost 732km z CERNu do detektoru Gran Sasso o 60 nanosekund dříve než odpovídá rychlosti světla...



Temná hmota ve vesmíru



Z čeho je složena nebaryonická temná hmota ?

Musí to být neutrální slabě interagující částice

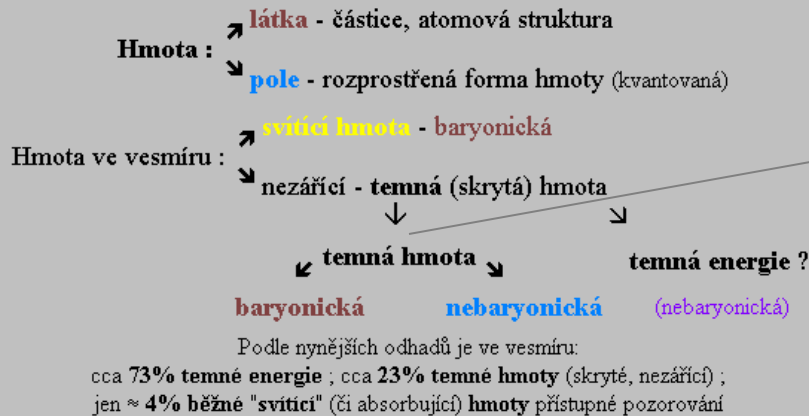
„horká“
temná hmota

Velké množství **lehkých** částic
- **neutrino** ?

„chladná“ (kryogenní)
temná hmota

Menší množství **těžkých** slabě
interagujících částic
"slabě interagující hmotné
částice" - **WIMP** (Weak
Interacting Mass Particle)
gravitina, fotina, axiony

Temná hmota ve vesmíru - reliktní neutrino ?



Mohou reliktní neutrino tvořit podstatnou složku skryté hmoty?

Asi **ne** !

Klidová hmotnost neutrin

Původně: předpoklad $m_\nu=0$

80.léta: $5 \text{ eV}/c^2 \leq m_\nu \leq 40 \text{ eV}/c^2$

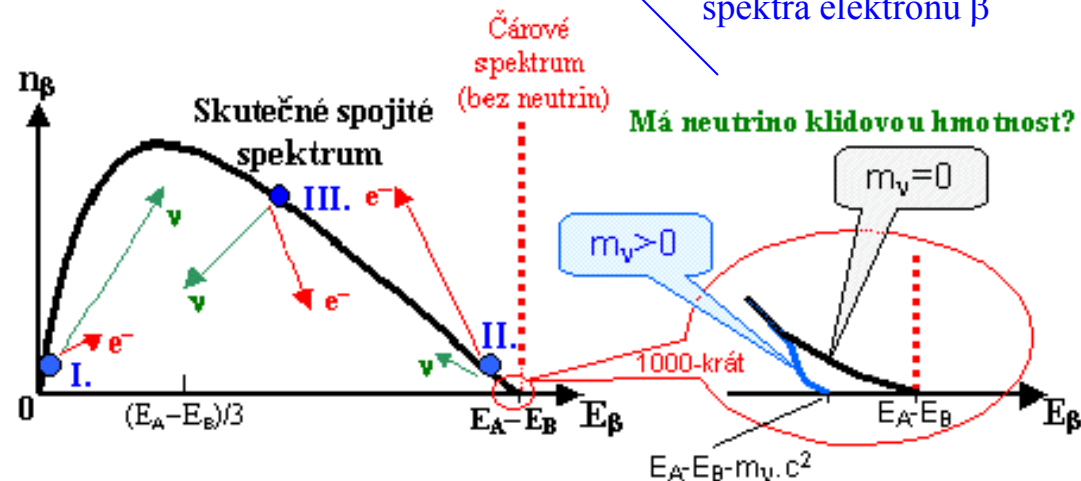
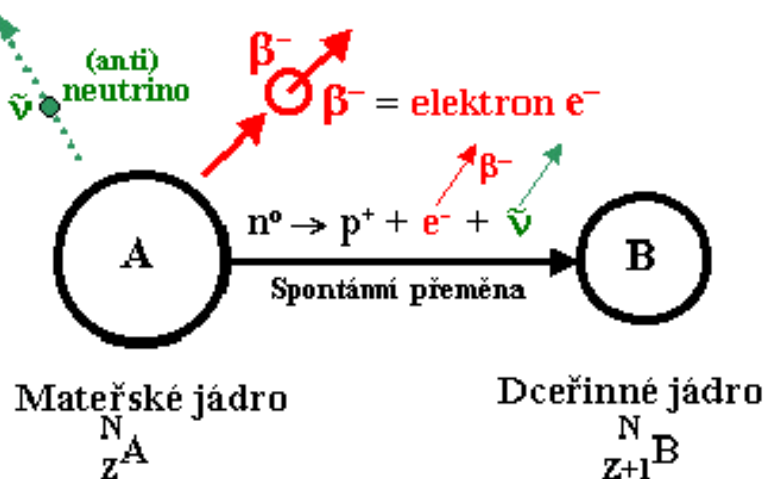
Nyní: $m_\nu \leq 2,2 \text{ eV}/c^2$

Další zpřesnění:
např. experiment KATRIN

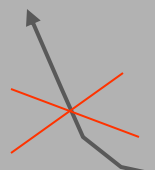
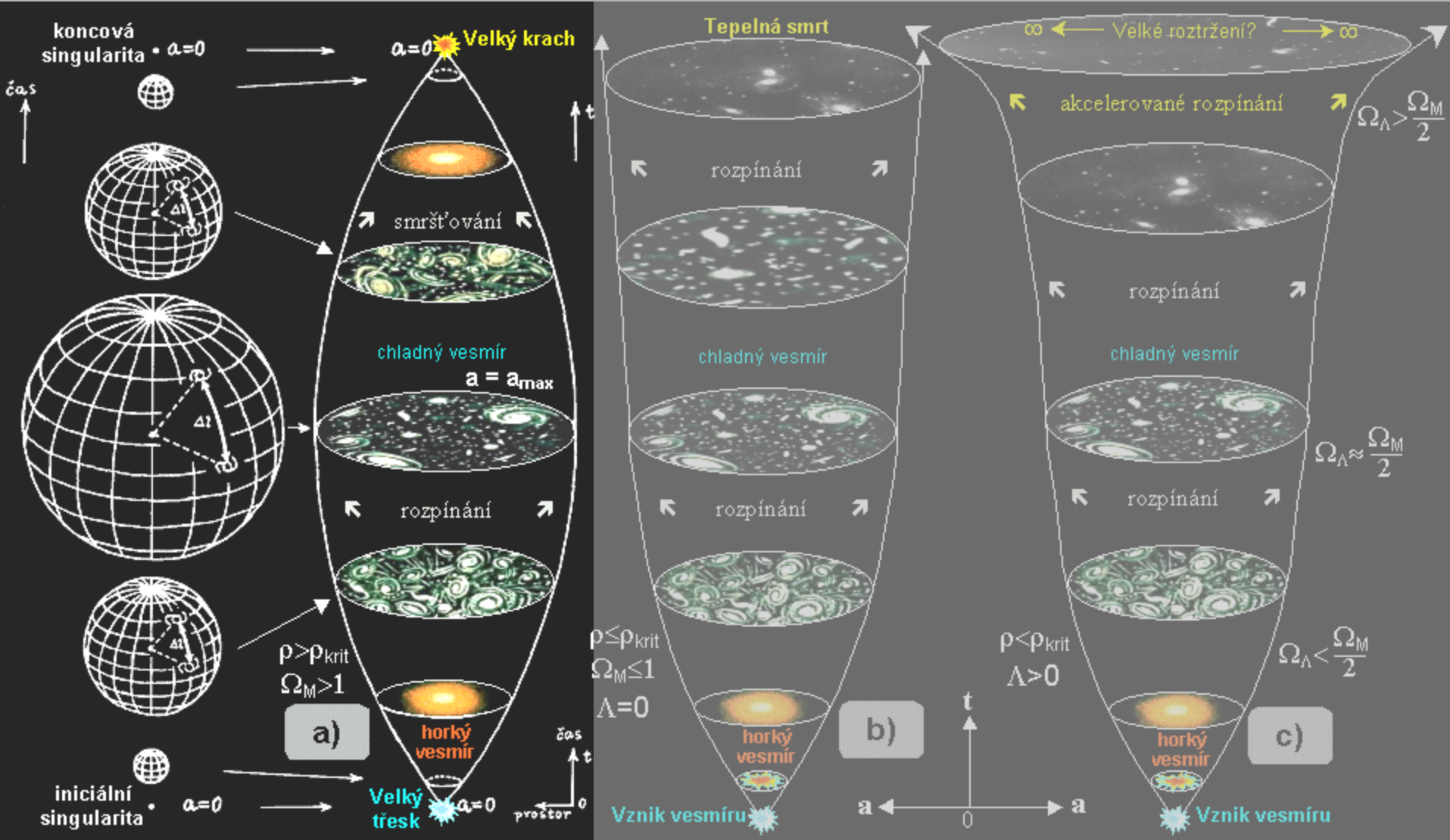
Přesné měření tvaru konce spektra elektronů β

Má neutrino klidovou hmotnost?

Radioaktivita β^-



Mohou reliktní neutrina uzavřít vesmír?



Původně: předpoklad $m_\nu=0$

80.léta: $5 \text{ eV}/c^2 \leq m_\nu \leq 40 \text{ eV}/c^2$ Nyní: $m_\nu \leq 2,2 \text{ eV}/c^2$

Mohou reliktní neutrina uzavřít Vesmír? Asi **ne** !

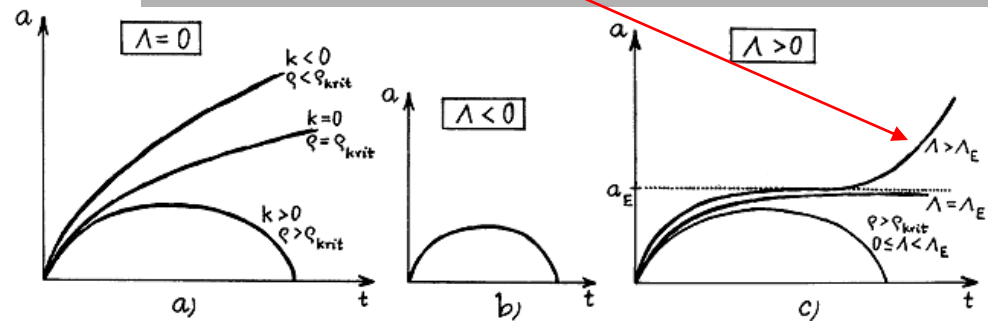
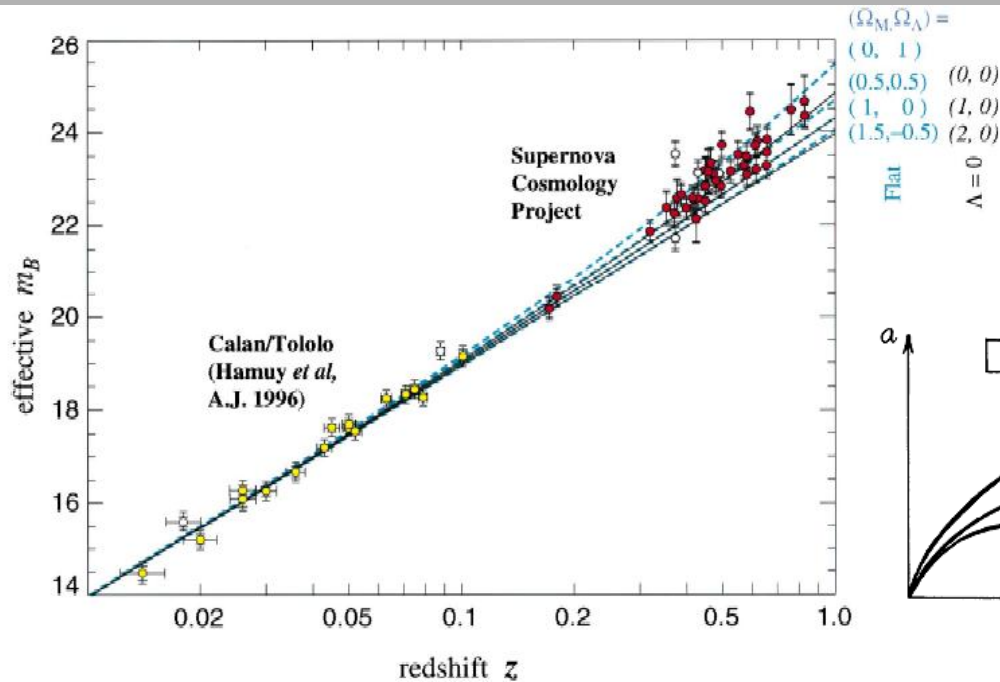
Nobelova cena fyzika-astronomie 2011



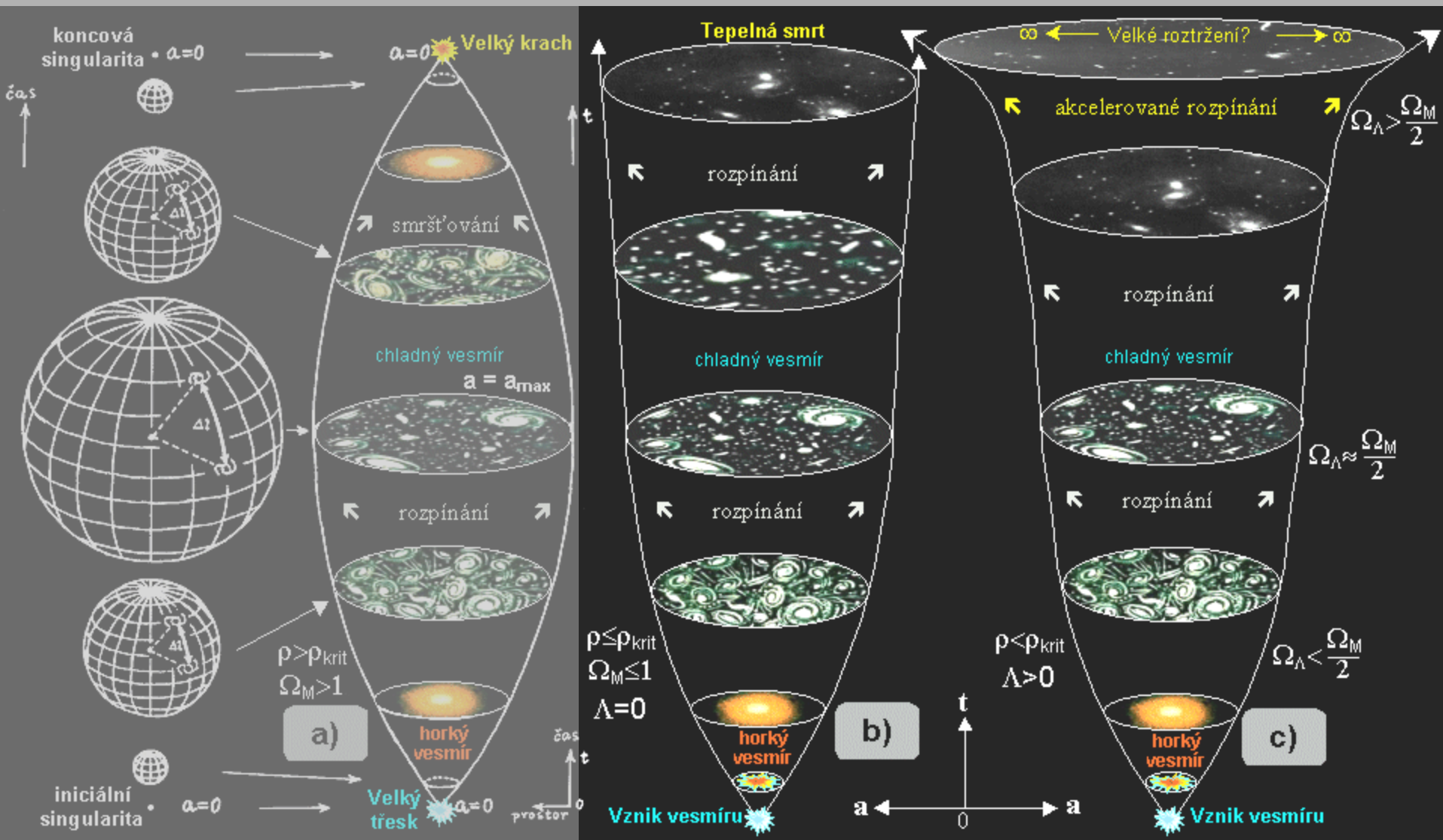
Saul Perlmutter , Brian P. Schmidt a Adam G. Riess (r.1998-99)

za objev zrychlujícího se rozpínání vesmíru odhalený pozorováním vzdálených supernov

VELKÉ KOSMOLOGICKÉ PŘEKVAPENÍ !



Může temná energie rozfouknout Vesmír do nicoty?



Pokud by byl zájem, můžeme někdy udělat přednášku:

Konečný osud Vesmíru: Ohnivá pec nebo tepelná smrt ?

Fyzikální podrobnosti lze nalézt na
www-stránách:

„AstroNuklFyzika“

Jaderná fyzika - Astrofyzika - Kosmologie - Filosofie

[www.AstroNuklFyzika .cz](http://www.AstroNuklFyzika.cz)



$R_{ik} - \frac{1}{2}g_{ik}R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{ik}$

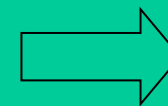
Astrofyzika – kosmologie
Teorie relativity, prostoročas
Gravitace , černé díry
Antropický princip
Vesmír a Bůh



Emisní spektrum
Kov. pasivní záření (p nebo α)
Foton záření γ
Přeměna (rozpad)
Disintegrace
Materiální jádro
Dceřinné jádro
Dceřinné jádro (základní stav)

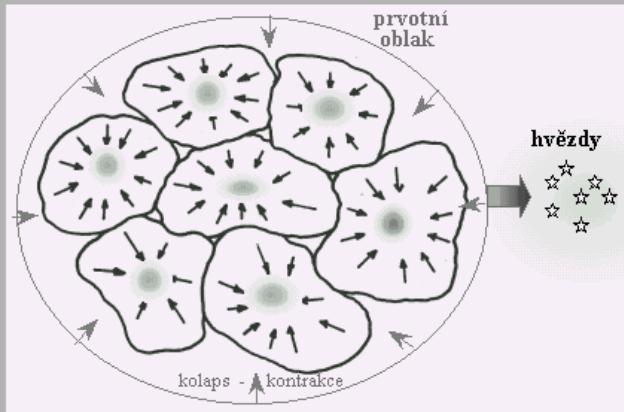
Jaderná fyzika , atomy
Radioaktivita , ioniz. záření
Elementární částice
RTG diagnostika, Scintigrafie
Radioterapie

Konec prezentace

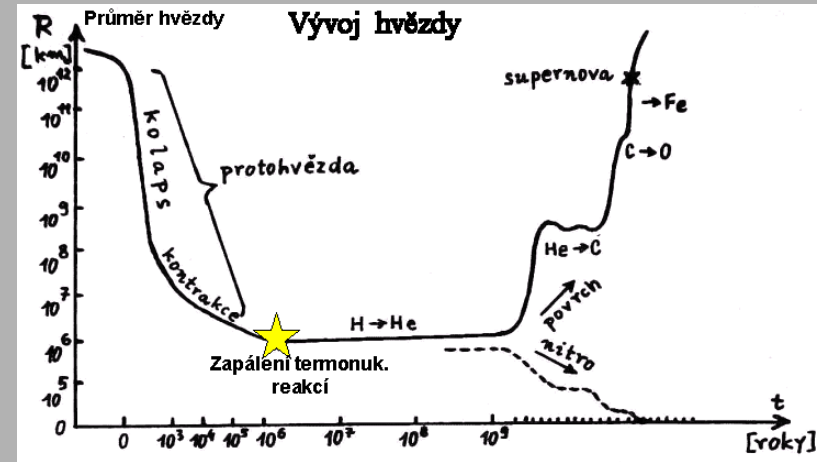


END

Vznik a vývoj hvězd



Ve smršťujícím se oblaku mohou vzniknout okrsky, v nichž gravitační kontrakce probíhá rychleji než v okolí (gravitační nestability). Z těchto jednotlivých okrsků se pak formují protohvězdy a nakonec hvězdy, které vznikají zpravidla ve skupinách.



AstroNuklFyzika → Jaderná fyzika - Astrofyzika - Kosmologie

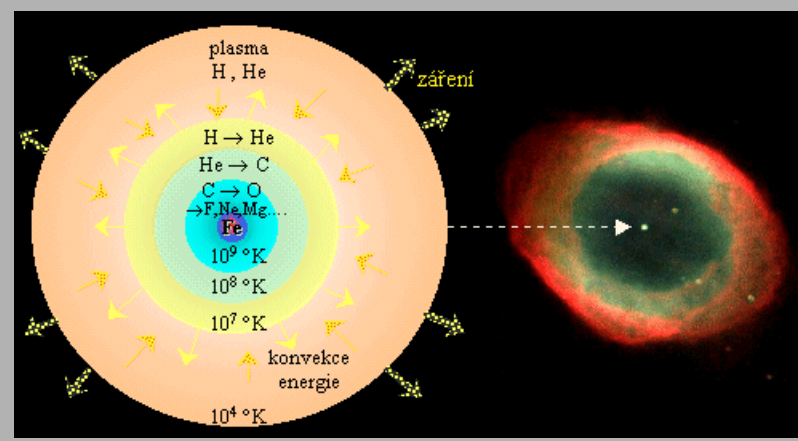


KOSMICKÁ JADERNÁ ALCHYMIE aneb O PŮVODU PRVKŮ

Stavba hmoty a jaderná fyzika
Pralátka na počátku světa
Hvězdy - alchymistické kotle vesmíru
Všichni jsme potomky hvězd!

Vojtěch Ulmann
fyzik

V přednášce o vztahu jaderné fyziky s astrofyzikou a kosmologií si přiblížíme **úchvatný scénář vzniku prvků ve vesmíru** a chemický vývoj vesmíru v jednotlivých stádiích jeho evoluce

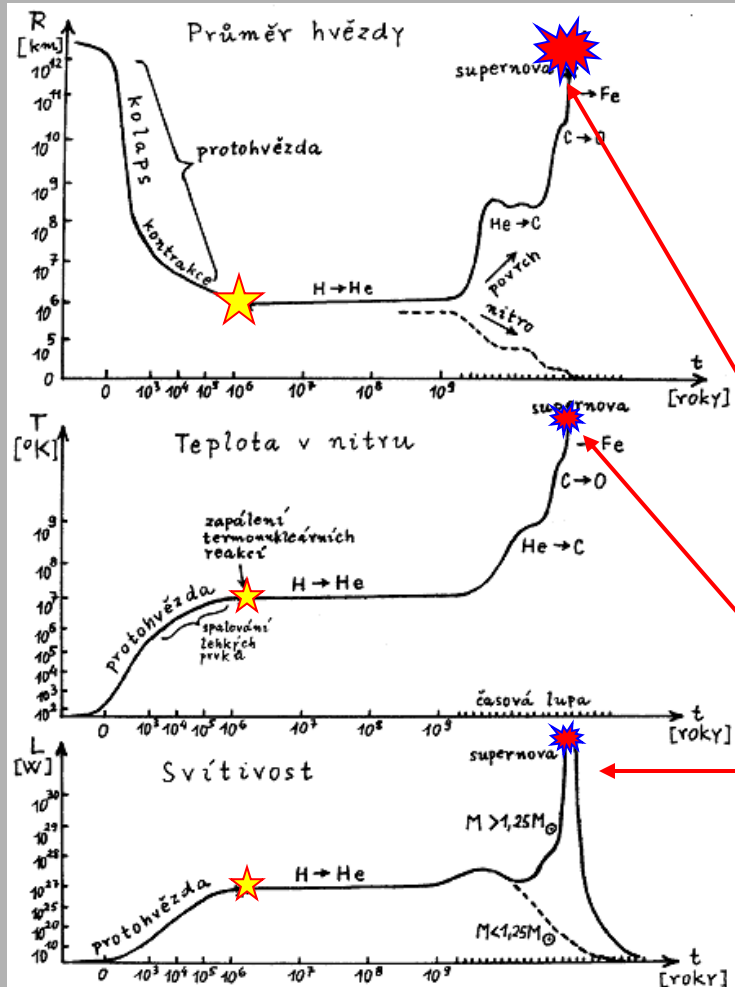


OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY

+ JADERNÁ ASTROFYZIKA

Vyjasnění dynamiky evoluce hvězd:

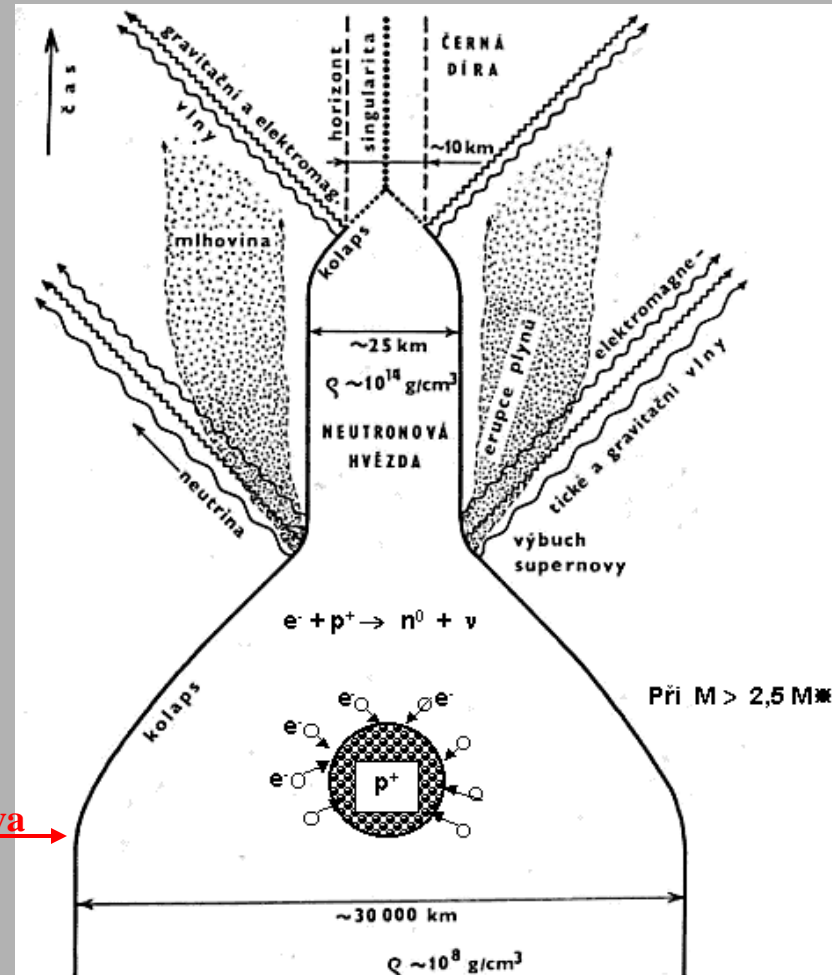
Vznik hvězdy gravitační kontrakcí - termonukleární reakce - syntéza těžších prvků -
výbuch supernovy → neutronová hvězda - černá díra



Chandrasekharova

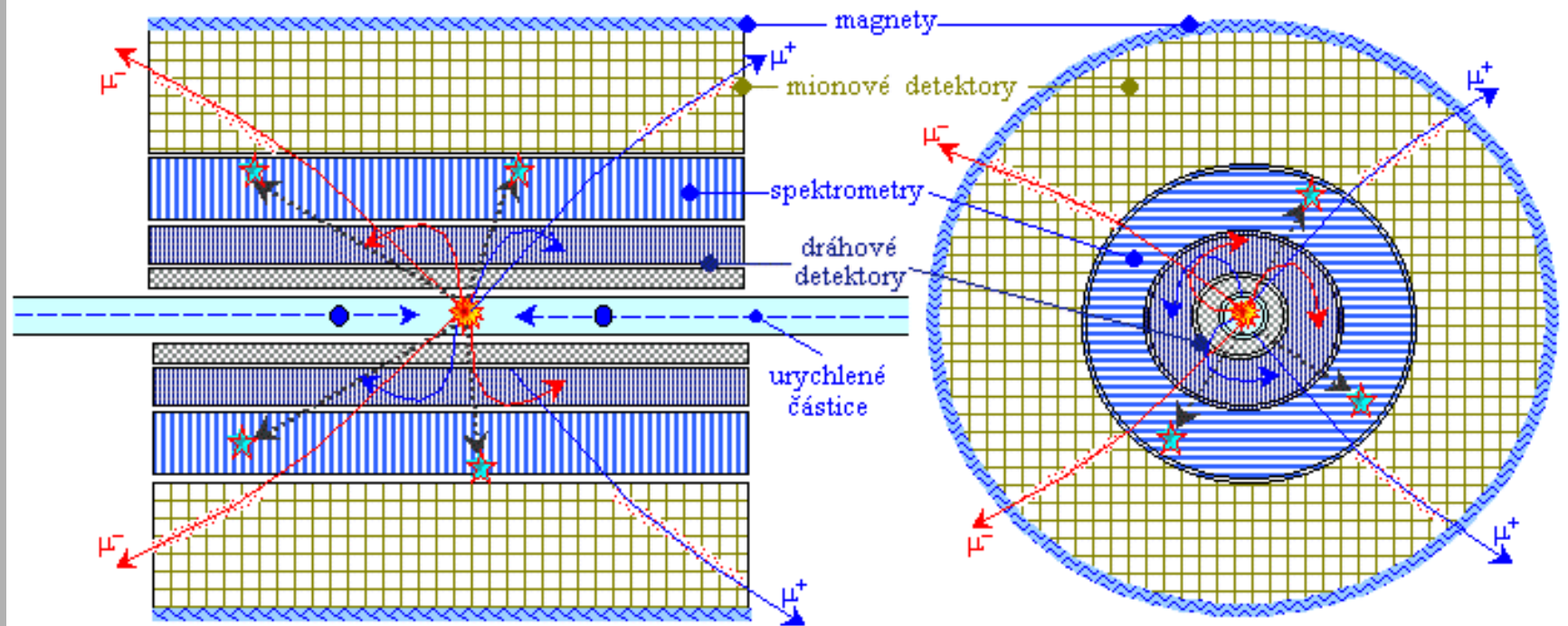
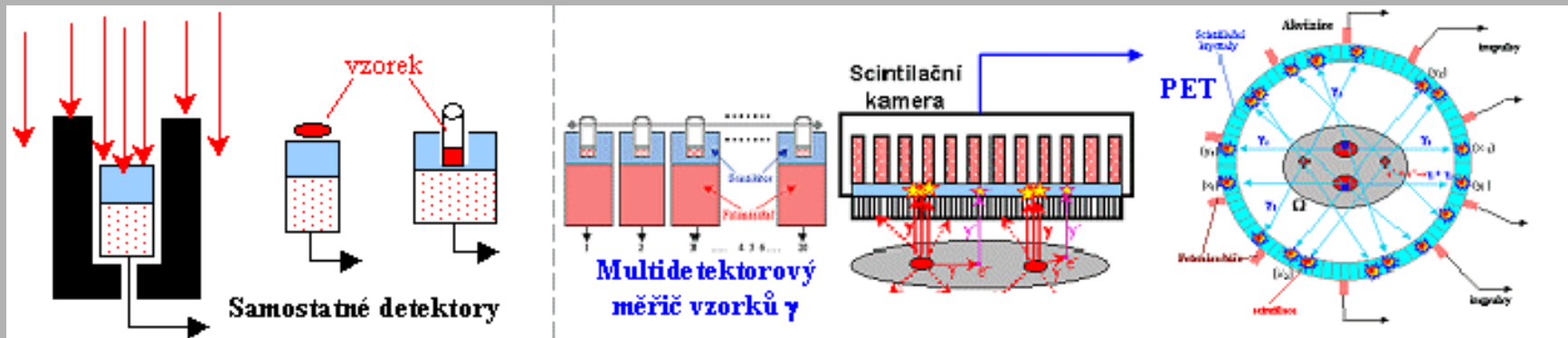
mez

$1,44 M_{\odot}$



JADERNÁ FYZIKA A DETEKČNÍ TECHNIKA

Komplexní multidetektorové systémy

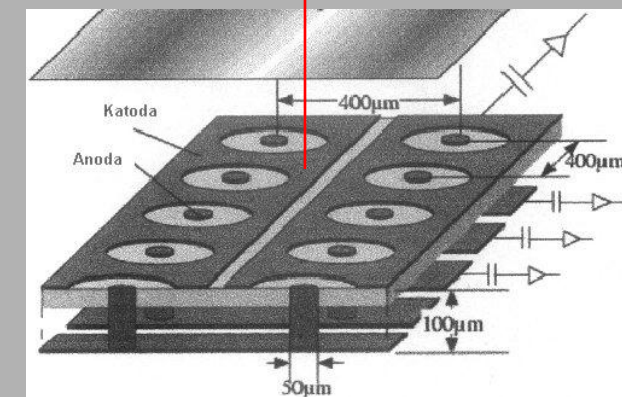
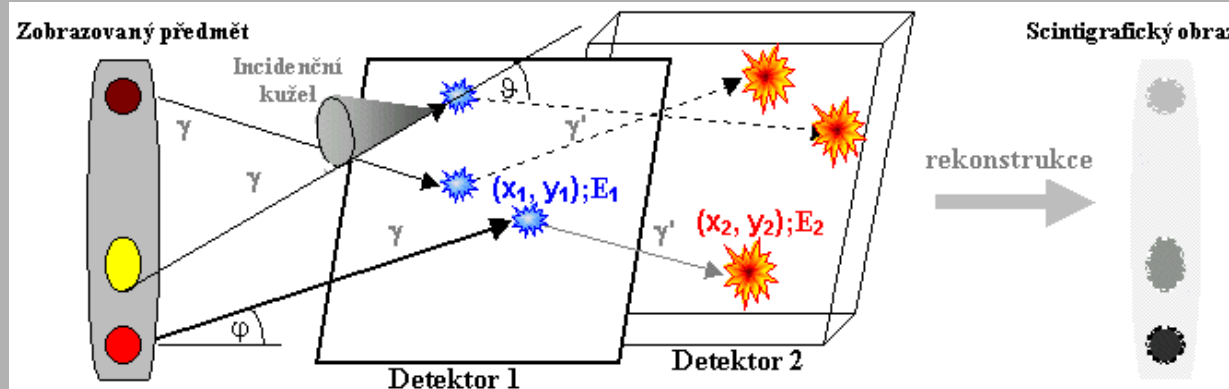
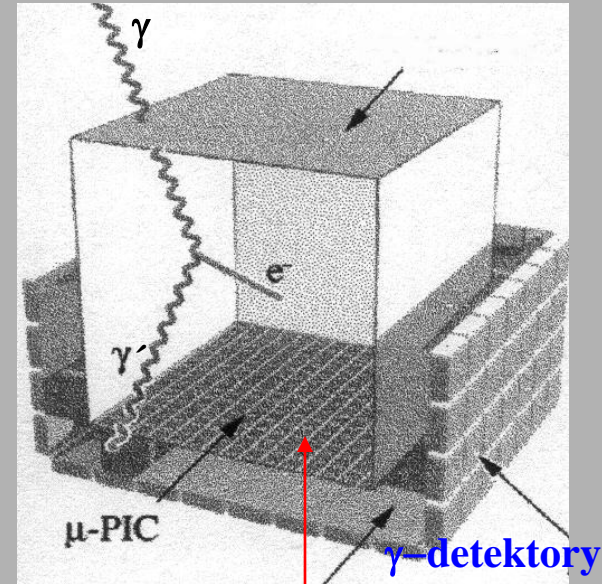
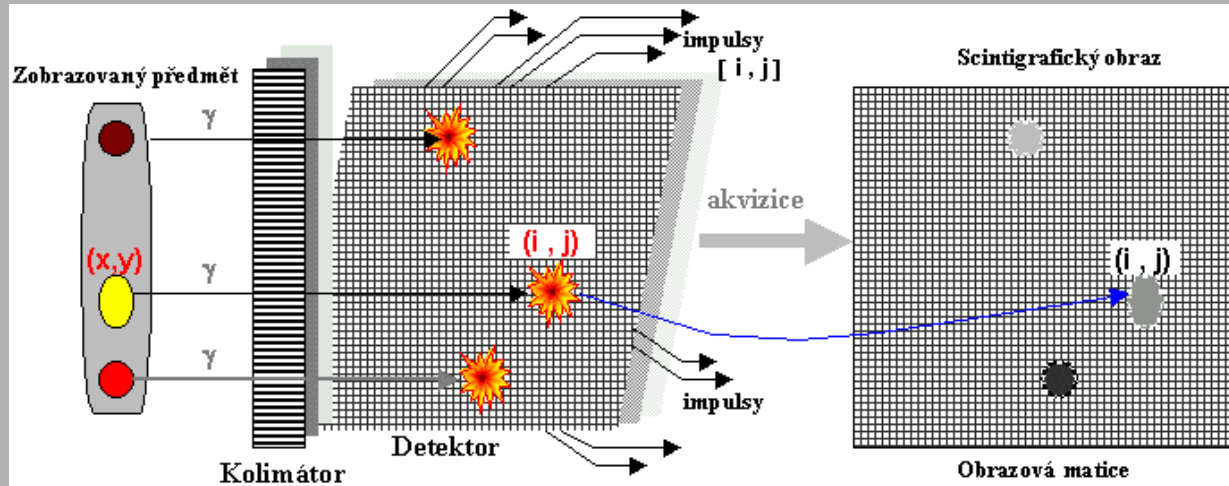


viz dále - urychlovače →

JADERNÁ FYZIKA - NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA

budoucí perspektivy:

- polovodičové gamakamery (již tedy **ne scintilační!**) - multipixelové



- gama kamery bez kolimátoru

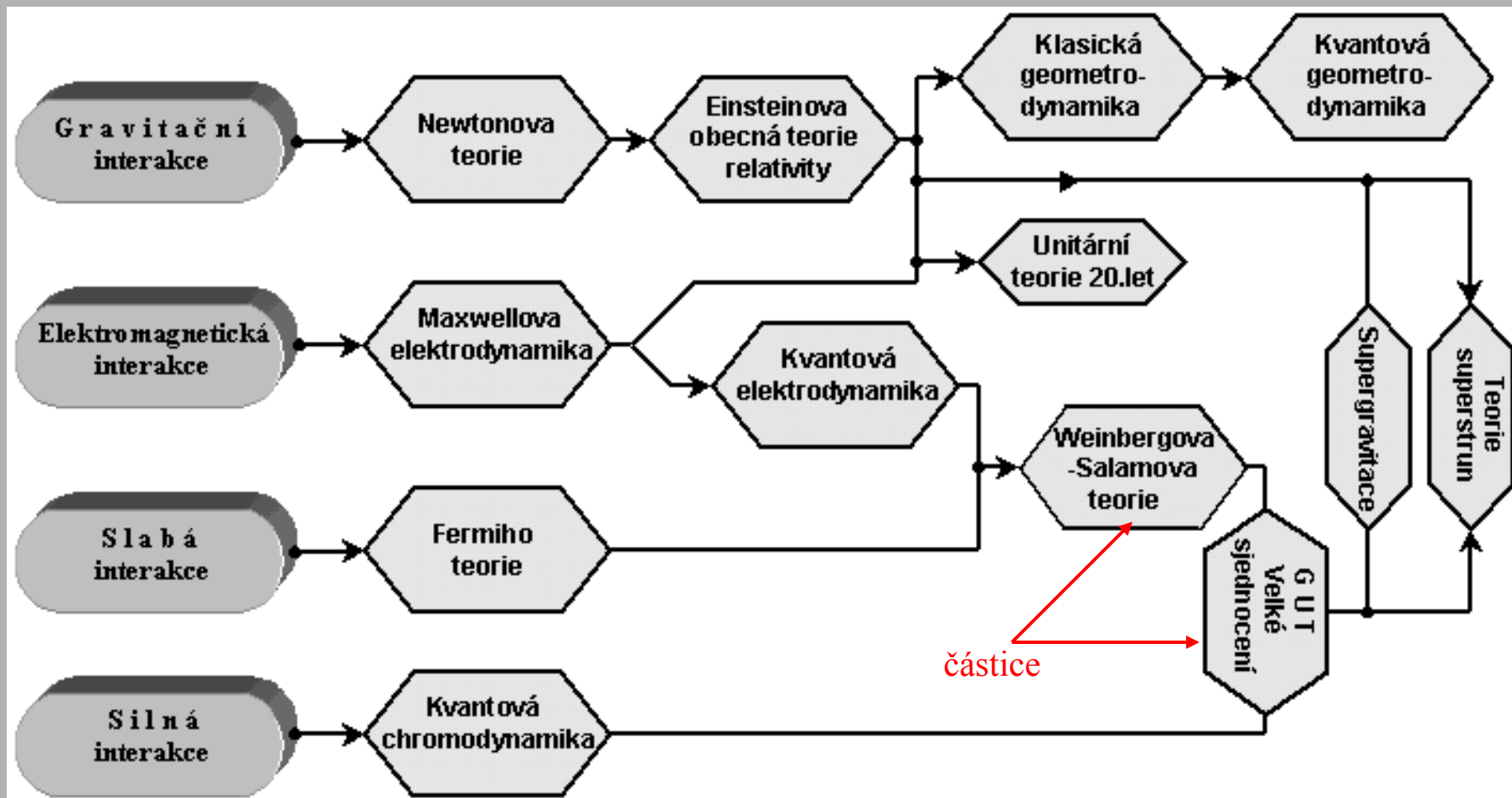
- elektronická kolimace i u jedno-fotonové gamagrafie

(„ γ - oko“ s úhlovým rozlišením)

JADERNÁ FYZIKA A ELEMENTÁRNÍ ČÁSTICE

UNITÁRNÍ TEORIE POLE

- sjednocování fundamentálních interakcí -



JADERNÁ FYZIKA A ELEMENTÁRNÍ ČÁSTICE

- sjednocování fundamentálních interakcí mezi částicemi -

Standardní model elementárních částic

Základními "stavebními kameny" hmoty jsou **fundamentální fermiony** - kvarky a leptony:

♦ **Kvarky**: **u, d, c, s, t, b**

♦ **Leptony**: elektron **e**, mion **μ**, tauon **τ**; neutrina - elektronové **ν_e**, mionové **ν_μ**, taunové **ν_τ**.

Tyto fundamentální leptony a kvarky se rozdělují do **tří generací** (tabulka).

Mezi těmito fundamentálními kvarky a leptony působí **fundamentální interakce** - síly gravitační, elektromagnetické, silné a slabé. Jejich kvanta - **intermediální bosony**:

♦ **Foton** - kvantum elektromagnetického pole, zprostředkovává elektromagnetickou interakci (**γ**)

♦ **W⁺, W⁻, Z** - těžké bosony zprostředkovávající slabou interakci, např. přeměny kvarků uvnitř hadronů

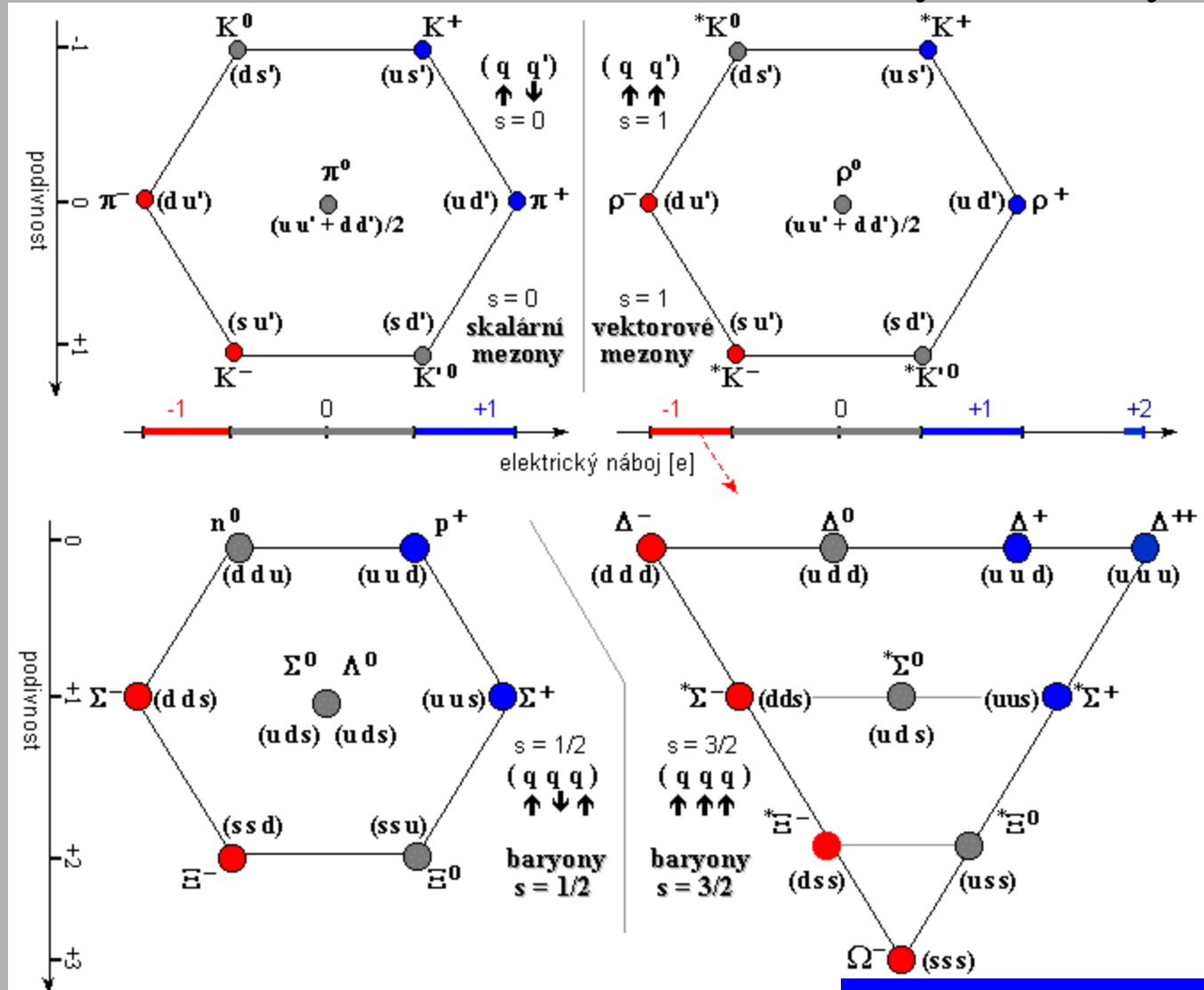
♦ **Gluony g** - nositelé silné interakce mezi kvarky.

částice látky (fermiony)				kvanta polí (bosony)	
leptony	generace I	generace II	generace III	gravitační interakce	graviton G q=0, m=0
	elektron e q=-1, m=0,5	mion μ q=-1, m=103	tauon τ q=-1, m=1777	elektromag. interakce	foton γ q=0, m=0
	e-neutrino ν_e m ≤ 2 eV	μ-neutrino ν_μ m ≤ 0,27MeV	τ-neutrino ν_τ m ≤ 20MeV ?	slabé interakce	bosony W[±]; Z q = ±1; 0 m = 80; 91 GeV
kvarky	"up" u q=+2/3, m=320	"charm" c q=+2/3, m=1500	"top" t q=+2/3, ≈130GeV	silné interakce	gluony g (8) q=0, m=0
	"down" d q=-1/3, m=320	"strange" s q=-1/3, m=500	"bottom" b q=-1/3, m=5400		

JADERNÁ FYZIKA A ELEMENTÁRNÍ ČÁSTICE

Standardní model elementárních částic

Kvarková struktura hadronů - mezony: 2 kvarky ; baryony: 3 kvarky

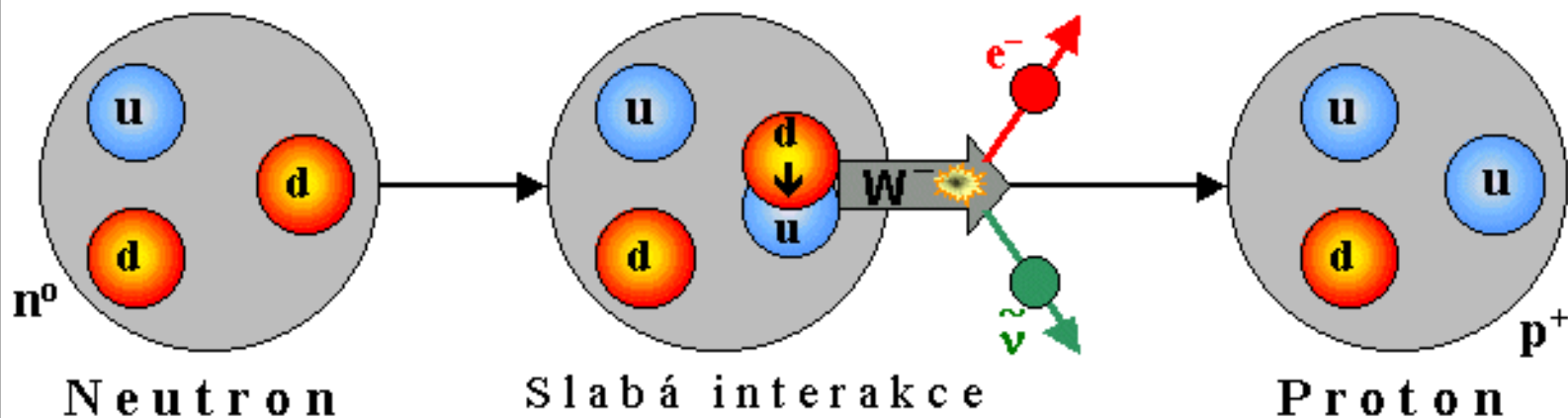


JADERNÁ FYZIKA A ELEMENTÁRNÍ ČÁSTICE

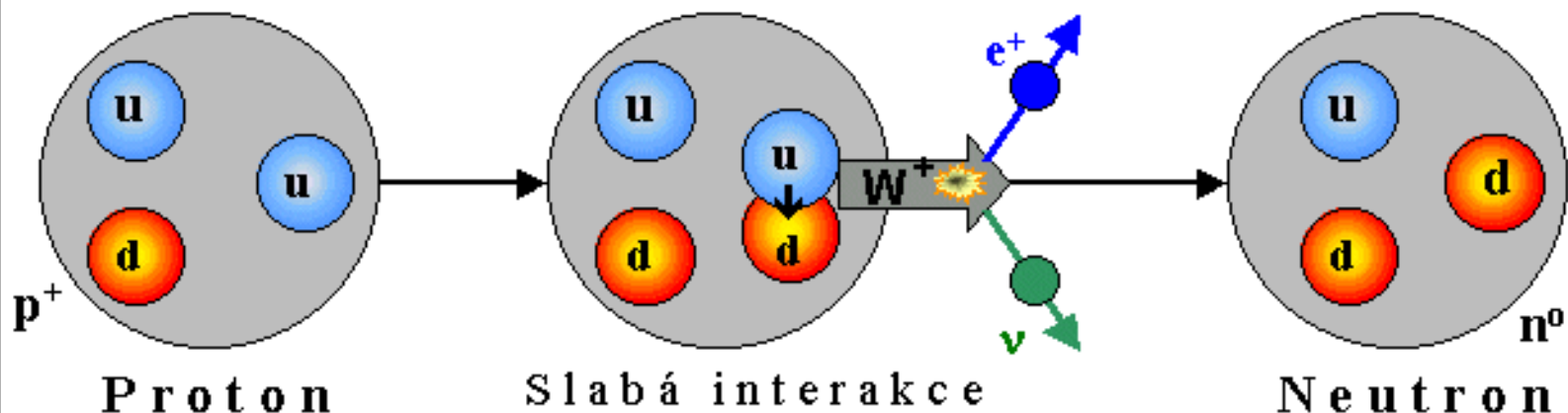
Standardní model elementárních částic

Mechanismus radioaktivity beta - elektroslabé interakce

Beta⁻ - rozpad neutronu : $n^0 \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}$



Beta⁺ - přeměna protonu : $p^+ \rightarrow n^0 + e^+ + \nu$

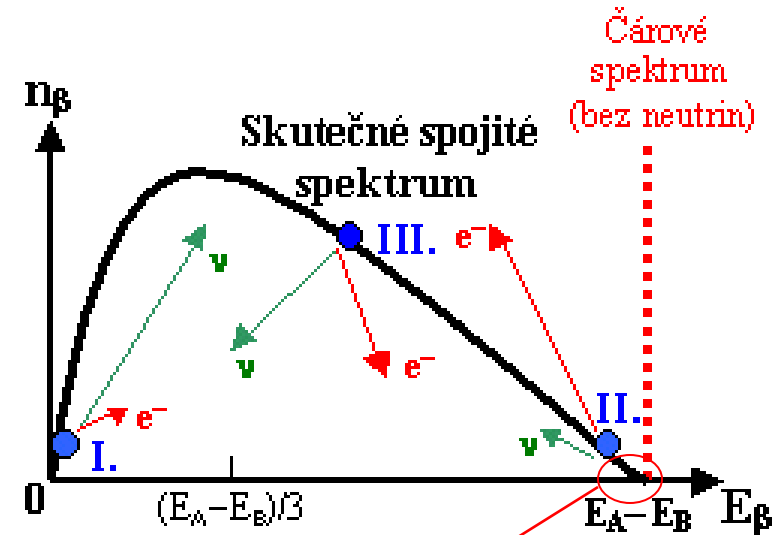
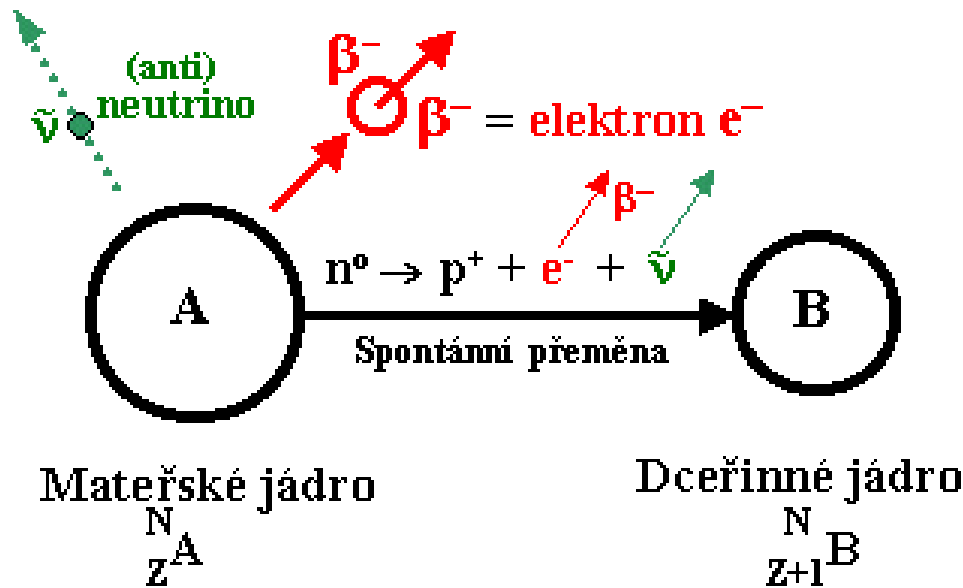


JADERNÁ FYZIKA A ELEMENTÁRNÍ ČÁSTICE

Malá - téměř nepolapitelná - n e u t r i n a

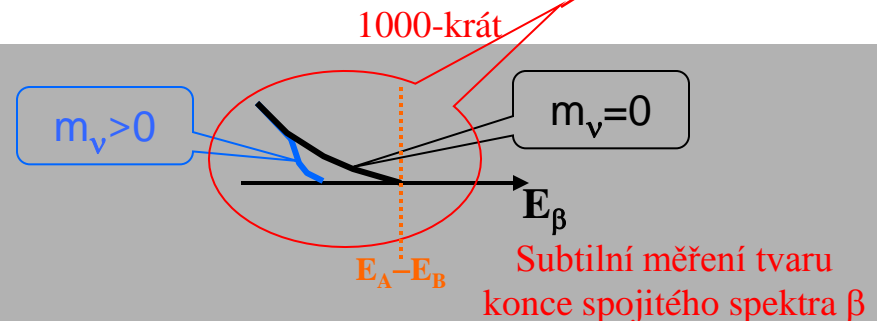
Má neutrino klidovou hmotnost?

Radioaktivita β^-



Původně: předpoklad $m_\nu=0$
80.léta: $5 \text{ eV}/c^2 \leq m_\nu \leq 40 \text{ eV}/c^2$
Nyní: $m_\nu \leq 2,2 \text{ eV}/c^2$

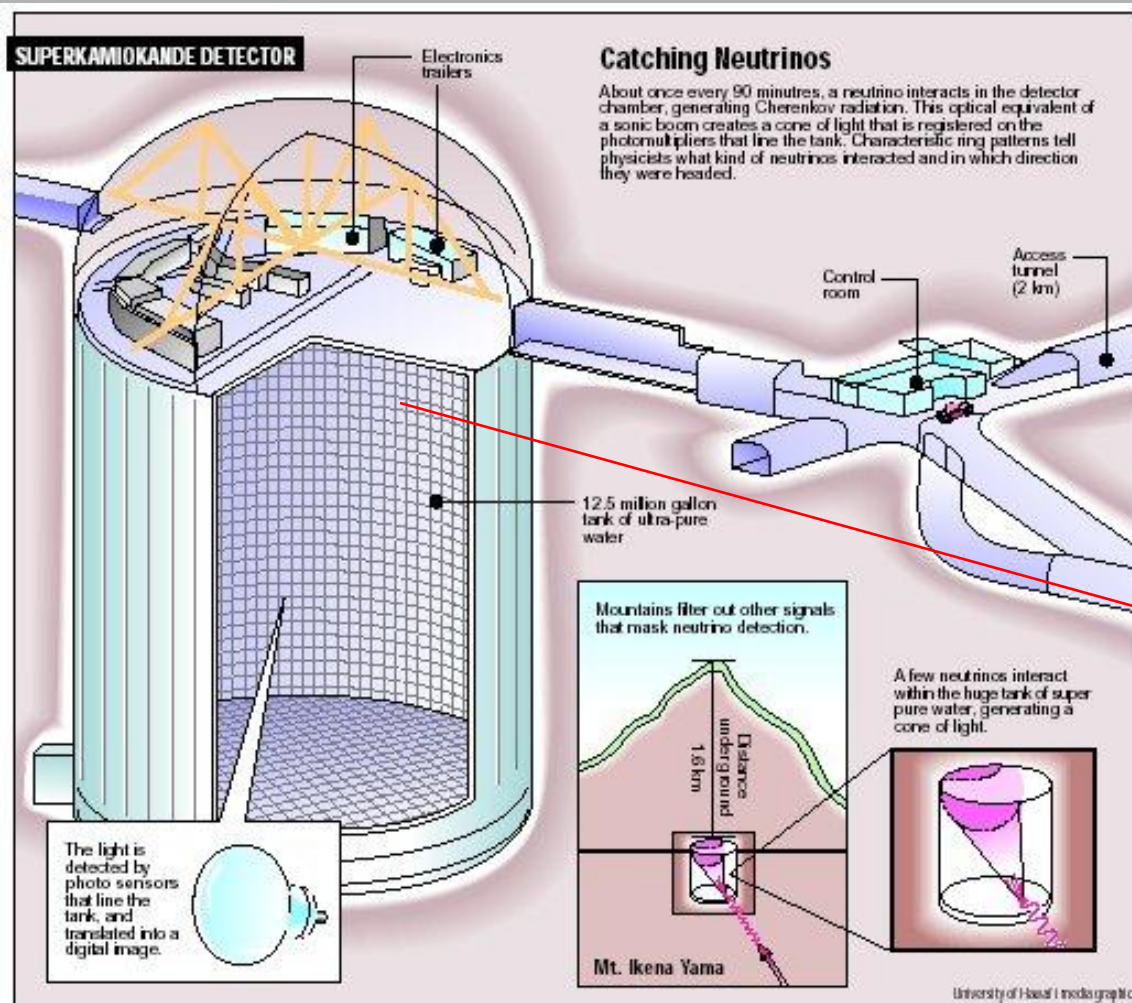
Mohou reliktní neutrina uzavřít Vesmír? Asi **ne** !



JADERNÁ FYZIKA A ELEMENTÁRNÍ ČÁSTICE

Standardní model elementárních částic

Měření klidové hmotnosti neutrina + oscilace neutrin

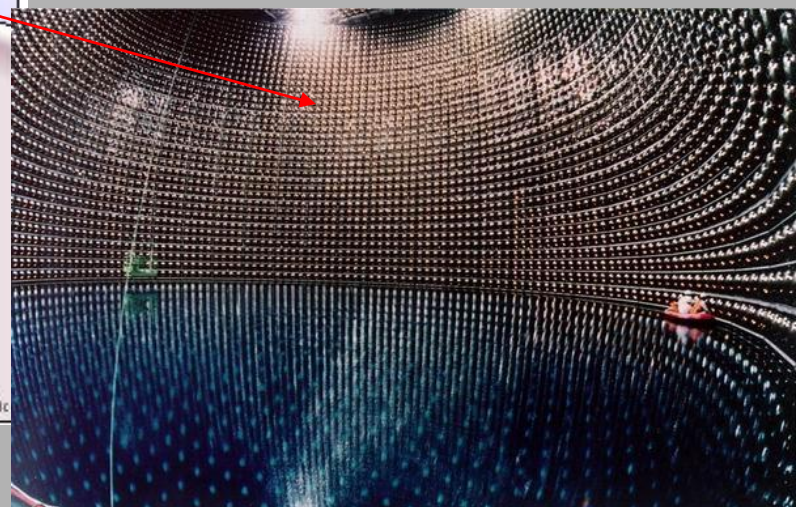


detekce neutrin z vesmíru

11 146 fotonásobičů

50 000 tun superčisté vody

Čerenkovovo záření
elektronů nebo mionů



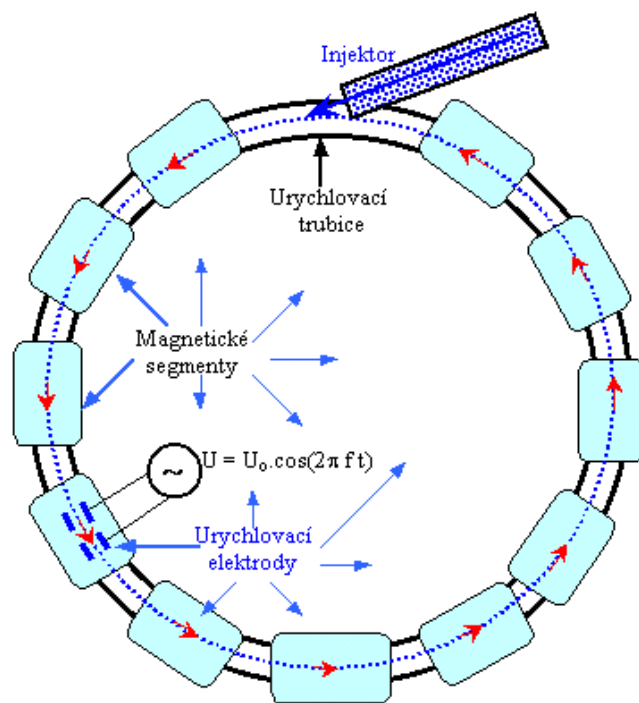
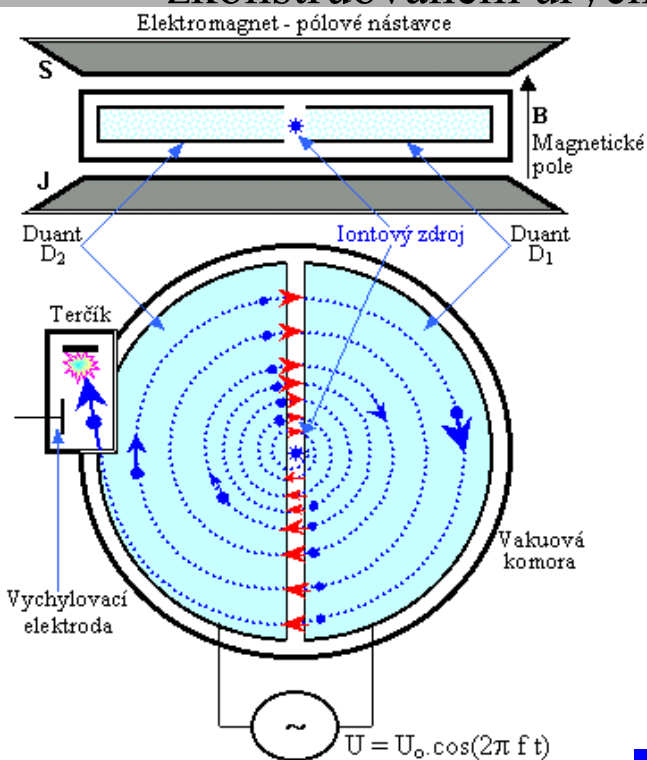
JADERNÁ FYZIKA A ELEMENTÁRNÍ ČÁSTICE

Standardní model elementárních částic

Urychlovače nabitých částic

STR je dokonale experimentálně ověřena, stala se již „inženýrskou“ vědou používanou jako nezbytný základ při technickém navrhování urychlovačů částic.

Každý oběh částice v kruhovém urychlovači (stejně jako její synchronizovaný průlet mezi elektrodami či rezonančními dutinami v lineárním urychlovači) v takto přesně zkonstruovaném urychlovači **"hlásá"** správnost speciální teorie relativity

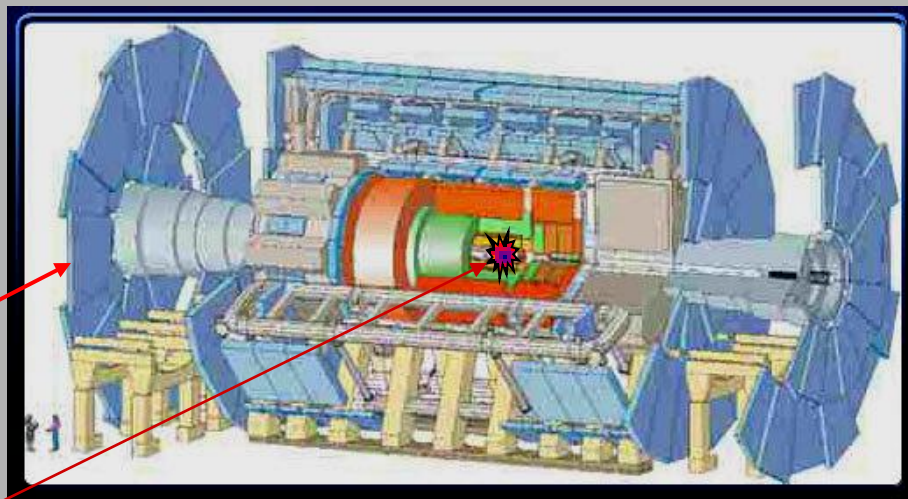
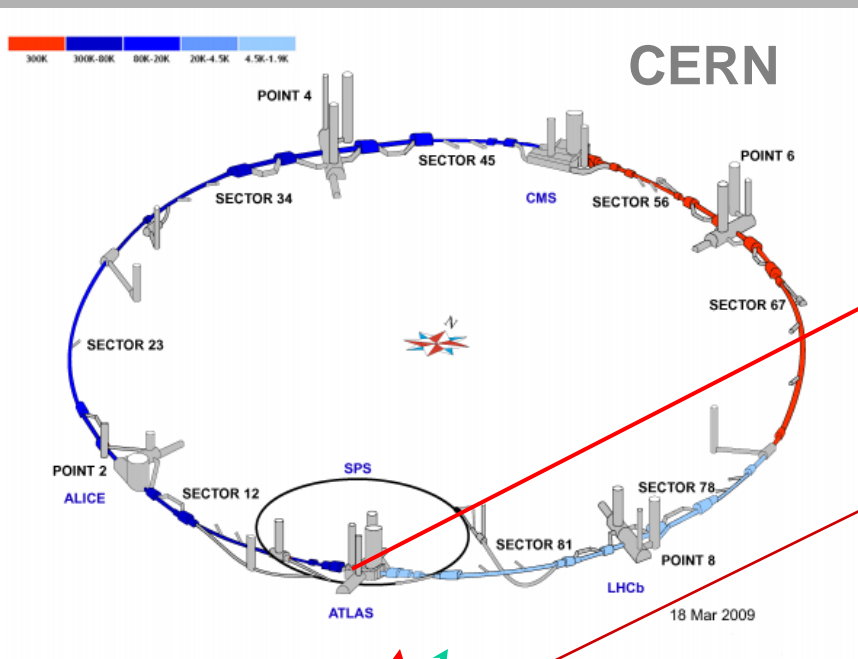


JADERNÁ FYZIKA A ELEMENTÁRNÍ ČÁSTICE

Standardní model elementárních částic

VELKÉ URYCHLOVAČE → UNITÁRNÍ TEORIE POLE

Velký hadronový urychlovač - Large Hadron Collider (LHC)

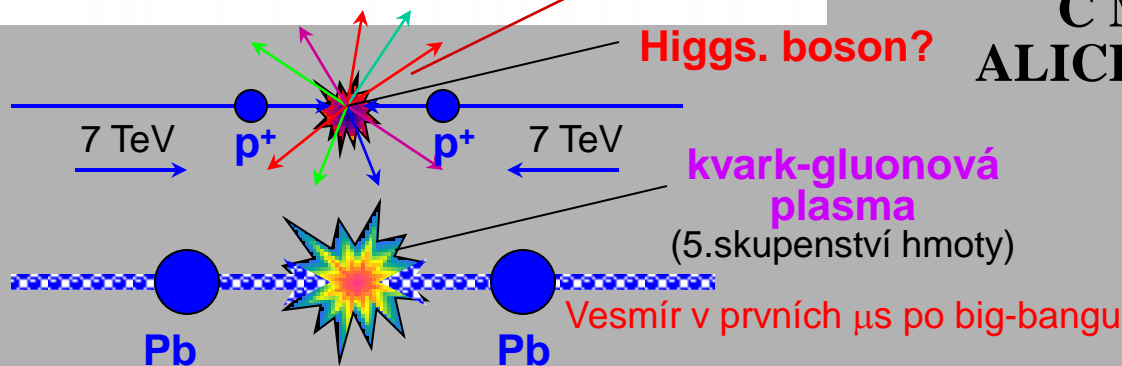


Detekční systémy:

ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus)

CMS (Compact Muon Solenoid)

ALICE (A Large Ion Collider Experiment)



Hledání „exotických“ částic:

- Higgsovy bosony
- WIMP - částice tvořící temnou hmotu vesmíru
- Leptokvarky X, Y
- Superstruny (vzdálená budoucnost)

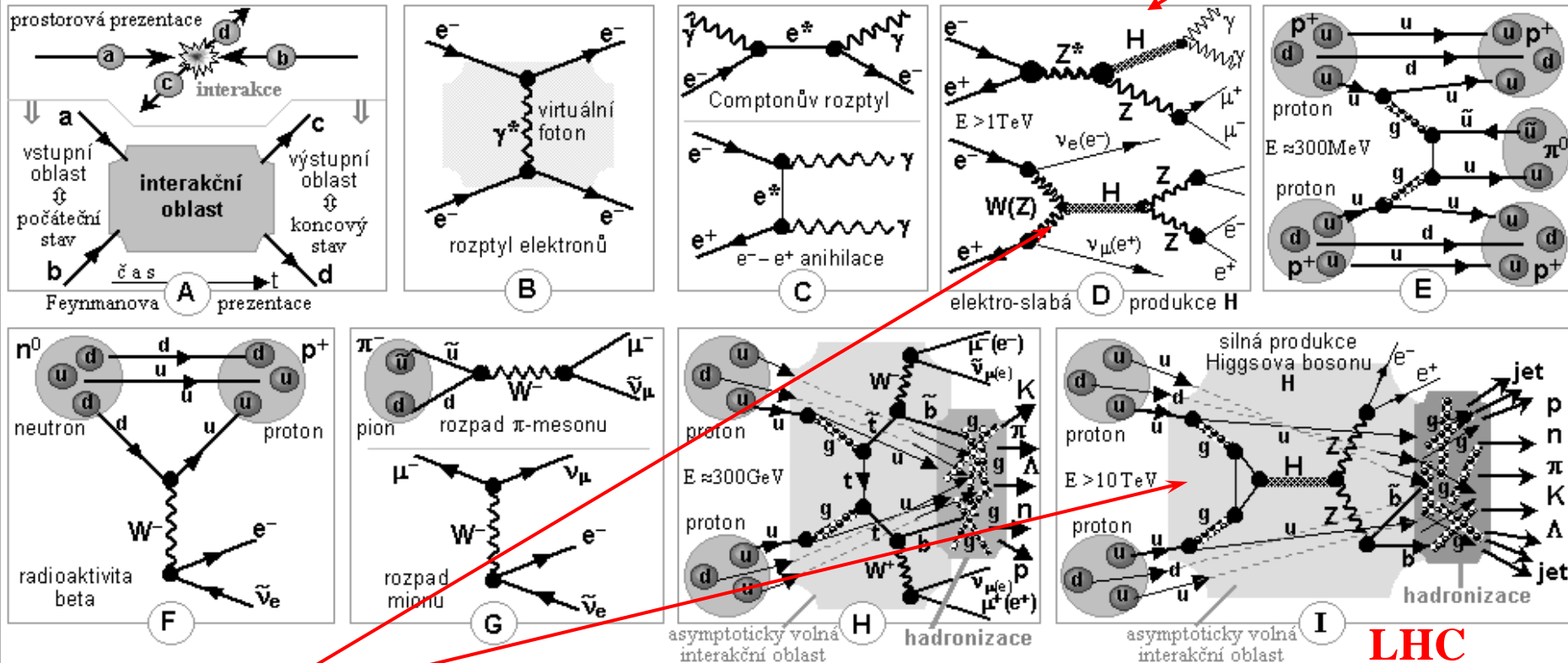
UNITÁRNÍ TEORIE POLE

- sjednocování fundamentálních interakcí -

Standardní model elementárních částic

Feynmanovy diagramy interakcí částic

?CLIC e^-e^+ 3-5TeV

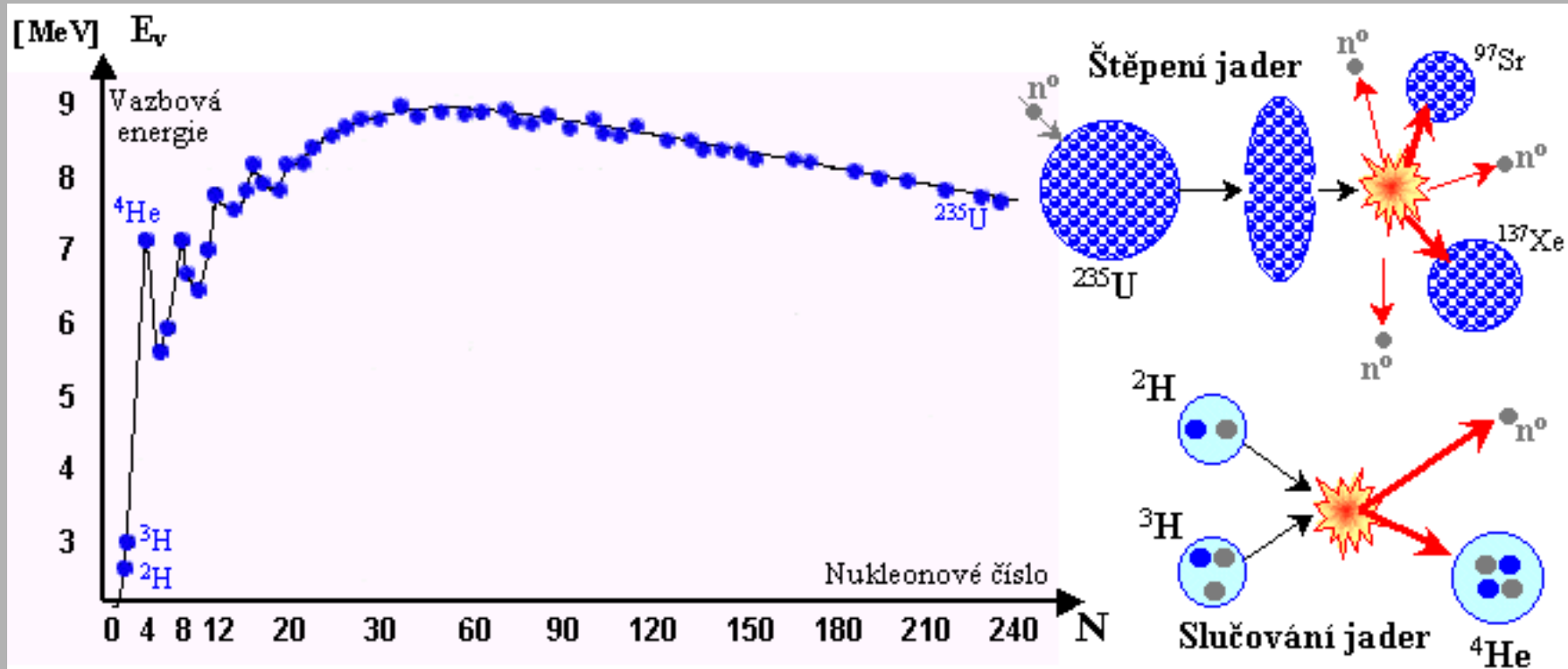


Hledání **Higgsova bosonu** - částice (kvanta Higgsova pole) generující nenulové klidové hmotnosti částic zprostředkující interakce a jejich „krátkodosahovost“

- důležité pro částicovou fyziku i pro kosmologii velmi raného vesmíru (oddělování interakcí, vznik baryonové asymetrie hmoty vesmíru)

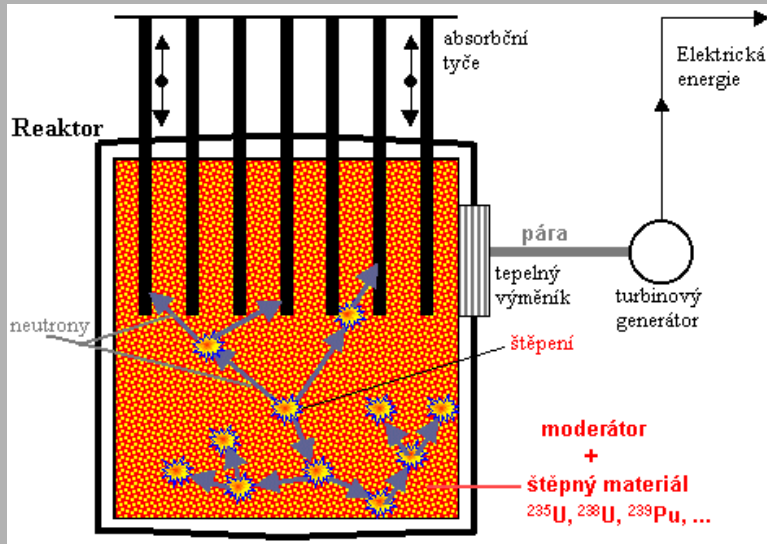
JADERNÁ FYZIKA - JADERNÁ ENERGIE

- možnost získávání (vazbové) energie z atomových jader -

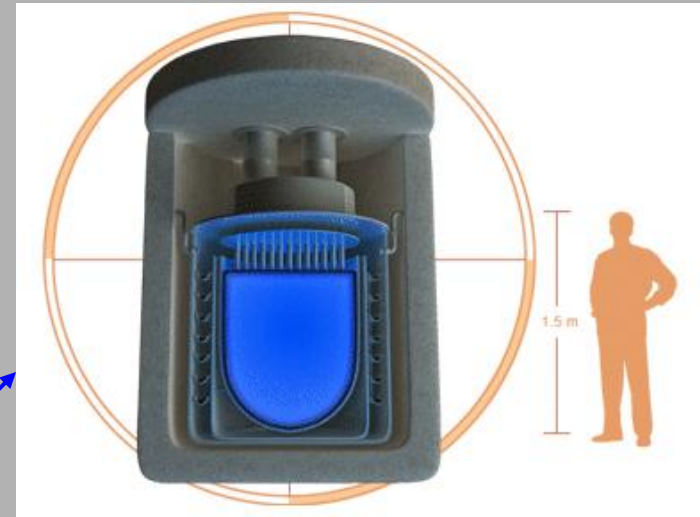


JADERNÁ FYZIKA - JADERNÁ ENERGIE

- štěpné jaderné reakce -



Klasický jaderný reaktor



Kompaktní samoregulační reaktor



palivo moderátor



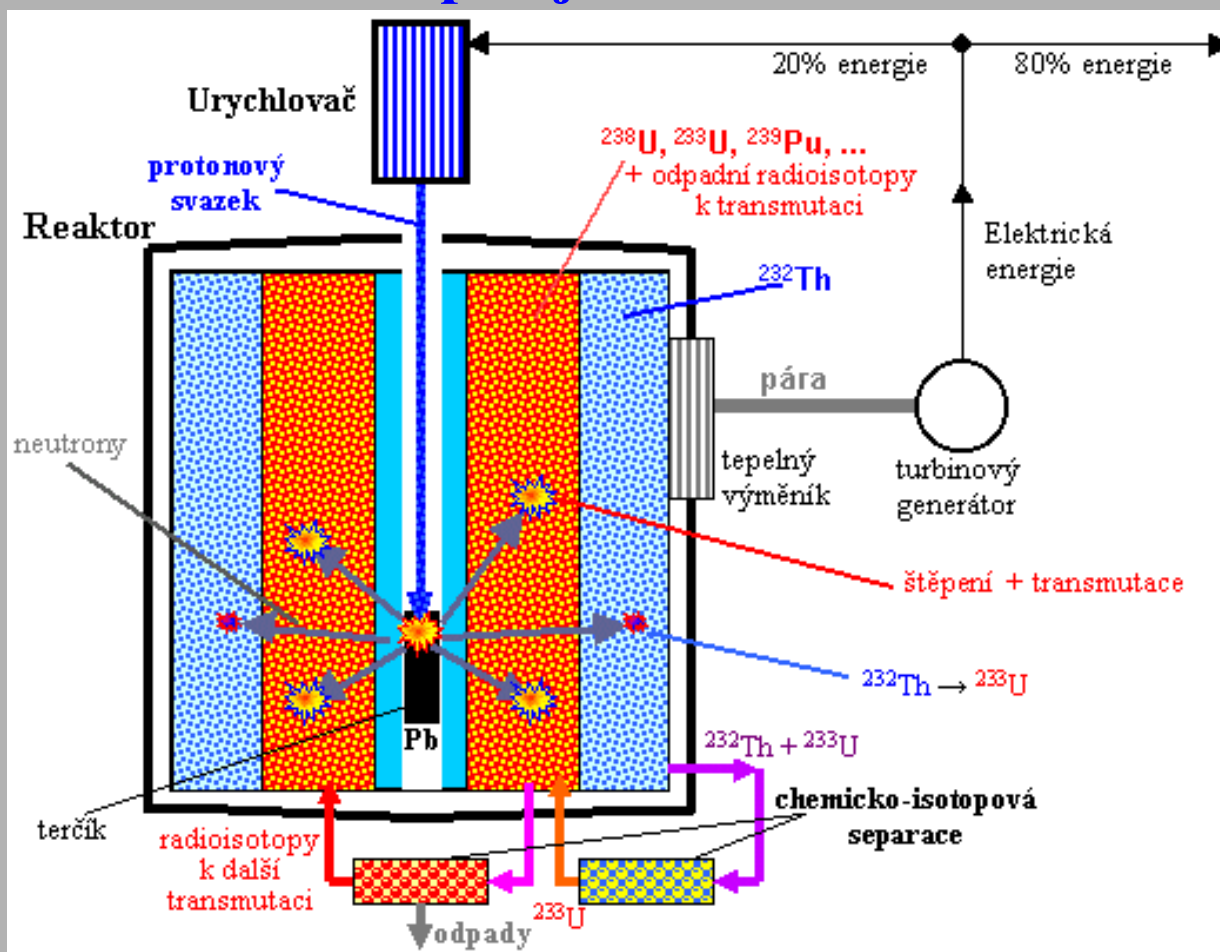
Záporný teplotní koeficient reaktivity

-- autoregulační, bezpečný, bezúdržbový

(palivo vydrží cca 5 let)

JADERNÁ FYZIKA - JADERNÁ ENERGIE

- štěpné jaderné reakce -

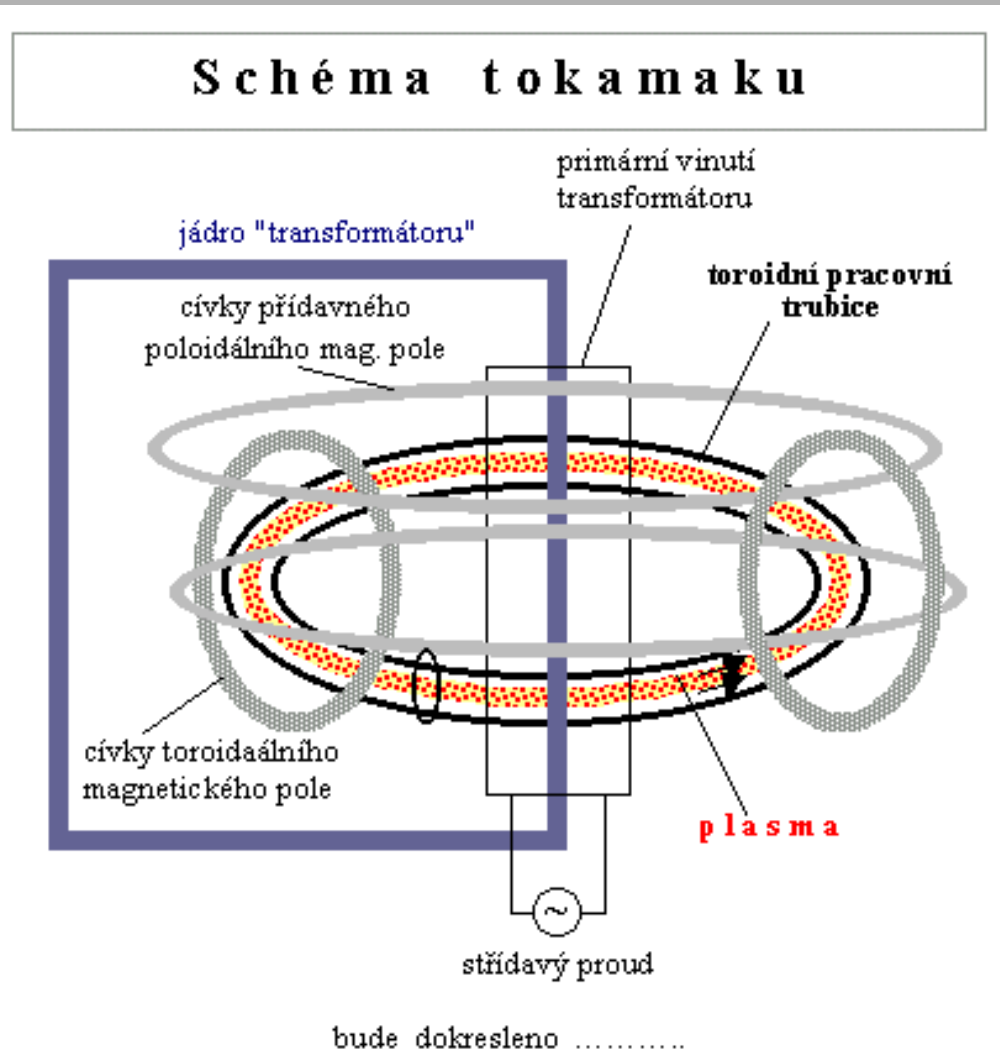
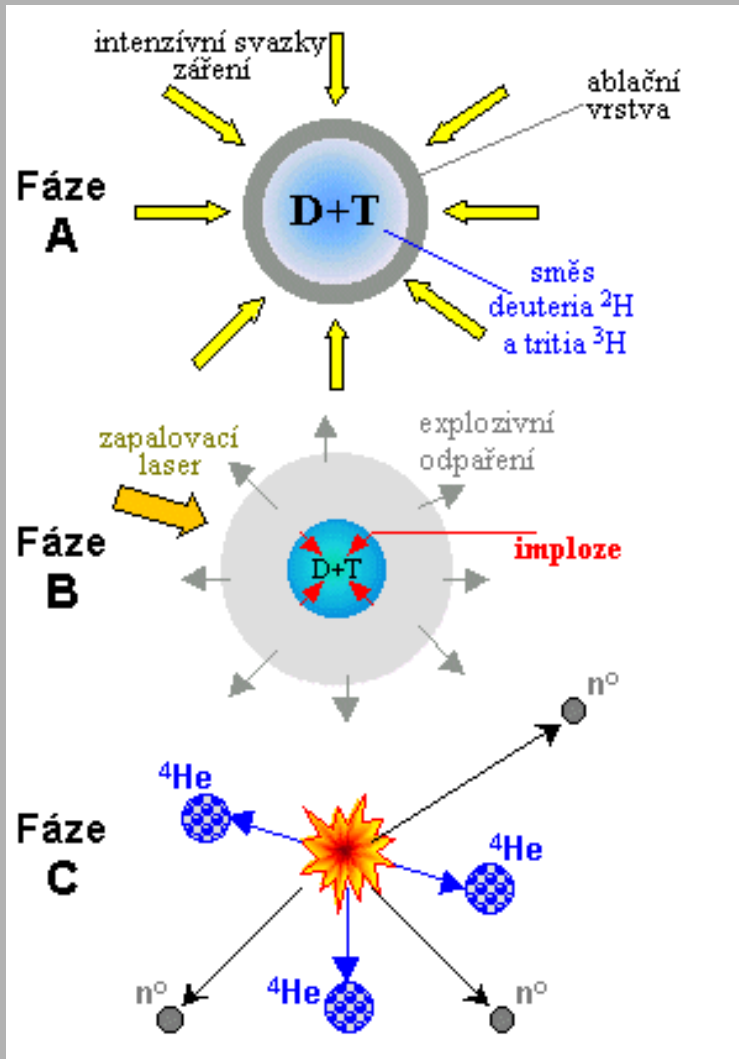


Možná perspektiva:

ADTT (Accelerator Driven Transmutation Technologies)
- "urychlovačem poháněná transmutační technologie"

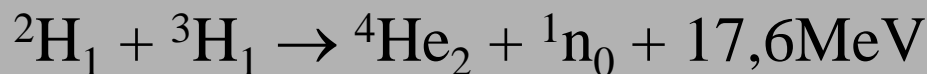
JADERNÁ FYZIKA - JADERNÁ ENERGIE

- termonukleární jaderná fúze -



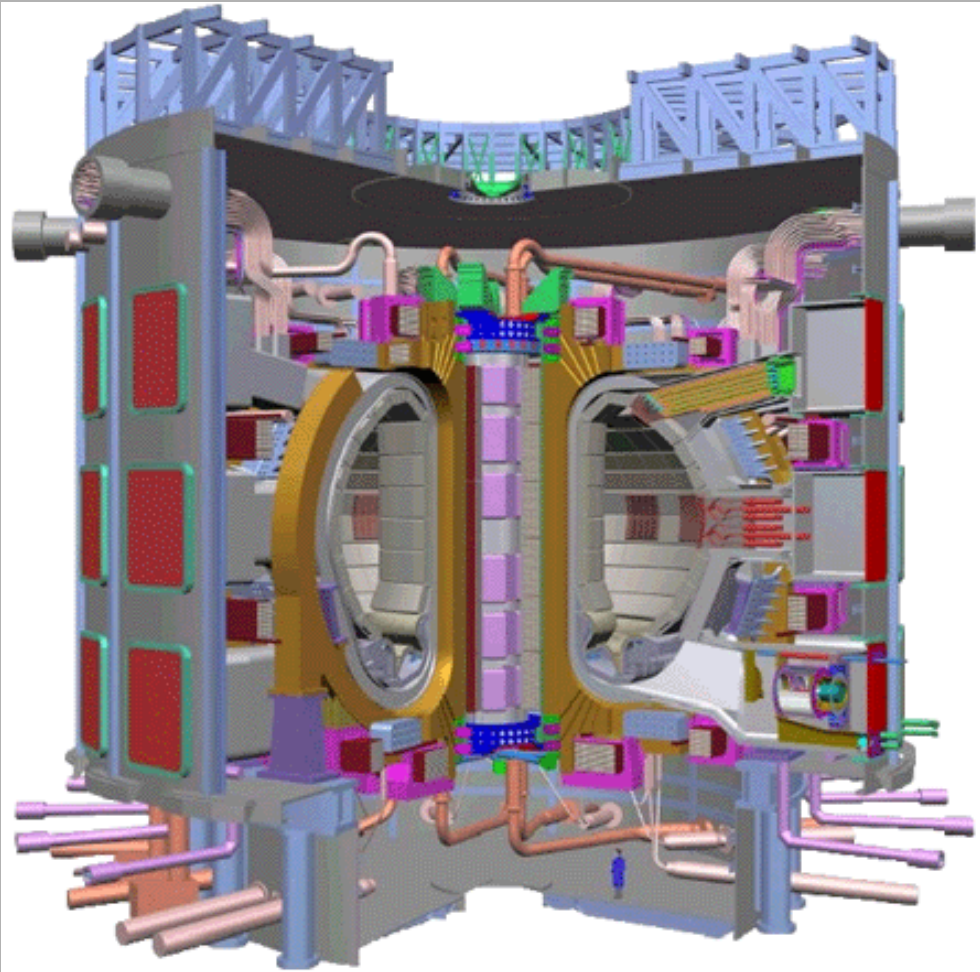
Laserová inerciální fúze

Magnetické udržení plasmy - tokamak



JADERNÁ FYZIKA - JADERNÁ ENERGIE

- termonukleární jaderná fúze -



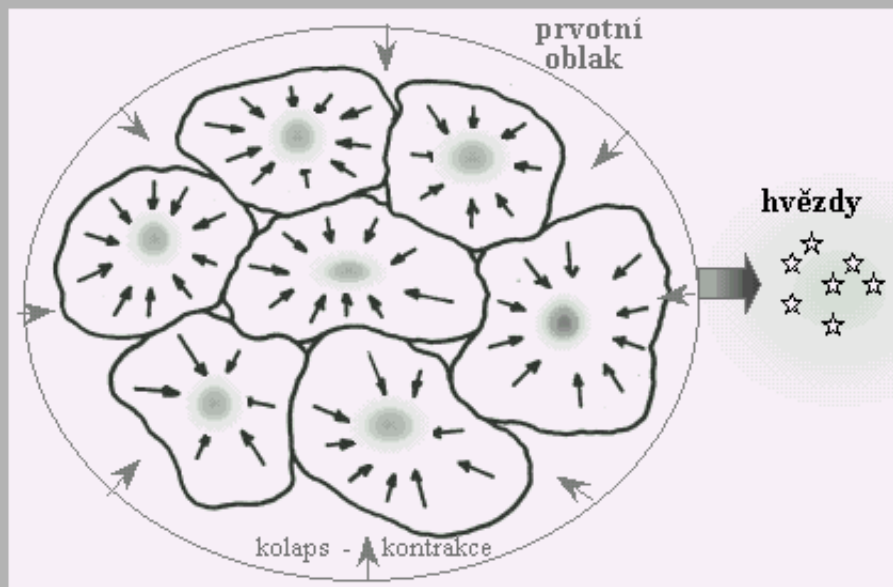
Budovaný tokamak ITER

- supravodivé elektromagnety
- kladná efektivita
- uzavřený palivový cyklus:
 ${}^6\text{Li}_3 + {}^1\text{n}_0 \rightarrow {}^3\text{H}_1 + {}^4\text{He}_2$,
 ${}^7\text{Li}_3 + {}^1\text{n}_0 \rightarrow {}^3\text{H}_1 + {}^4\text{He}_2 + {}^1\text{n}_0$
- bezodpadová technologie
- bezpečnost

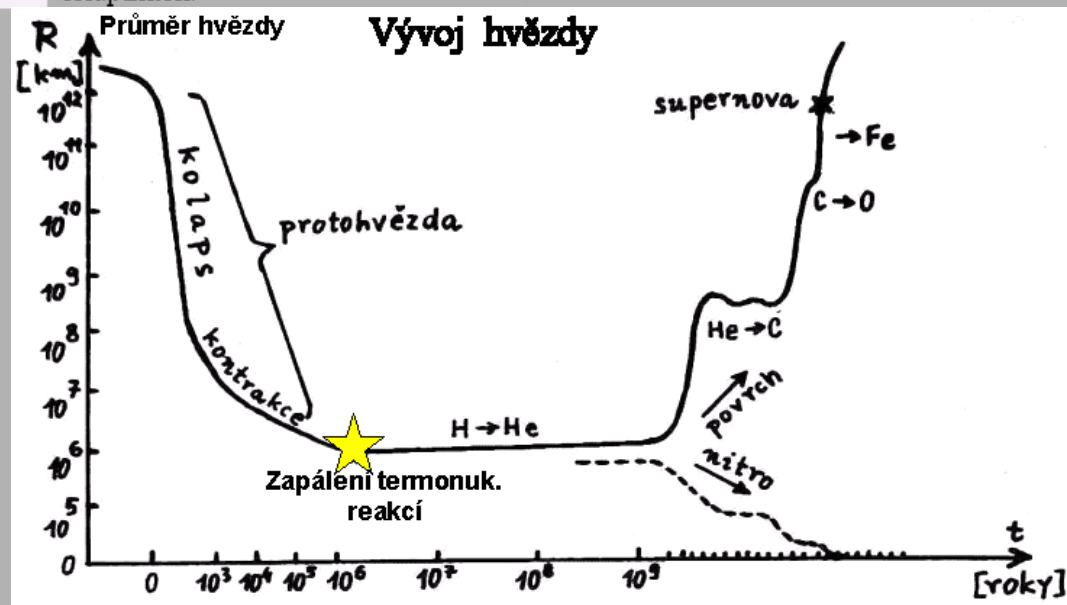
ASTROFYZIKA - fyzikální jevy ve vesmíru

Gravitace - základní síla určující jevy ve vesmíru

Vznik hvězd



Ve smršťujícím se oblaku mohou vzniknout okrsky, v nichž gravitační kontrakce probíhá rychleji než v okolí (gravitační nestability). Z těchto jednotlivých okrsků se pak formují protohvězdy a nakonec hvězdy, které vznikají zpravidla ve skupinách.

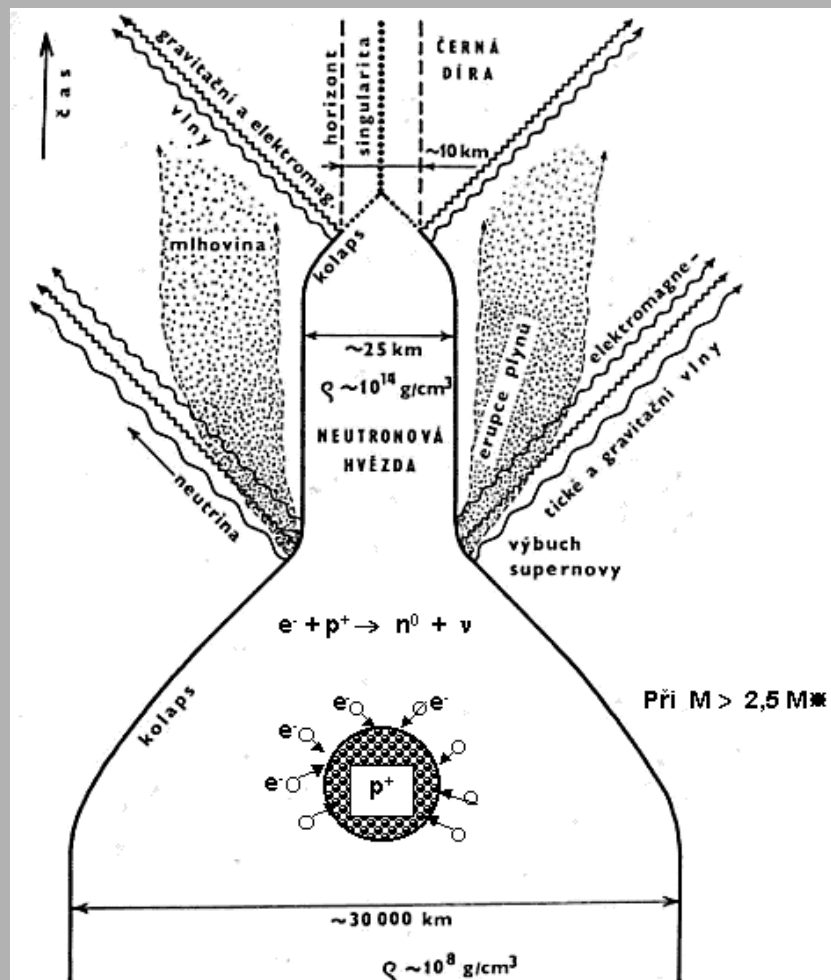
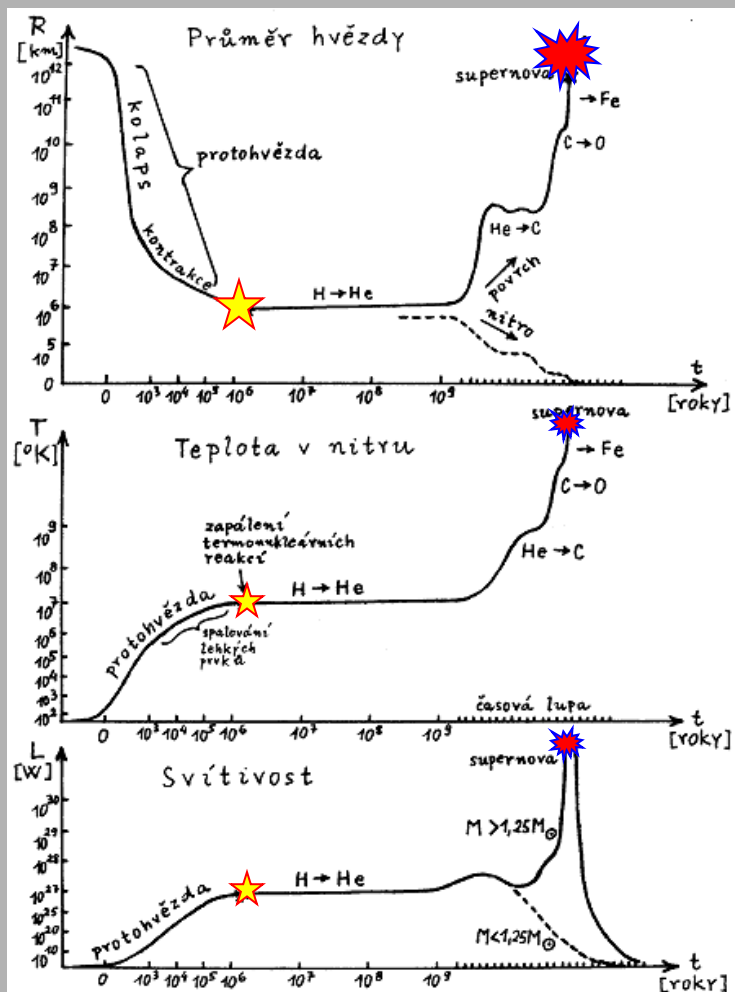


OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY

+ JADERNÁ ASTROFYZIKA

Vyjasnění dynamiky evoluce hvězd:

Vznik hvězdy gravitační kontrakcí - termonukleární reakce - syntéza těžších prvků -
výbuch supernovy → neutronová hvězda - černá díra

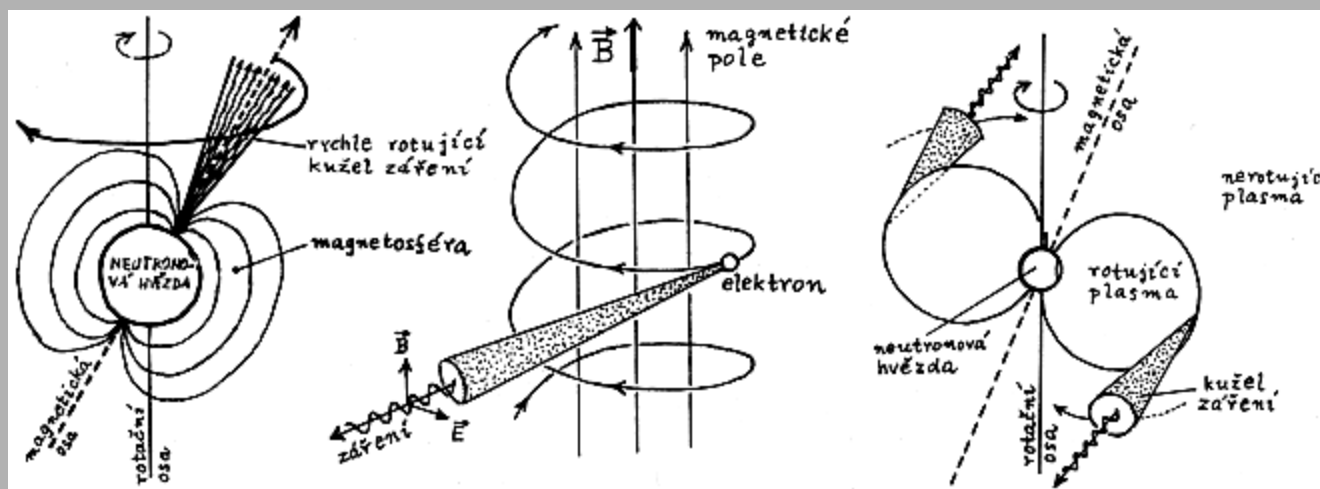
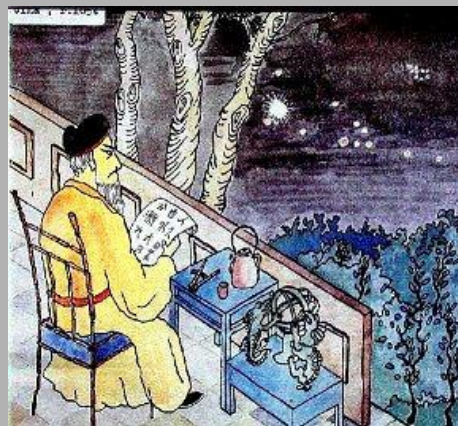
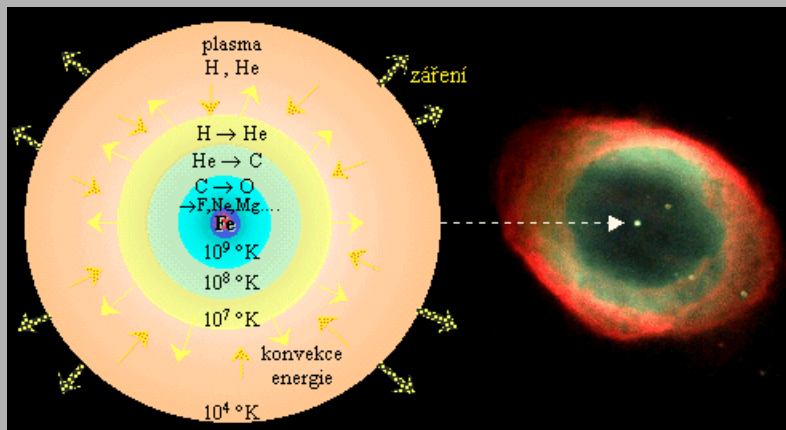


OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY

+ JADERNÁ ASTROFYZIKA

Vyjasnění dynamiky evoluce hvězd:

Vznik hvězdy gravitační kontrakcí - termonukleární reakce - syntéza těžších prvků -
výbuch supernovy → neutronová hvězda - černá díra

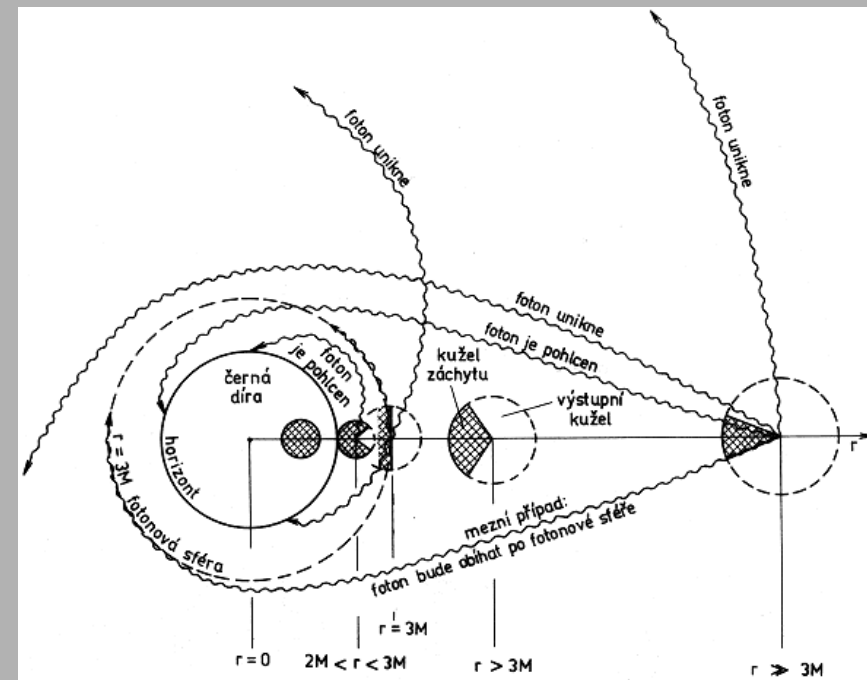
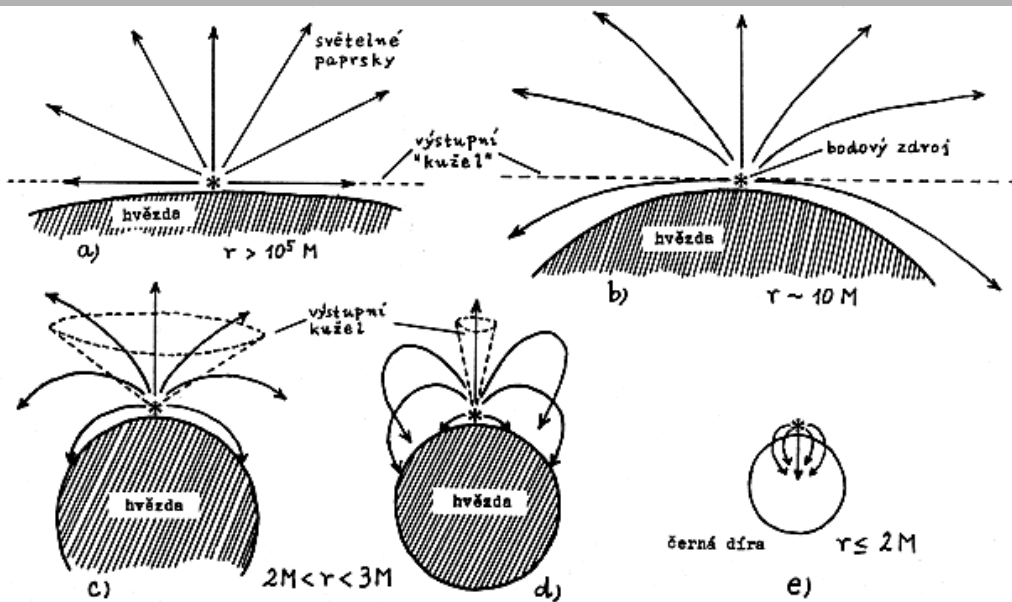


OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY

+ JADERNÁ ASTROFYZIKA

Vyjasnění dynamiky evoluce hvězd:

Vznik hvězdy gravitační kontrakcí - termonukleární reakce - syntéza těžších prvků -
výbuch supernovy → neutronová hvězda - černá díra

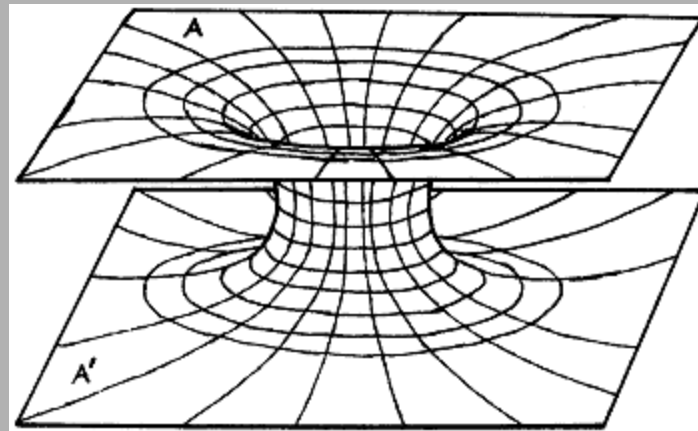
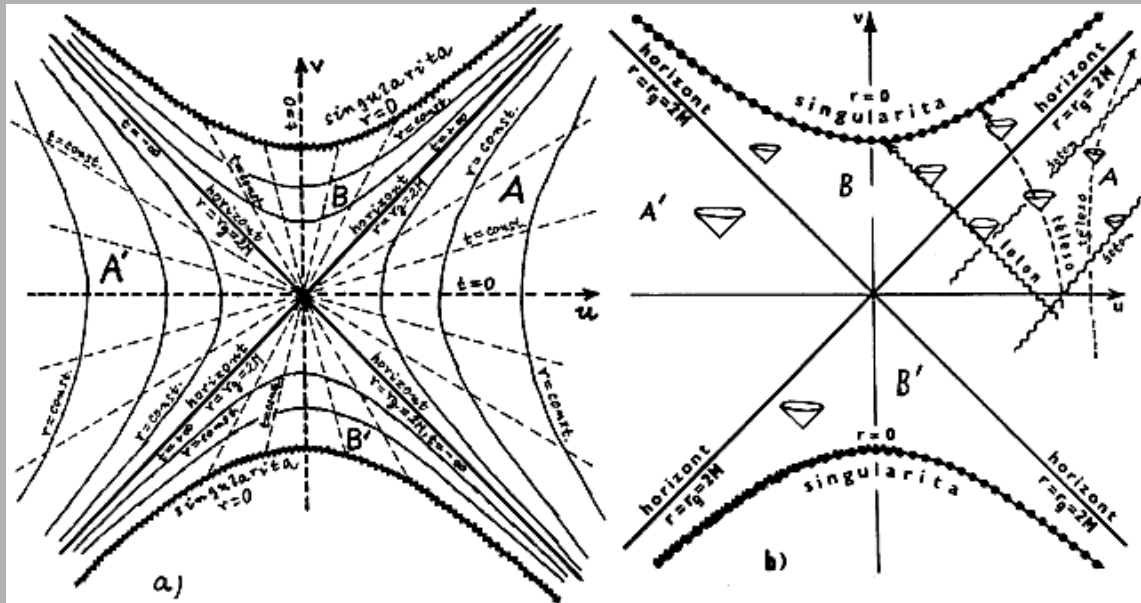


OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY

+ JADERNÁ ASTROFYZIKA

Teorie černých děr:

Schwarzschildovo řešení



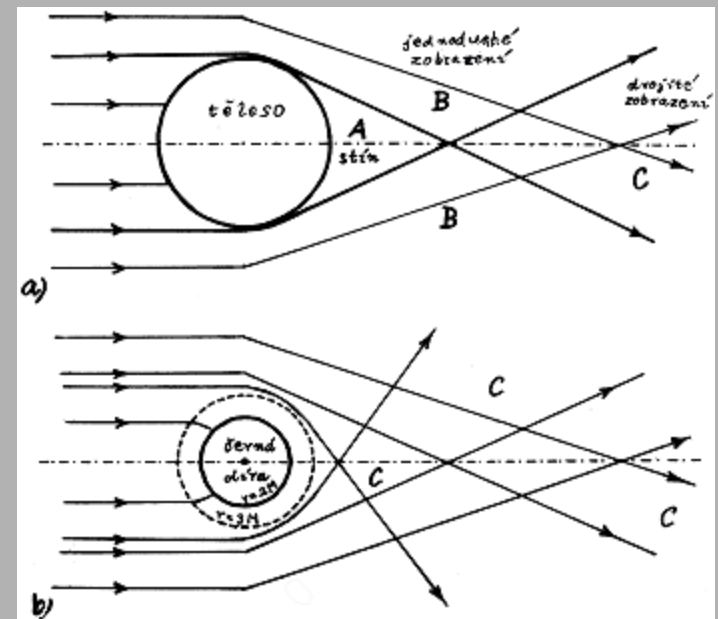
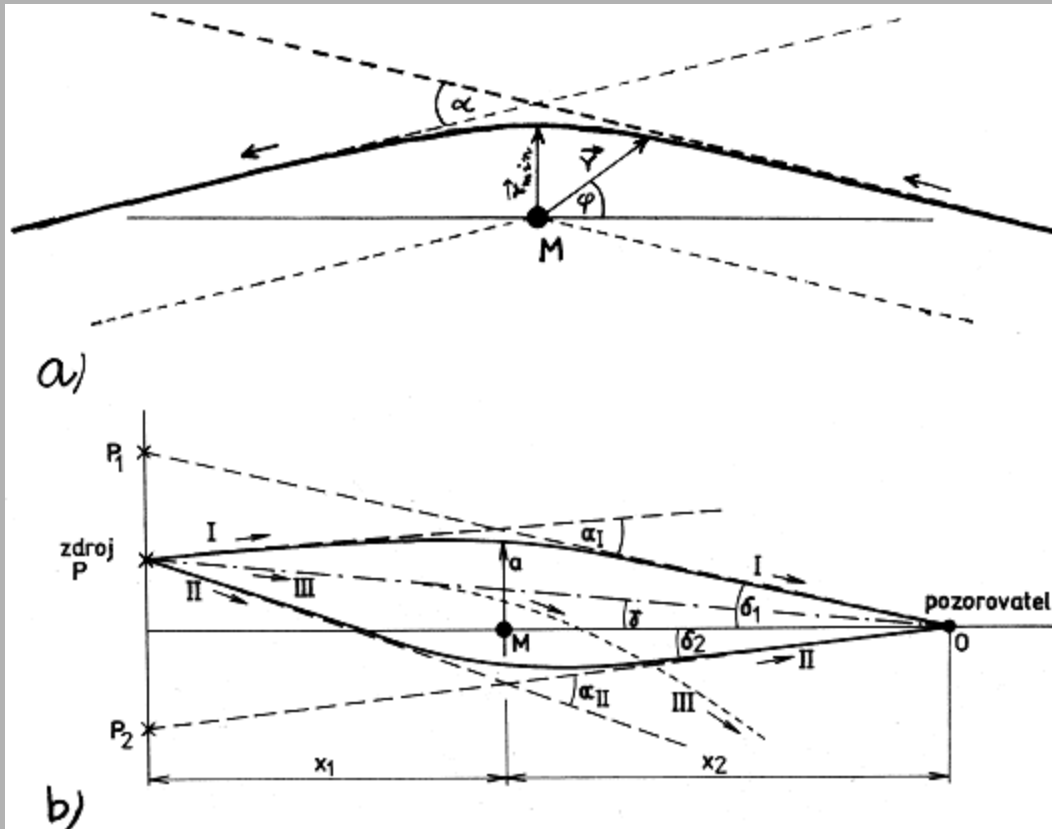
OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY

+ JADERNÁ ASTROFYZIKA

Vyjasnění dynamiky evoluce hvězd:

Vznik hvězdy gravitační kontrakcí - termonukleární reakce - syntéza těžších prvků -
výbuch supernovy → neutronová hvězda - černá díra

Efekt gravitační čočky



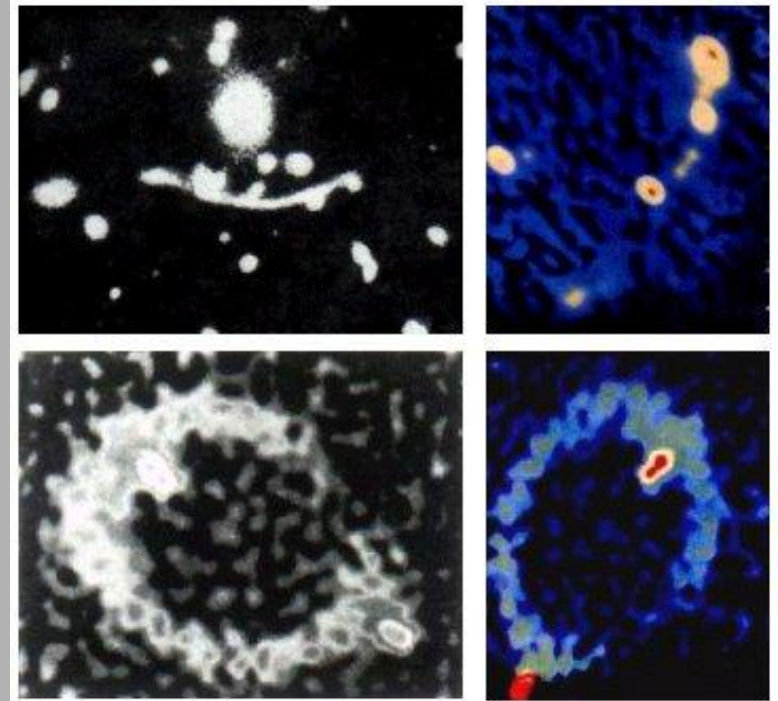
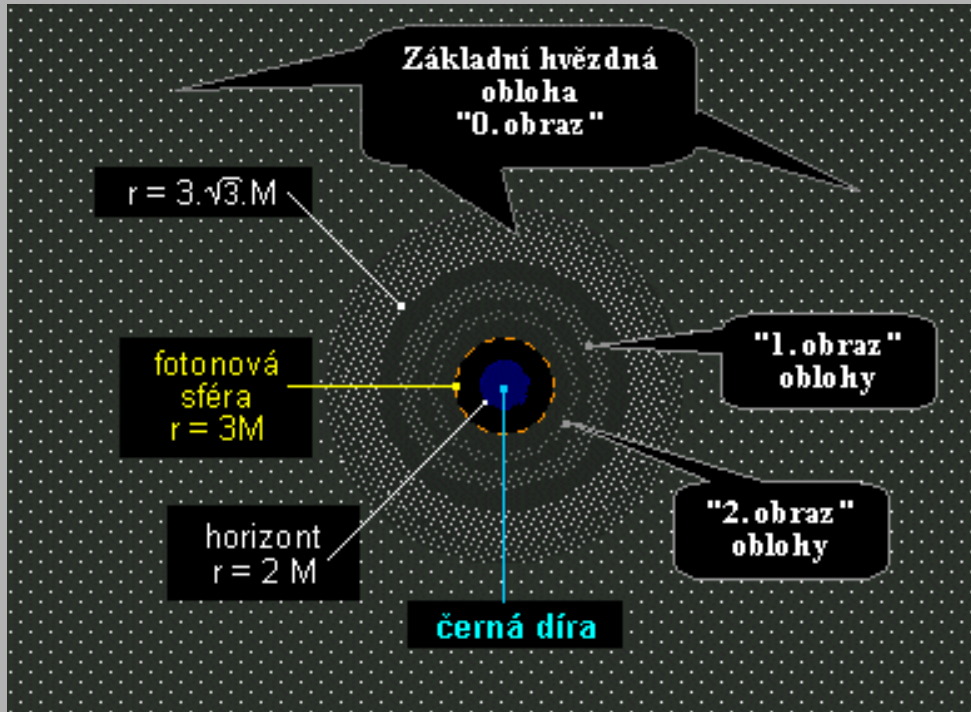
OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY

+ JADERNÁ ASTROFYZIKA

Vyjasnění dynamiky evoluce hvězd:

Vznik hvězdy gravitační kontrakcí - termonukleární reakce - syntéza těžších prvků -
výbuch supernovy → neutronová hvězda - černá díra

Efekt gravitační čočky



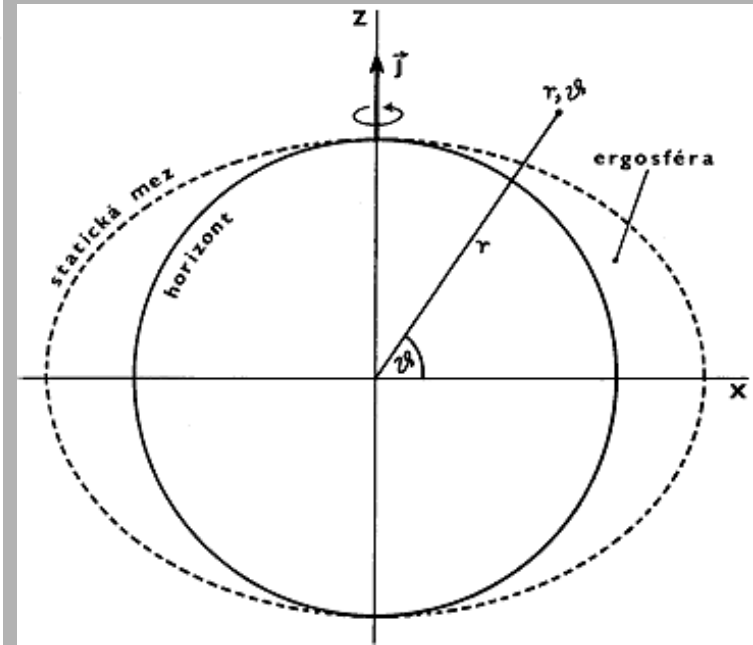
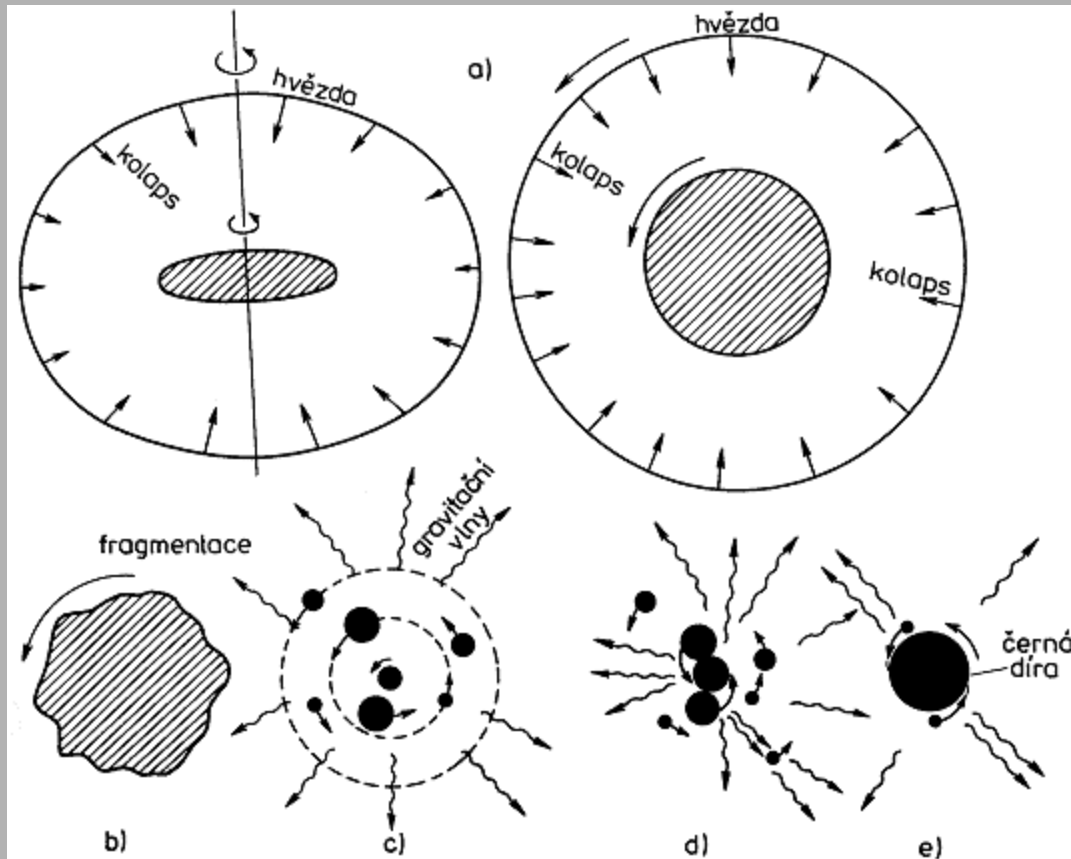
OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY

+ JADERNÁ ASTROFYZIKA

Vyjasnění dynamiky evoluce hvězd:

Vznik hvězdy gravitační kontrakcí - termonukleární reakce - syntéza těžších prvků -
výbuch supernovy → neutronová hvězda - černá díra

Rotující černé díry



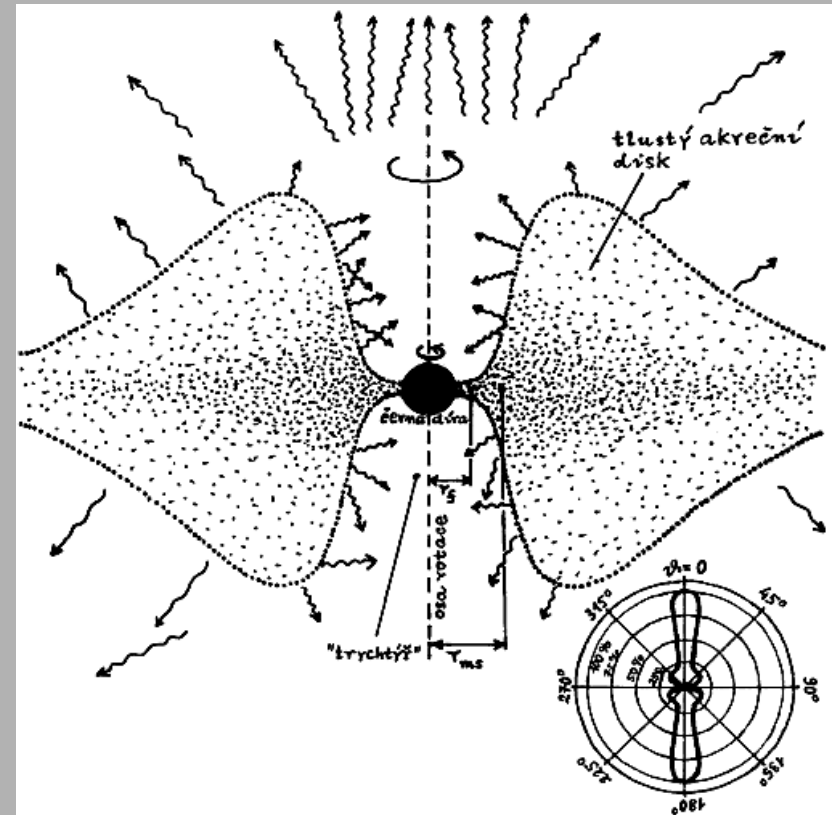
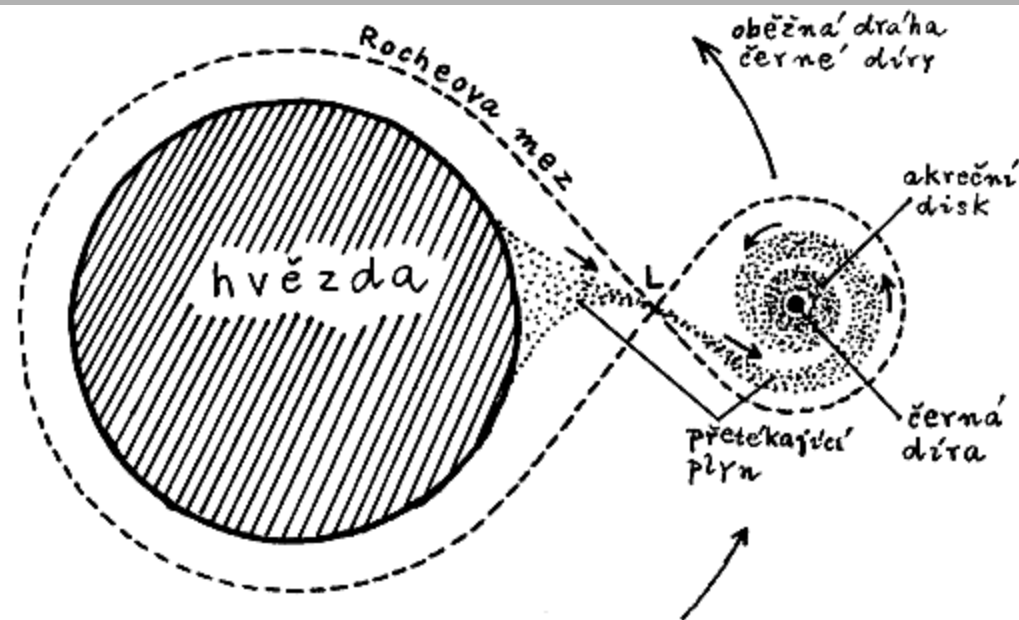
OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY

+ JADERNÁ ASTROFYZIKA

Vyjasnění dynamiky evoluce hvězd:

Vznik hvězdy gravitační kontrakcí - termonukleární reakce - syntéza těžších prvků -
výbuch supernovy → neutronová hvězda - černá díra

Rotující černé díry



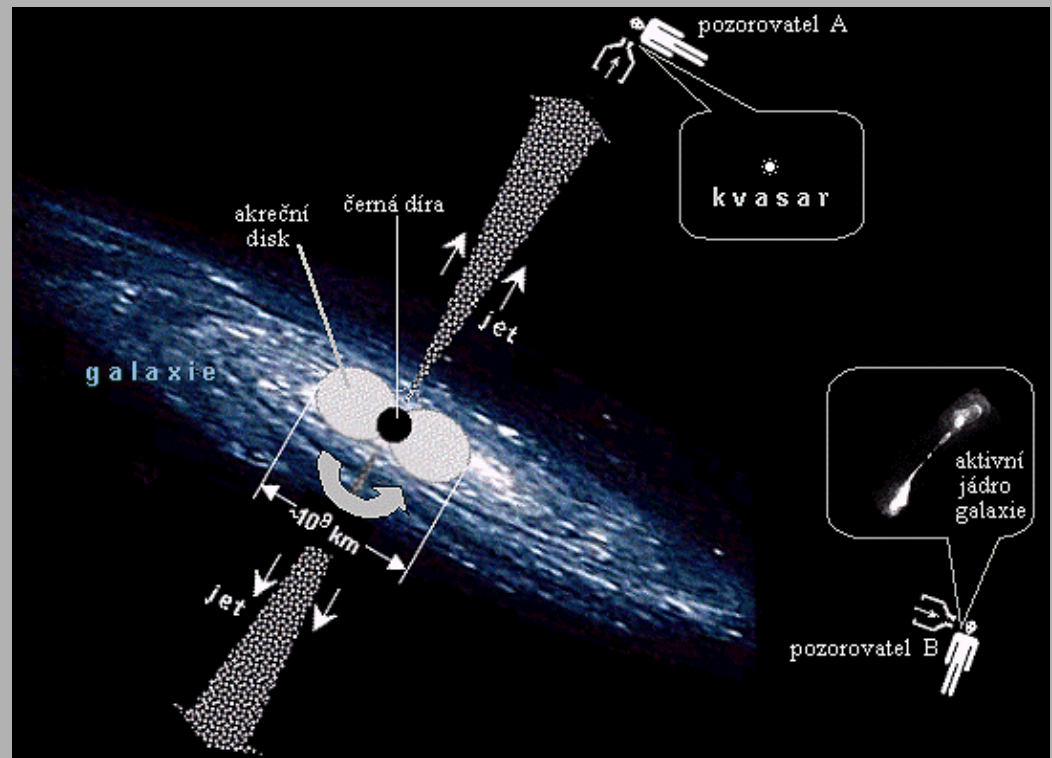
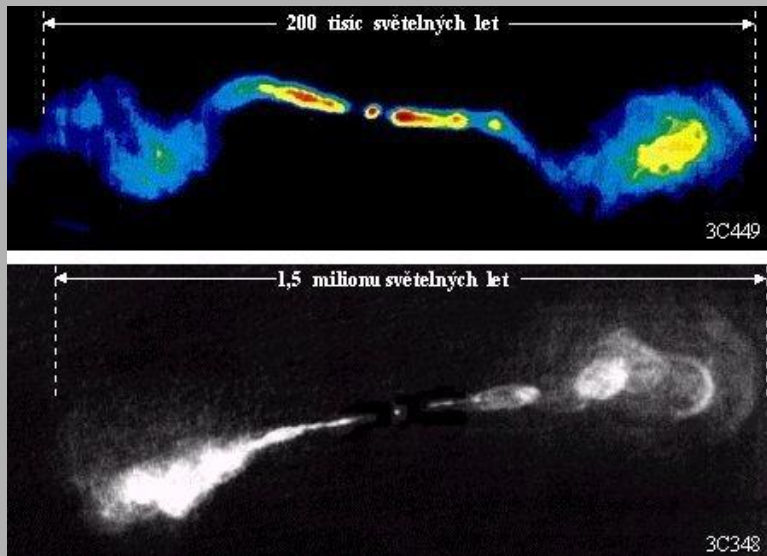
OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY

+ JADERNÁ ASTROFYZIKA

Vyjasnění dynamiky evoluce hvězd:

Vznik hvězdy gravitační kontrakcí - termonukleární reakce - syntéza těžších prvků -
výbuch supernovy → neutronová hvězda - černá díra

Obří rotující černé díry v jádru galaxií - mohutný **akreční disk** - objasnění společné
podstaty kvasarů a aktivních jader galaxií



OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY

+ JADERNÁ ASTROFYZIKA

Vyjasnění dynamiky evoluce hvězd:

Vznik hvězdy gravitační kontrakcí - termonukleární reakce - syntéza těžších prvků -
výbuch supernovy → neutronová hvězda - černá díra

Teorie černých děr

Teorém „černá díra nemá vlasy“

Po "dokončení" gravitačního kolapsu (tj. po vytvoření horizontu a po vymizení všech gravitačních a elektromagnetických vln) je vnější elektromagnetické a gravitační pole stacionární černé díry ve vakuu zcela určeno jen **třemi nezávislými parametry** : celkovou hmotností M , elektrickým nábojem Q a vlastním rotačním momentem hybnosti J , bez ohledu na to, z čeho a jakým způsobem černá díra vznikla.

OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY

+ JADERNÁ ASTROFYZIKA

Vyjasnění dynamiky evoluce hvězd:

Vznik hvězdy gravitační kontrakcí - termonukleární reakce - syntéza těžších prvků -
výbuch supernovy → neutronová hvězda - černá díra

Zákony dynamiky černých děr

0. zákon	<p>černých děr: U stacionární černé díry je povrchová gravitace κ stejná ve všech místech horizontu.</p> <hr/> <p>termodynamiky: Při tepelné rovnováze je teplota T tělesa ve všech místech stejná.</p>
1. zákon	<p>černých děr: $d(Mc^2) = (\kappa c^2/4\pi G) \cdot dA + \Omega_H \cdot dJ + \Phi_H \cdot dQ$</p> <hr/> <p>termodynamiky: $dE = T \cdot dS + \Omega \cdot dJ + \Phi \cdot dQ$ pro axiálně symetrické vodivé těleso rotující úhlovou rychlostí Ω, mající moment hybnosti J, celkovou energii $E = Mc^2$, el. potenciál Φ, náboj Q, teplotu T a entropii S.</p>
2. zákon	<p>černých děr: Celková plocha A horizontů interagujících černých děr se s časem nemůže zmenšovat.</p> <hr/> <p>termodynamiky: Entropie S izolované soustavy se s časem nemůže zmenšovat.</p>
3. zákon	<p>černých děr: Černou díru nelze konečným počtem kroků "roztočit" na extrémní černou díru, pro kterou je $\kappa = 0$.</p> <hr/> <p>termodynamiky: Těleso nelze konečným počtem kroků ochladit na teplotu $T=0$ absolutní nuly.</p>

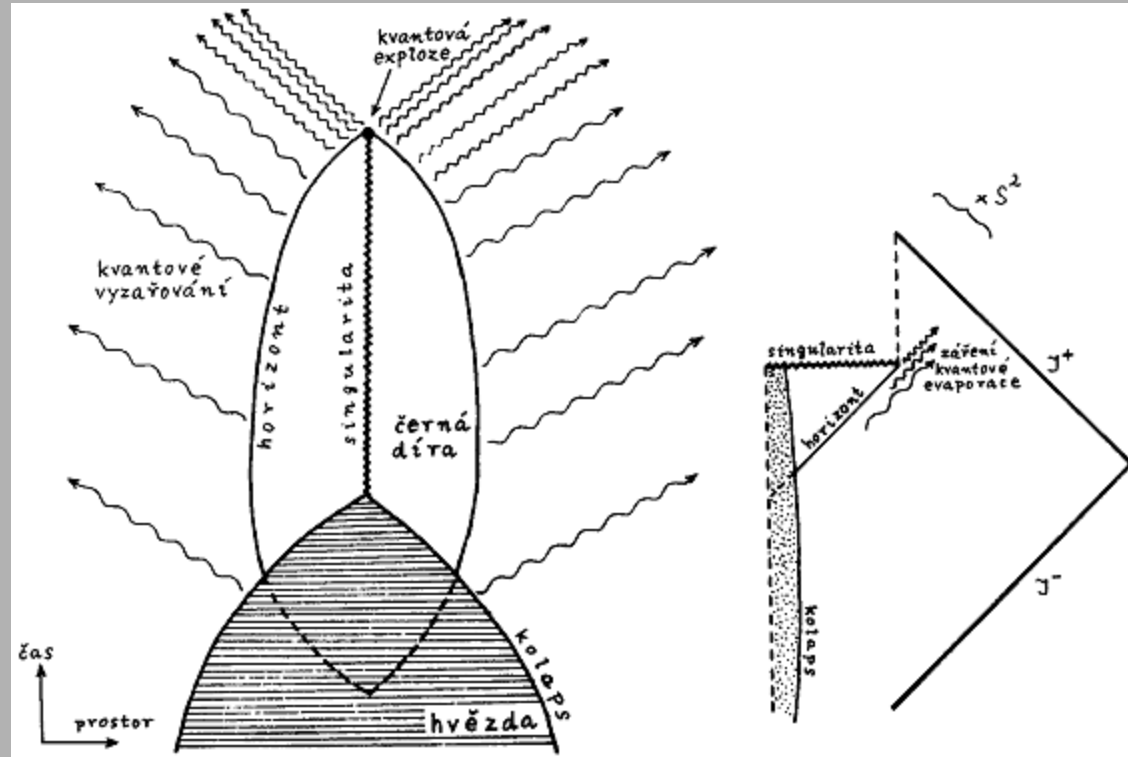
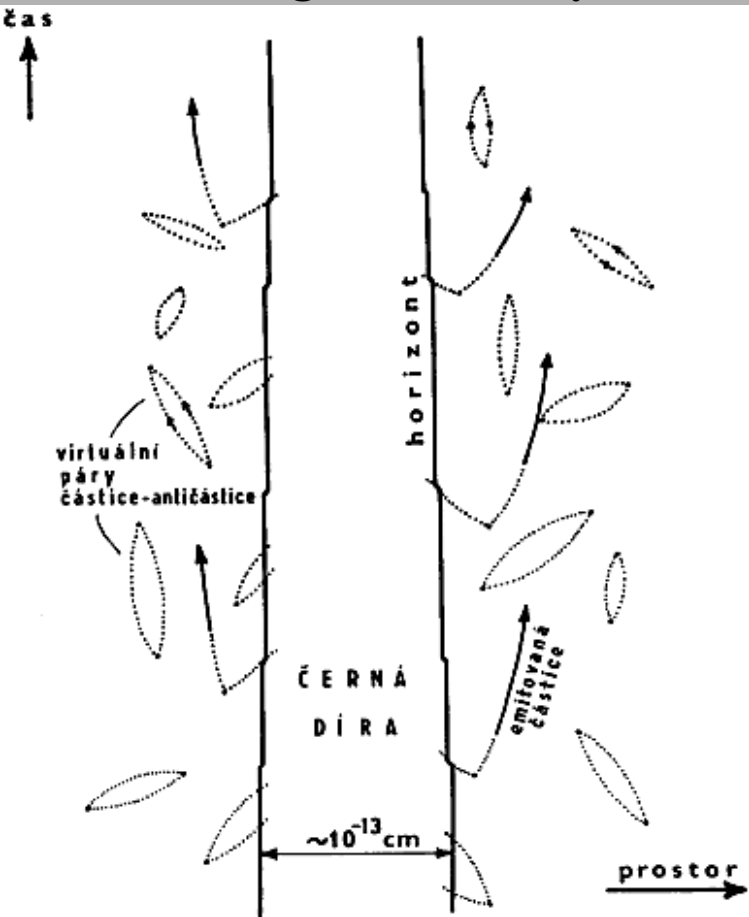
OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY

+ JADERNÁ ASTROFYZIKA

Vyjasnění dynamiky evoluce hvězd:

Vznik hvězdy gravitační kontrakcí - termonukleární reakce - syntéza těžších prvků -
výbuch supernovy → neutronová hvězda - černá díra

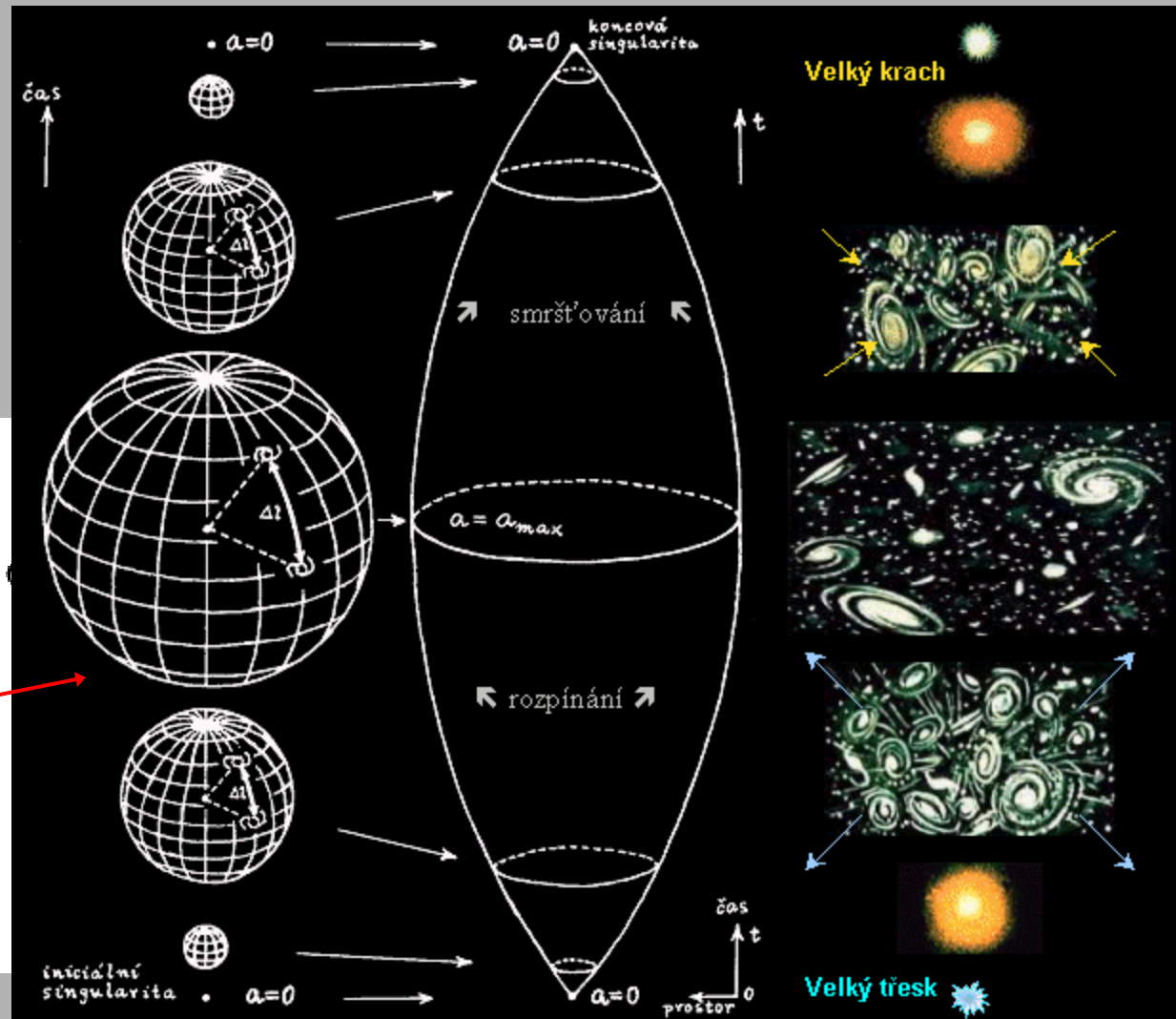
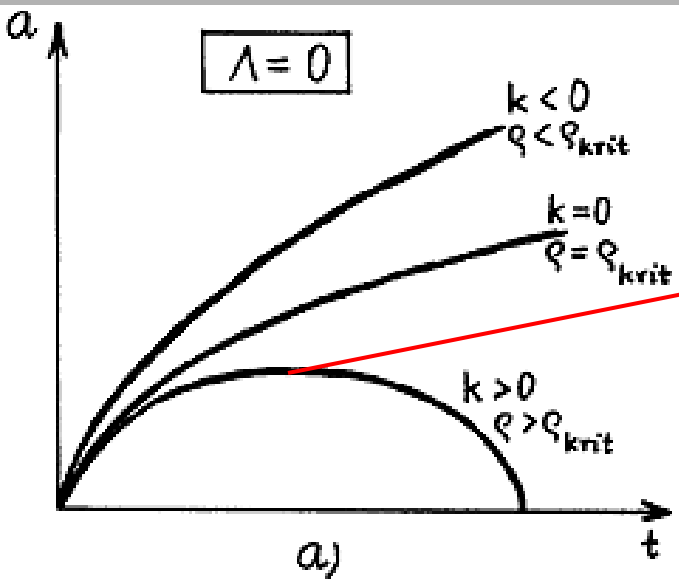
S.Hawking: Kvantová fyzika + teorie černých děr - **kvantové vypařování černých děr**



OBEČNÁ TEORIE RELATIVITY + KOSMOLOGIE

RELATIVISTICKÁ KOSMOLOGIE

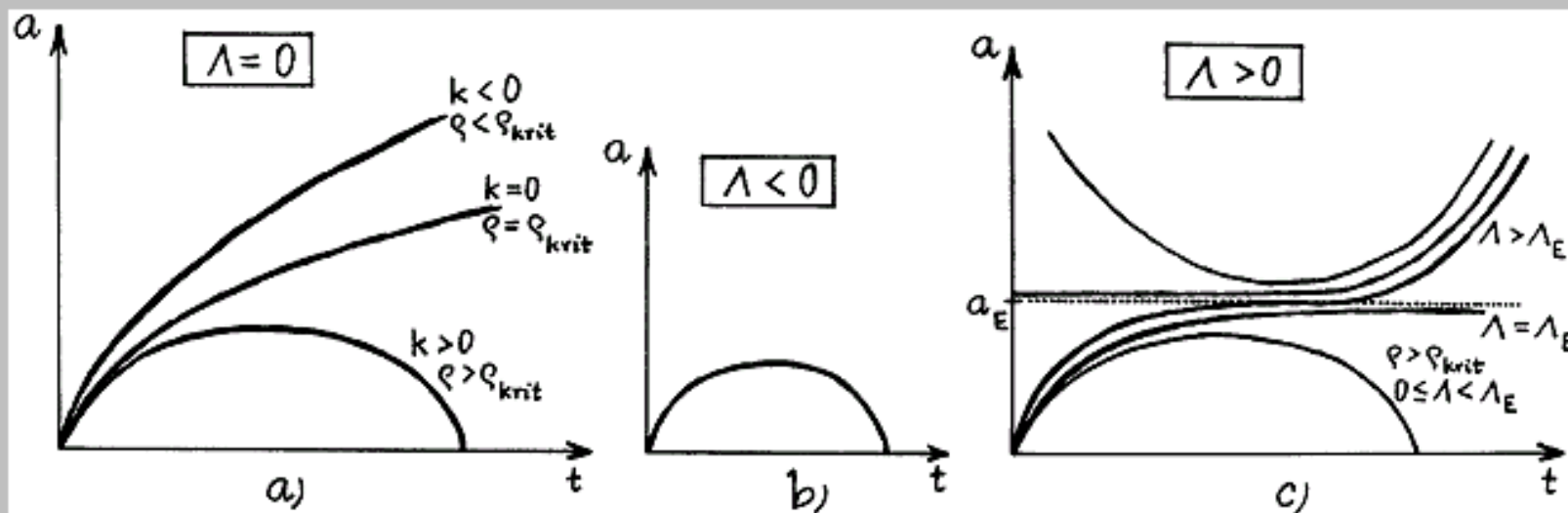
Fridmanovy dynamické modely vesmíru



OBECNÁ TEORIE RELATIVITY + KOSMOLOGIE

RELATIVISTICKÁ KOSMOLOGIE

„renezance“ kosmologické konstanty !

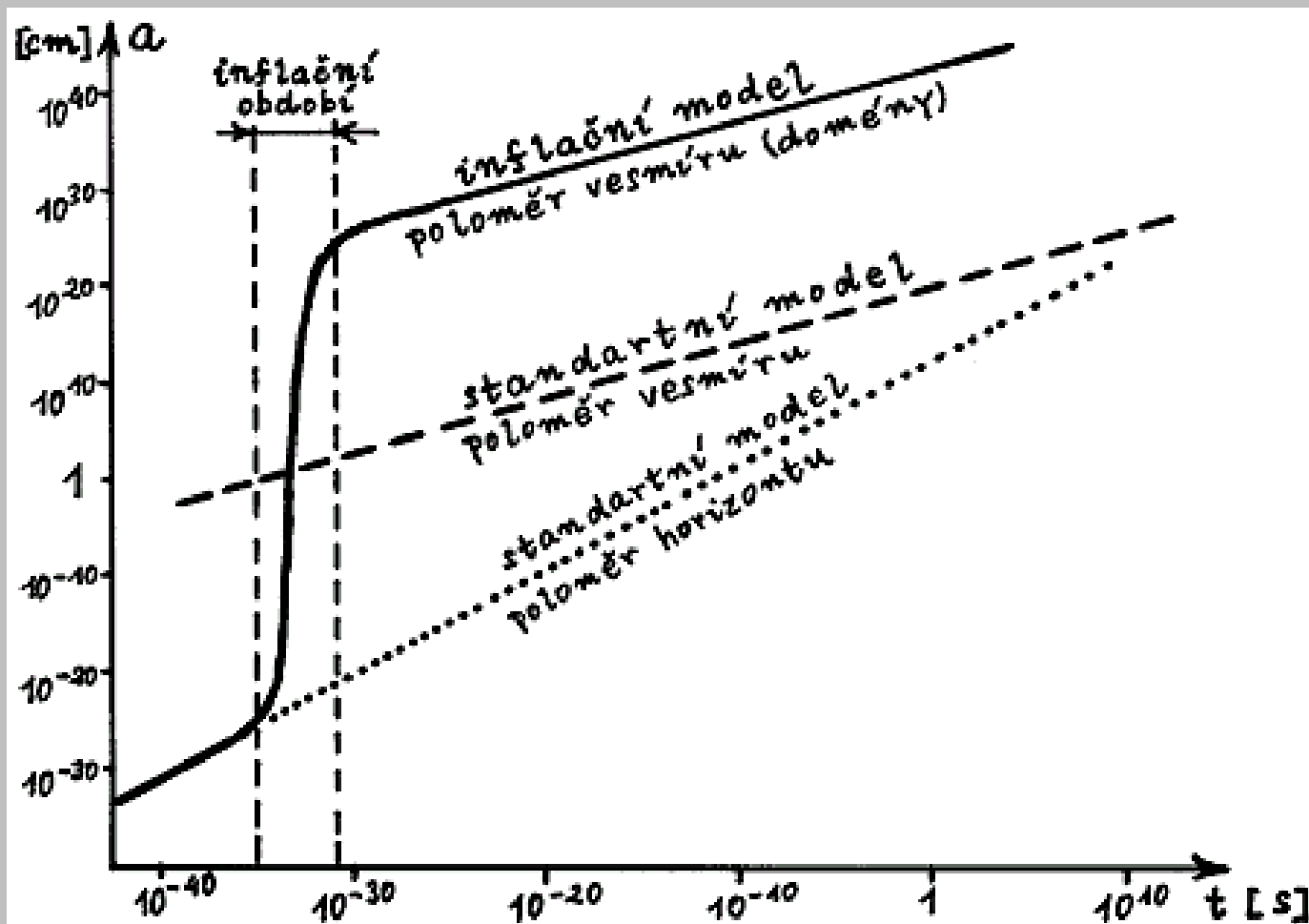


Obr. 5.3. Evoluce kosmologických modelů (časový průběh poloměru a vesmíru) v závislosti na hodnotě kosmologické konstanty Λ a hustotě rozložení hmoty ρ .

(a_E a Λ_E na obr. vpravo značí hodnoty poloměru vesmíru a kosmologické konstanty odpovídající Einsteinovu kosmologickému modelu)

Velmi raný vesmír:

Kratičká fáze „**inflační expanze**“ s exponenciálně narůstající rychlostí → **antigravitace**



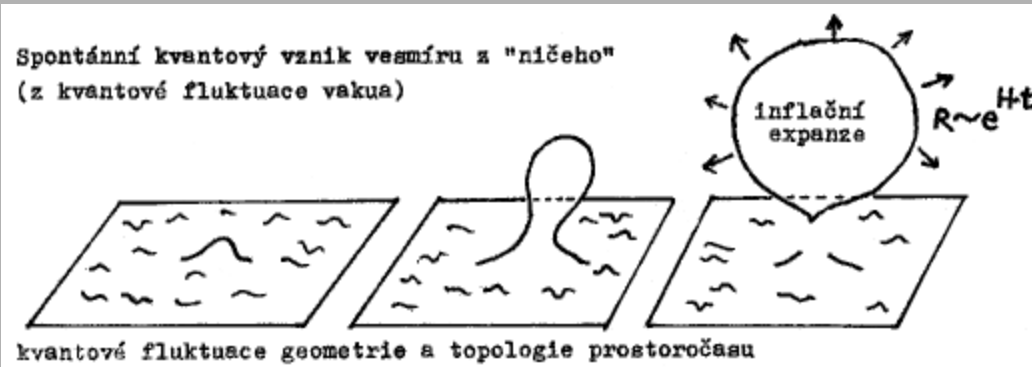
Obr. 5.8. Časový průběh expanze vesmíru podle inflačního modelu ve srovnání se standardním kosmologickým modelem.

UNITÁRNÍ TEORIE POLE

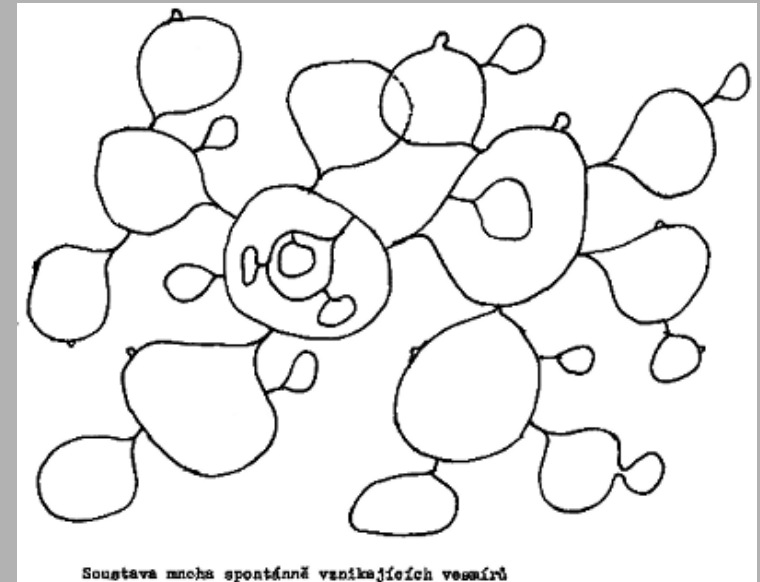


KVANTOVÁ KOSMOLOGIE

Mnoho vesmírů



Chaotická inflace



Úplná kosmologická teorie vysvětlující vznik, strukturu a vývoj vesmíru (mnoha vesmírů)

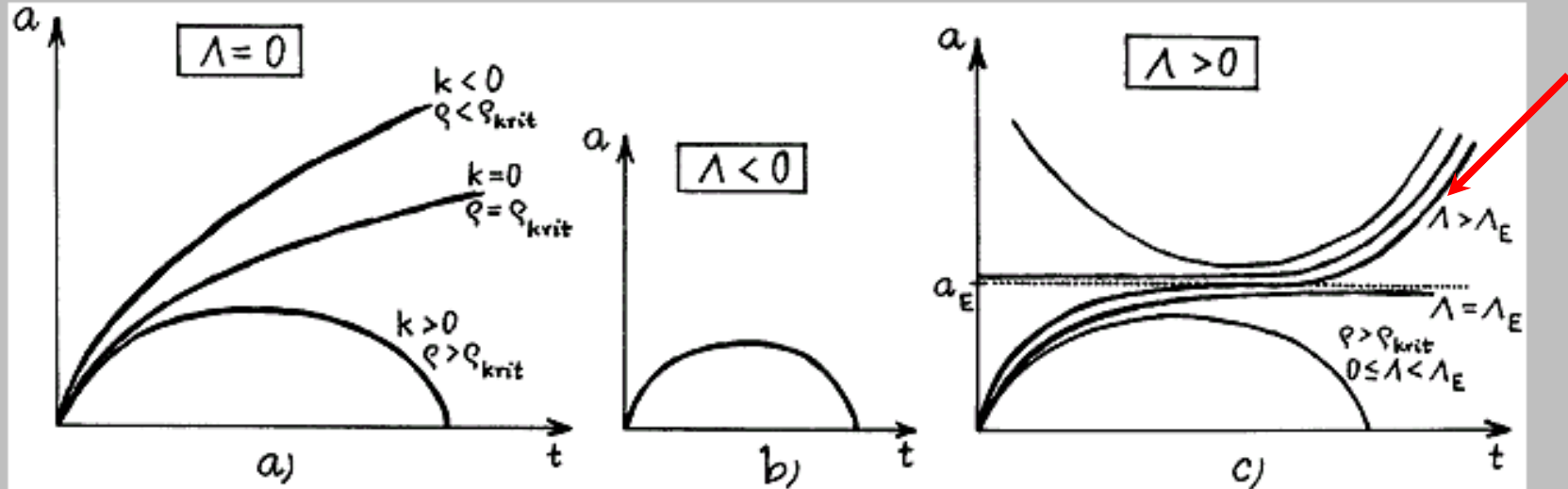
Nový objev → kosmologické překvapení :

Přesná měření vzdáleností a rudých posuvů supernov typu Ia



Expanze vesmíru se patrně nezpomaluje, ale naopak **zrychluje !**

Byla vyslovena hypotéza, že toto zrychlující se rozpínání je způsobeno vše prostupující vakuovou tzv. "**temnou energií**" se **zápornou hustotou energie** natolik velkou, že překonává gravitační působení veškeré hmoty ve vesmíru.

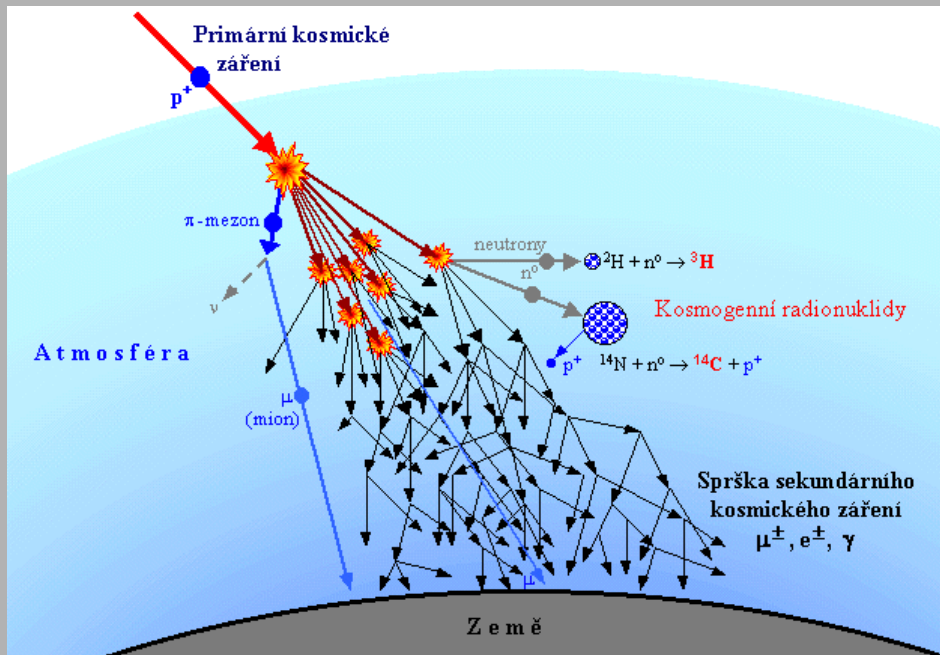


Obr. 5.3. Evoluce kosmologických modelů (časový průběh poloměru a vesmíru) v závislosti na hodnotě kosmologické konstanty Λ a hustotě rozložení hmoty ρ .

(a_E a Λ_E na obr. vpravo značí hodnoty poloměru vesmíru a kosmologické konstanty odpovídající Einsteinovu kosmologickému modelu)

ASTROFYZIKA - KOSMOLOGIE

KOSMICKÉ ZÁŘENÍ



Jak a kde kosmické záření vzniká?

Co je to za vesmírný urychlovač?

- plynulé urychlování?
- katastrofické astrofyzikální procesy?

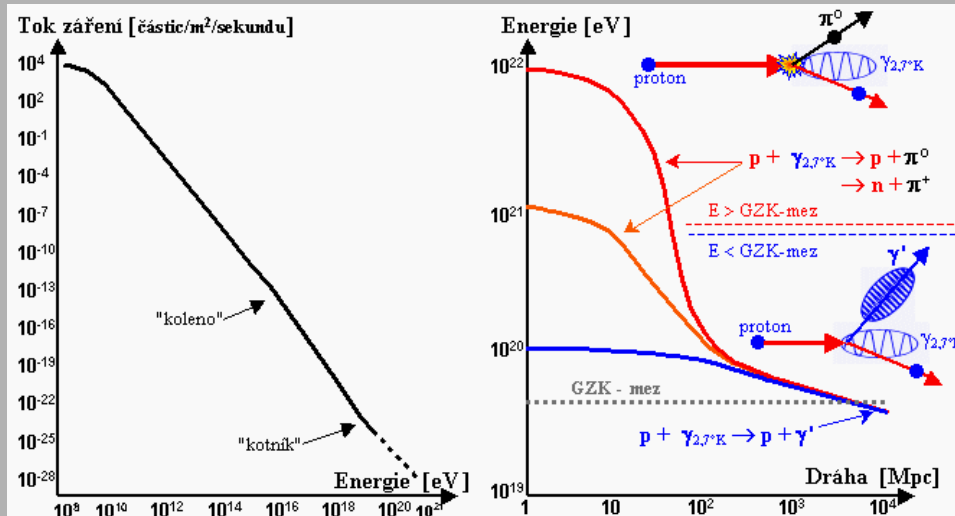
❖ **výbuch supernovy**

❖ **pohlcování hmoty černou dírou**

Nalezení směru - velký problém (mag.pole)

Pouze protony nejvyšších energií jsou málo zakřiveny

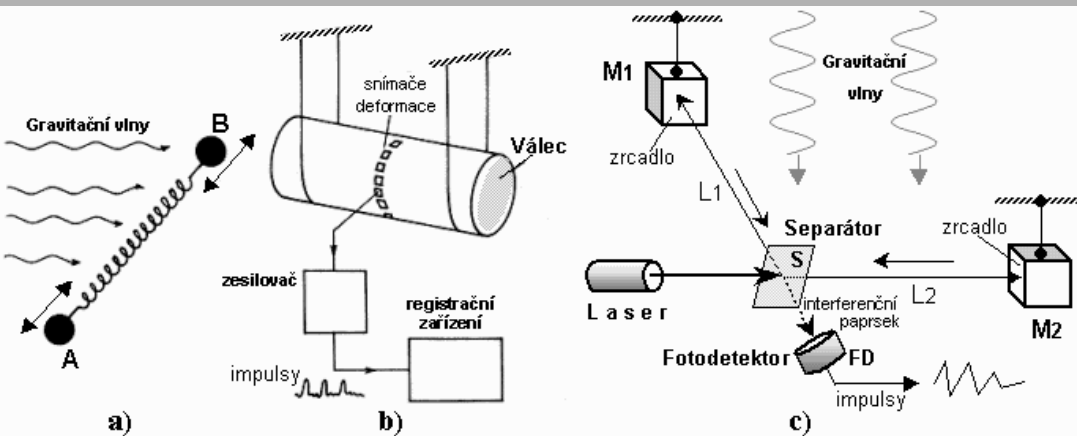
Observatoř Pierre Auger



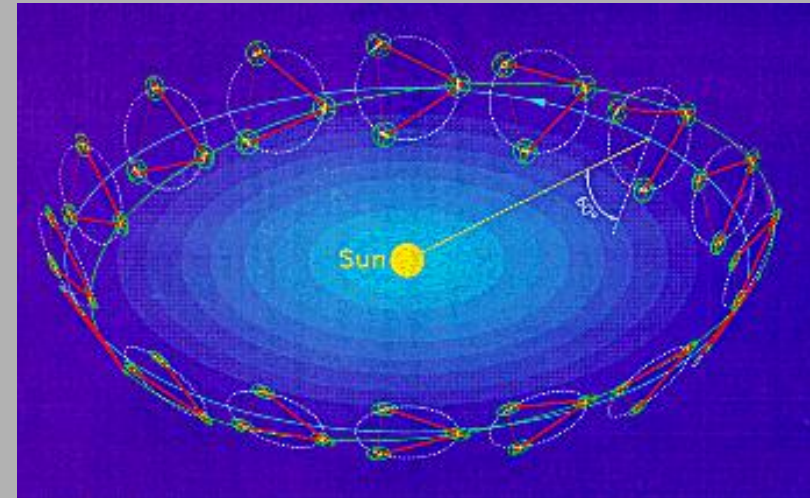
ASTROFYZIKA - KOSMOLOGIE

GRAVITAČNÍ VLNY

Detekce gravitačních vln



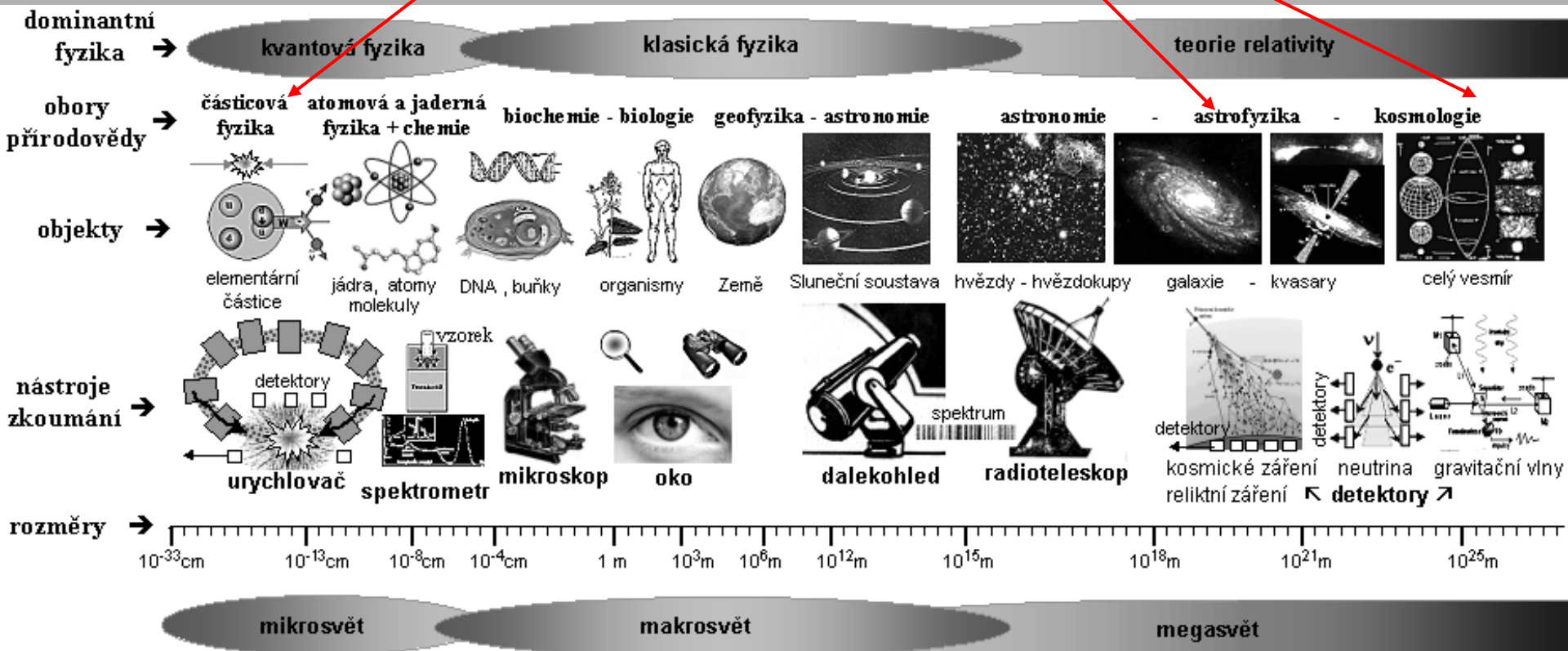
LISA (Laser Interferometer Space Antenna)



Mikrosvět - Makrosvět - Megasvět

zde nás čekají největší

**dobrodružství
poznání**



JAK TEDY VIDÍM SVĚT ? (filosofická stránka)

1. Nevěřím v žádné náboženské legendy

Některé z nich oceňuji jako „krásné pohádky“ s kladným etickým poselstvím. Z přírodovědného hlediska se však jedná o primitivní „záplatování“ naší nevědomosti. Často používám slovo „**Bůh**“, avšak jen jako **metaforu**!

Murphy: „**Věřit znamená být přesvědčen o něčem, co není pravda**“

„**Veškeré náboženství patří do muzea**“ - v pozitivním smyslu!

Uznávám **buddhismus, taoismus** - ovšem jen některé stránky!

Jsem hluboce věřící v tajemnou imanentní harmonii kosmu - **panteismus**

2. Věřím v poznatelnost světa racionálním rozumem

SVĚT = objektivní realita : „**oduševněný**“ **materialismus** = přirozená platforma přírodovědného poznání

Zastávám světový názor založený na **objektivním vědeckém poznání** - kritickém a skeptickém (Occamova a Humeova „**břitva**“) -

Mým ideálem je **UNITÁRNÍ TEORIE POLE** - „**teorie všeho**“

3. Nevěřím v „šarlatánské“ směry:

astrologie, alchymie, parapsychologie („**psychotronika**“), aura, kosmická energie, geopatogenní zóny, homeopatie, ...

JAK TEDY VIDÍM SVĚT ? (společenská stránka)

4. Levicová orientace, pacifismus

Úcta ke všem slušným lidem bez ohledu na jejich majetek a postavení. Hodnotím lidi podle toho, co jsou ochotni **udělat pro jiné a pro dobrou věc**, nikoli podle toho, co jsou schopni **získat ("urvat")** pro sebe!

Idea **rovnosti všech lidí** ve vzájemné úctě a solidaritě:

- solidární společnost svobodných lidí -

Akcentuji to, co lidi **spojuje**, nikoli co je rozděluje!

5. Skromnost v ústraní

Nevydal jsem se cestou sbírání vědeckých titulů a hodností, ani vědecké soutěživosti, ctižádosti a konkurence.

Dávám přednost **nezávislému přemítání v ústraní**.

Buddhistický názor: ***Kdo nezná a neví - mluví. Kdo zná - mlčí.***

(nemělo by to ale být absolutní: proti nepravdě je třeba otevřeně vystoupit!)

Úcta k bližním: věřím, že téměř **každý člověk je v něčem lepší než já!**

Neuznávám žádné authority ani autoritativní lidi - **přirozená autorita** by měla být dána morálním charakterem a skutečnými vědomostmi a umem.

Zkušenost: autoritativně vystupující člověk má **vadu** buď v charakteru, nebo ve vědění.

JAK TEDY VIDÍM SVĚT ? (gnoseologická stránka)

5. Radost z poznání

Jak **funguje** náš svět? Jaká je **podstata** věcí a událostí? Vědecké poznání nás vede k hluboké **úctě** před velkolepostí skrytého řádu a "rozumu", který je imanentně vtělen v bytí.

A přátelské sdílení inspirace a radosti z poznávání **krás a tajemství přírody a vesmíru** s ostatními kolegy a "spřízněnými dušemi" na této cestě...

6. Etická úloha vědeckého poznání

Prostřednictvím vnitřně pochopeného vědeckého poznání můžeme dosáhnout **osvobození** od pout malichernosti a sobectví, dosáhnout zduchovnění našeho chápání světa a **zušlechtění** vzájemných vztahů mezi sebou i k živé a neživé přírodě.

JAK TEDY VIDÍM SVĚT ? (gnoseologická stránka)

7. Cesta poznání

Když se člověk v mládí vydává na cestu poznání, neví a neumí skoro nic. Má jen hlavu otevřenou a v srdci touhu poznat a pochopit **všechno**. Pak celý život zvolna chodí po břehu oceánu neznámého a skromně sbírá střípky poznání.

Na konci své cesty toho nezná o mnoho víc než na začátku. Poznal a pochopil sice hodně z fungování světa - současné poznání nás naplňuje radostí! Avšak ta nejvnitřnější podstata všech jevů a událostí, **prapříčina všeho**, je nám stejně vzdálena jako na začátku...

8. Osobní omezenost

Člověk by toho chtěl tolik poznat - prozkoumat, prostudovat, pochopit, předat dál - avšak času a sil se nedostává ...

Dnes chápu mnohé věci, které jsem dříve nechápal; ale zase přestávám rozumět jiným věcem, které jsem předtím pokládal za samozřejmé...

příklad: kvantová fyzika , elektrodynamika (původ elektrických sil, magnetismu - jaká struktura v elektronu svým pohybem budí magnetické pole? - resp. zhuštěninou jakého unitárního pole je elektron?? - odkaz na topologii elektr. náboje)

Astrofyzika a kosmologie :

Lidská beznaděj ?

Nebezpečí pro lidstvo:

◆ **Pozemské** - války, energetické krize, ekologické katastrofy, změny klimatu

◆ **Kosmické**

Srážky s asteroidy - „**žijeme na kosmické střelnici**“! - zítra? - 10^4 let?

Výbuch blízké supernovy - zničující záblesk **kosmického záření**. ←

Vyhoření Slunce - **rudý obr** - pohlcení vnitřních planet včetně Země
- za cca 5 miliard let.

Podají se lidem do té doby uniknout ze Země a Sluneční soustavy?

Koncepce „**transhumanismu**“ ???

Osud Vesmíru:

Uzavřený vesmír - fatální konec v ohnivé peci „**velkého krachu**“ -
- zcela beznadějné!

Otevřený vesmír - dlouhodobá perspektiva, snad 10^{60} - 10^{90} let;
nakonec však „**tepelná smrt**“ vesmíru.

Nastíněné otázky jsou podrobněji diskutovány na
www-stránách:

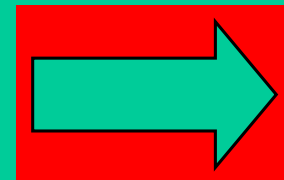
„**AstroNuklFyzika**“

Jaderná fyzika - Astrofyzika - Kosmologie - Filosofie

[www.AstroNuklFyzika .cz](http://www.AstroNuklFyzika.cz)

AstroNuklFyzika

Drobný pokus pro rozptýlení :



PŘÍRODA - SVĚT

MAKROSVĚT $10^{-8} \text{ m} < d < 10^3$ světelných let

Klasická fyzika (Newtonovská mechanika, termodynamika, elektrodynamika ...)

MIKROSVĚT - nitro hmoty $d < 10^{-8} \text{ cm}$

Kvantová fyzika, atomistika, jaderná fyzika, elementární částice

MEGASVĚT - vzdálený vesmír $d > 10^3$ světelných let

Speciální teorie relativity – vysoké rychlosti → dilatace času, kontrakce délek

Obecná teorie relativity – gravitace → **zakřivený prostoročas**

VĚDY O VESMÍRU :

ASTRONOMIE - nejstarší věda

Pozorování jevů ve vesmíru, hledání zákonitostí a pravidelností

⇒ empirické předpovědi astronomických úkazů.

Astrologie - domnělé souvislosti událostí na Zemi s „nebeskými“ úkazy.

ASTROFYZIKA

Fyzikální vysvětlení a interpretace jevů ve vesmíru

Gravitace - dominantní síla ve vesmíru

Gravitace + obecná teorie relativity → **relativistická astrofyzika**

Astrofyzika + jaderná fyzika → **jaderná astrofyzika**

KOSMOLOGIE

Věda o stavbě, vzniku a vývoji vesmíru jako celku

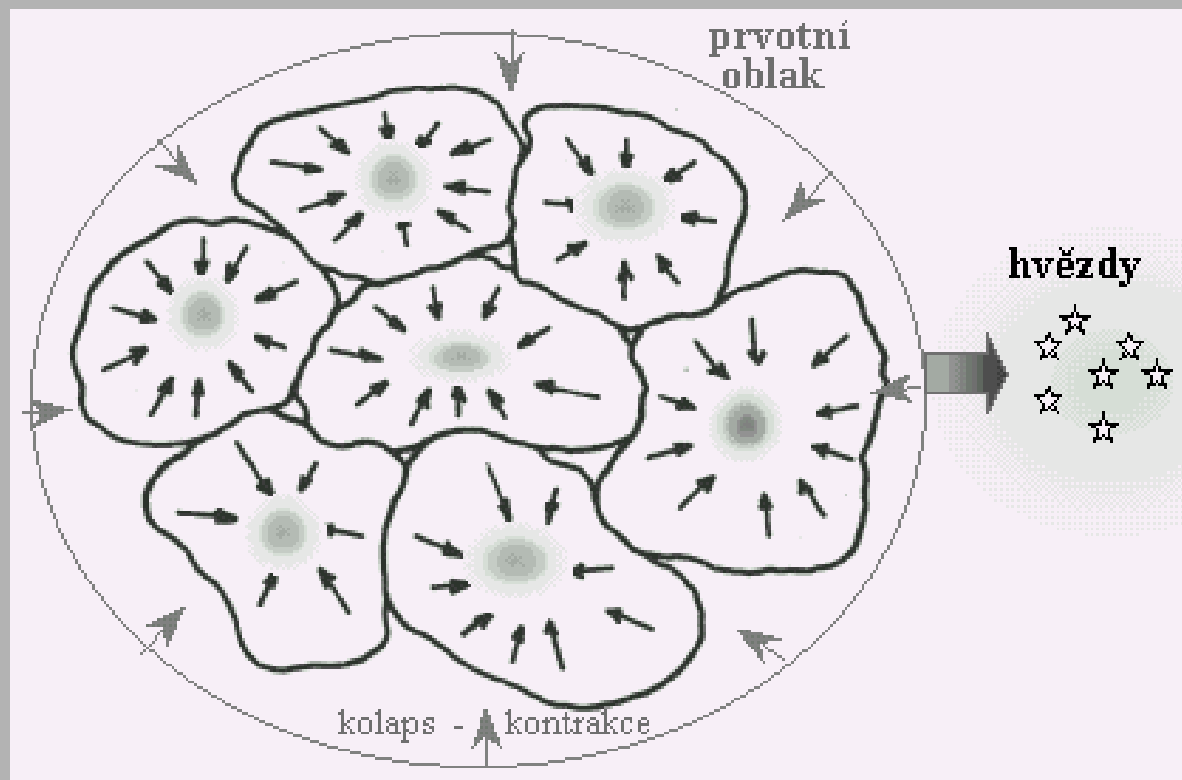
Gravitace - síla určující strukturu a evoluci vesmíru

Gravitace + obecná teorie relativity → **relativistická kosmologie**

ASTROFYZIKA - fyzikální jevy ve vesmíru

Gravitace - základní síla určující jevy ve vesmíru

Vznik hvězd



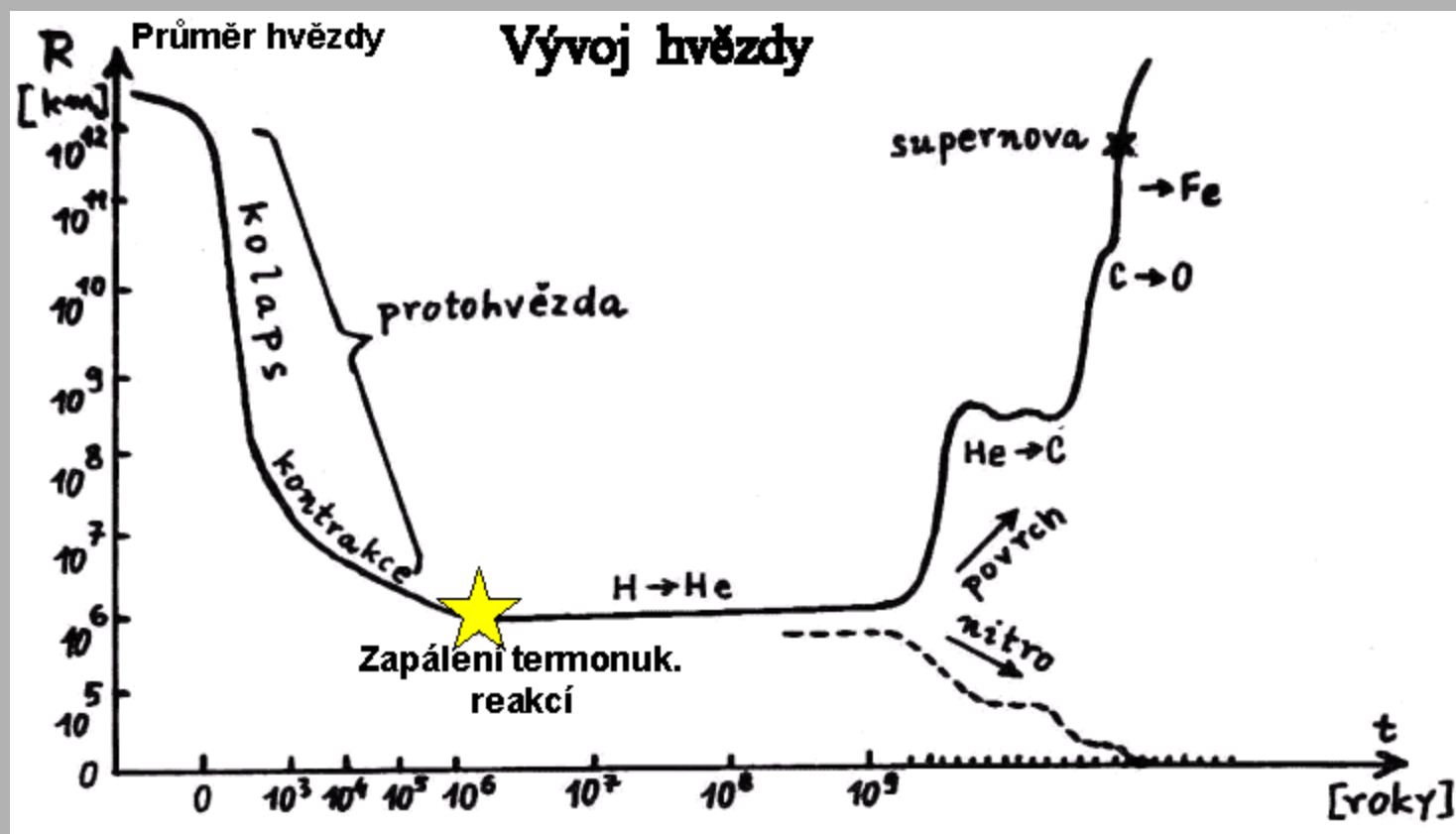
Ve smršťujícím se oblaku mohou vzniknout okrsky, v nichž gravitační kontrakce probíhá rychleji než v okolí (gravitační nestability). Z těchto jednotlivých okrsků se pak formují protohvězdy a nakonec hvězdy, které vznikají zpravidla ve skupinách.

ASTROFYZIKA - fyzikální jevy ve vesmíru

Jaderná astrofyzika:

Aplikace zákonů a jevů jaderné fyziky na procesy probíhající ve vesmíru

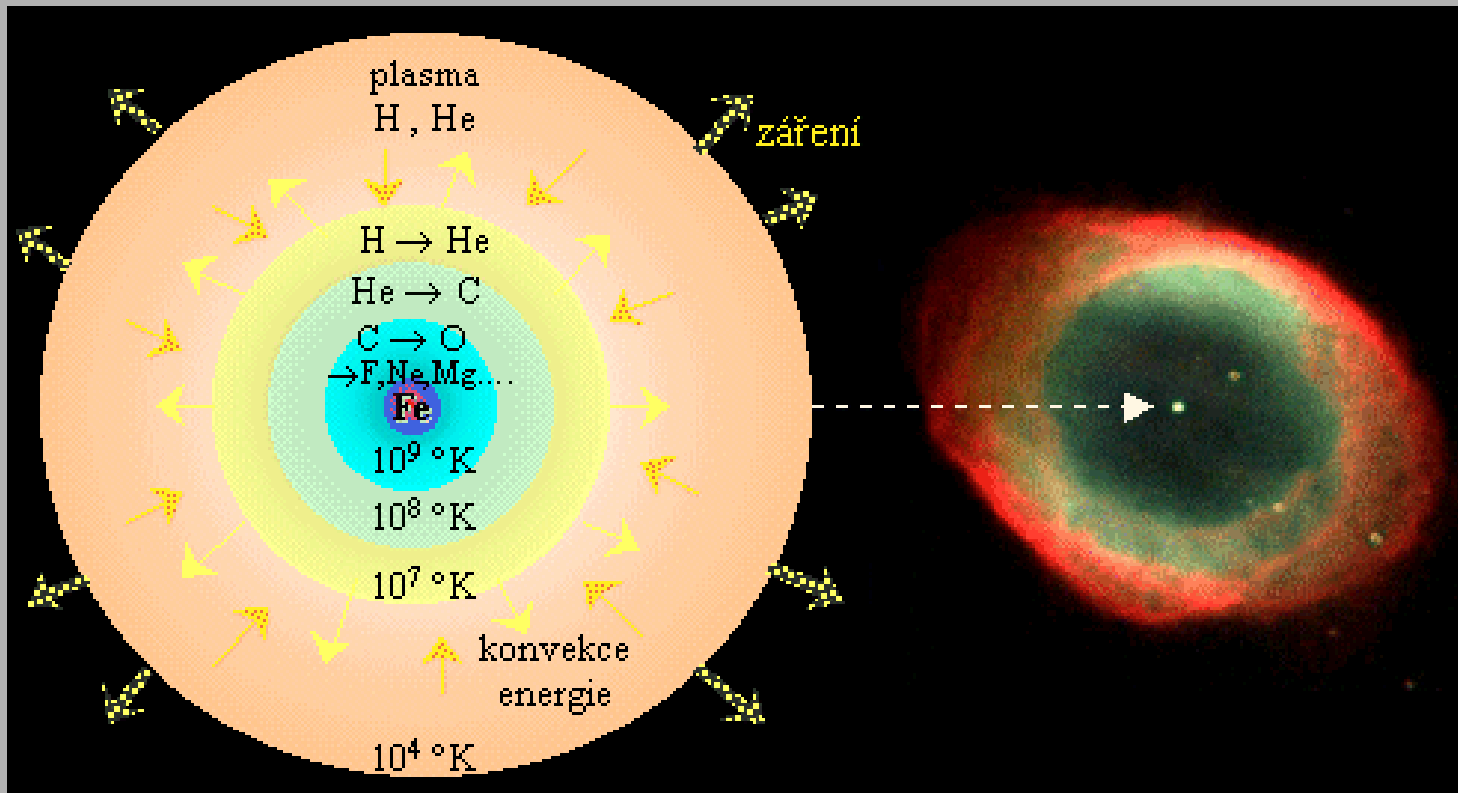
termonukleární reakce jako zdroj energie hvězd



ASTROFYZIKA - fyzikální jevy ve vesmíru

Jaderná astrofyzika: Aplikace zákonů a jevů jaderné fyziky na procesy probíhající ve vesmíru

1. Termonukleární reakce - zdroj energie hvězd



2. Hvězdy - alchymistické kotle vesmíru

Výbuch supernovy

Vtlačení e^- do jader, jejich pohlcení a sloučení s p^+ (analogie K-záchytu)



Zároveň: vznik nejtěžších prvků vč. transuranů

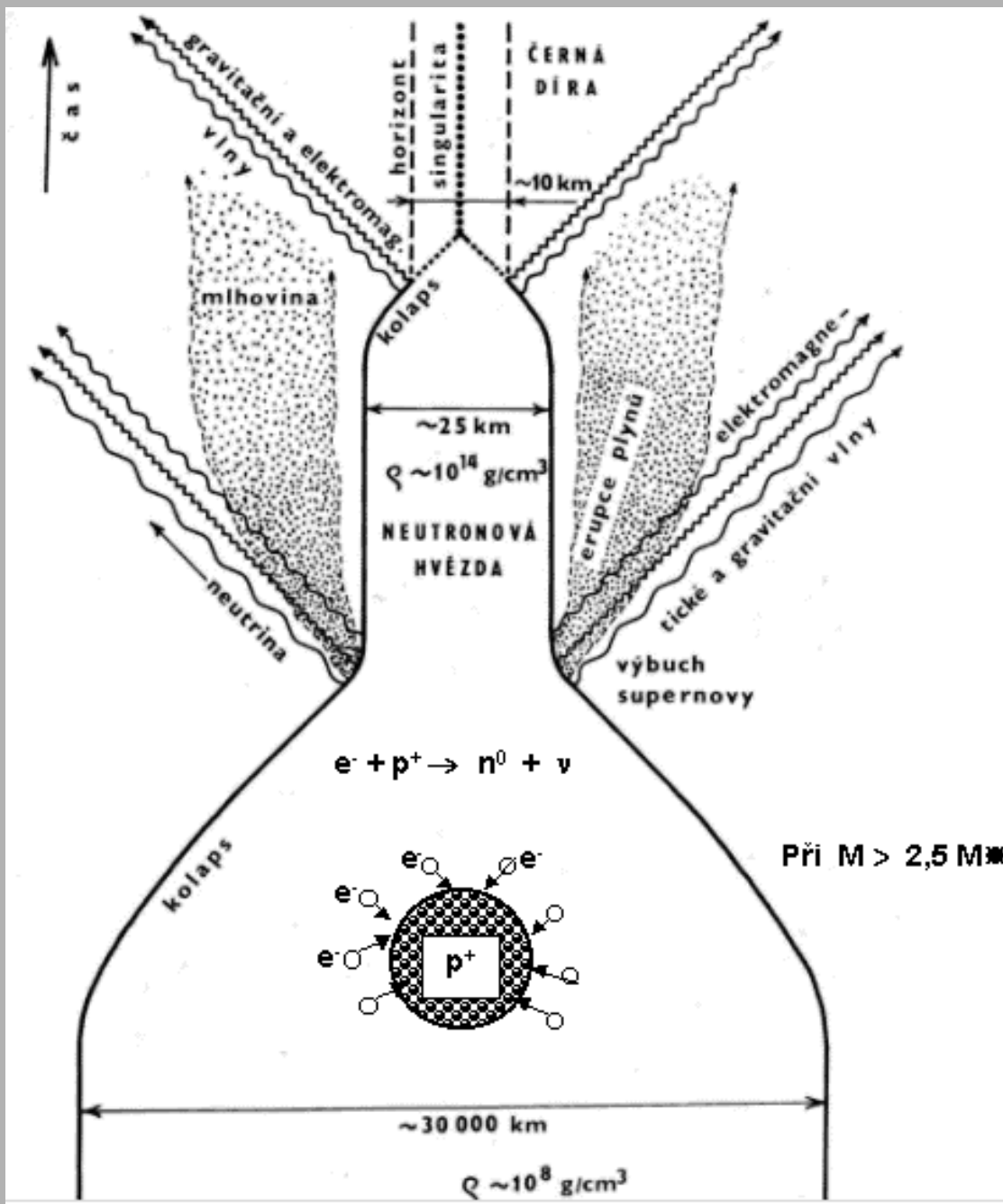
Všichni jsme potomky hvězd! \Rightarrow - Kosmická alchymie



Výbuch supernovy pozorovaný v r. 1054 v Číně

Dnes je na tom místě pozorována Krabí mlhovina obsahující uvnitř pulsar - rychle rotující neutronovou hvězdu

Úplný relativistický gravitační kolaps \Rightarrow černá díra



Výskyt černých děr ve vesmíru

V centru většiny galaxií se nachází
gigantická černá díra $>10^9 M_{\odot}$

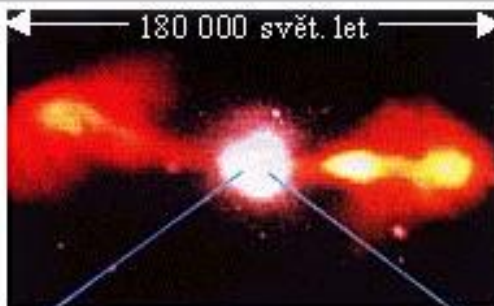
Vlevo:



Velké černé díry by se mohly nacházet uvnitř kulových hvězdokup.

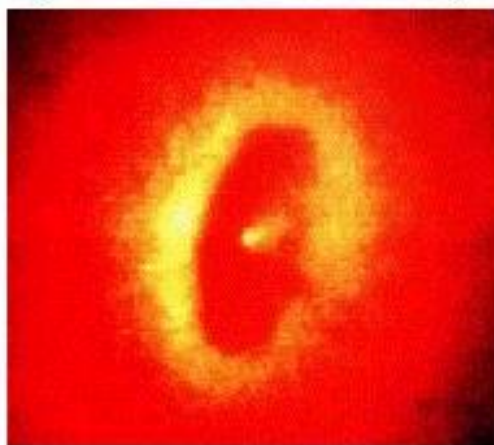


Gigantické černé díry by se mohly nacházet v jádrech galaxií.



Vpravo:

Z aktivní eliptické galaxie NGC 4261 (vzdálené 45 miliónů svět.let) proudí dva mohutné výtrysky (jety).

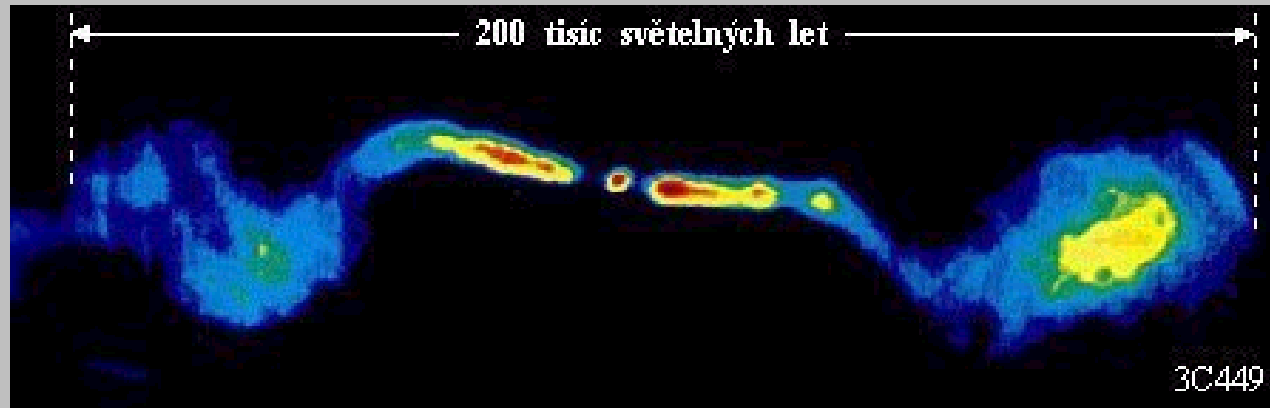


V jádře této aktivní galaxie našel Hubbleův kosmický teleskop plyno-prachový disk o průměru cca 400 svět.let, kolmý k jetům.

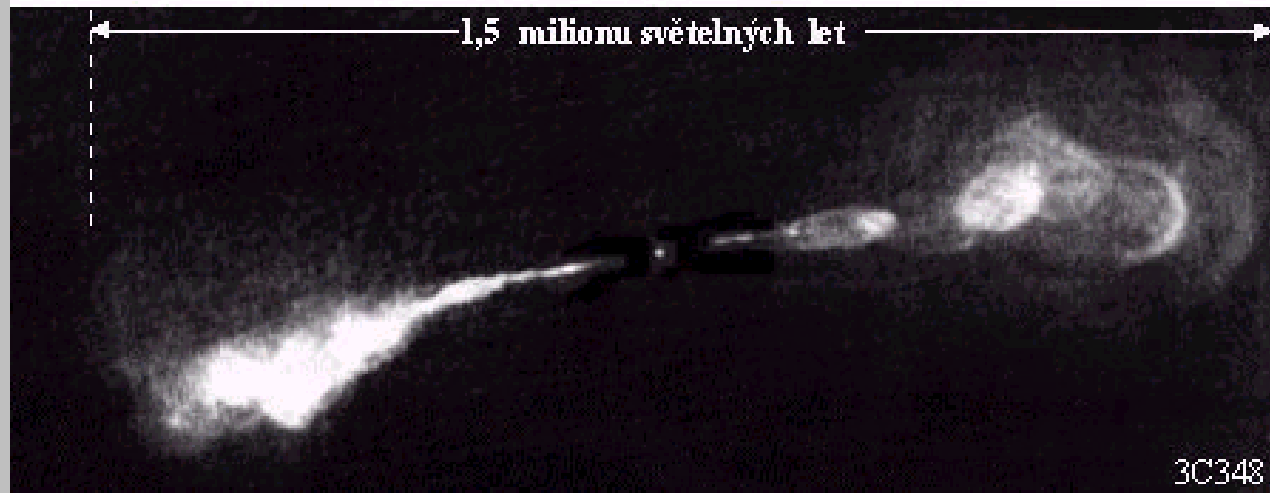
K možnostem existence černých děr v centru hvězdokup a v jádrech galaxií.

Výskyt černých děr ve vesmíru

V centru většiny galaxií se nachází gigantická černá díra $>10^9 M_{\odot}$



V rádiovém zdroji 3C449 tryskají z jádra eliptické galaxie výtrysky (jety) dlouhé cca 200000 světelných let. Galaxie je vzdálená od země cca 150 miliónů svět. let.



V rádiovém zdroji 3C348, vzdáleném cca 1,5 miliardy svět. let, vytvářejí výtrysky strukturu dlouhou dokonce 1,5 milionu světelných let!

Obr.4.29. Příklady astronomicky pozorovaných výtrysků z aktivních jader galaxií.

KOSMOLOGIE

- vznik, stavba a evoluce vesmíru jako celku -

Raný vesmír – “velký třesk” – hadronová éra



Leptonová éra – primordiální nukleosyntéza



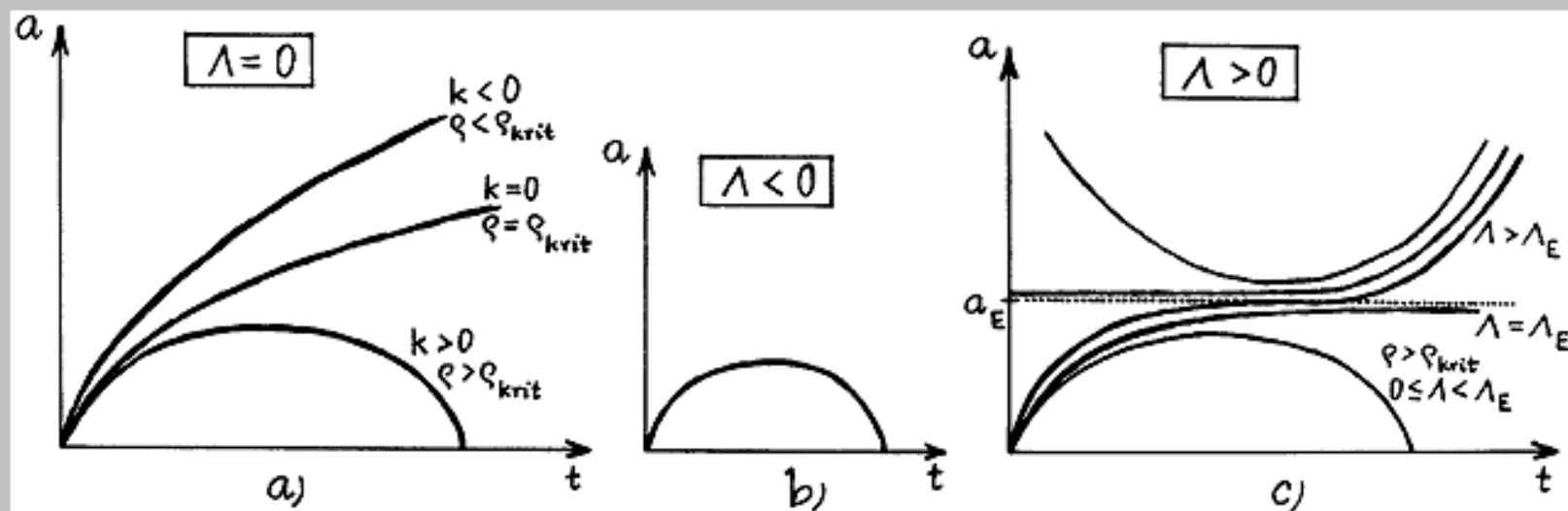
Éra záření



Éra látky – formování kup galaxií, galaxií, hvězd

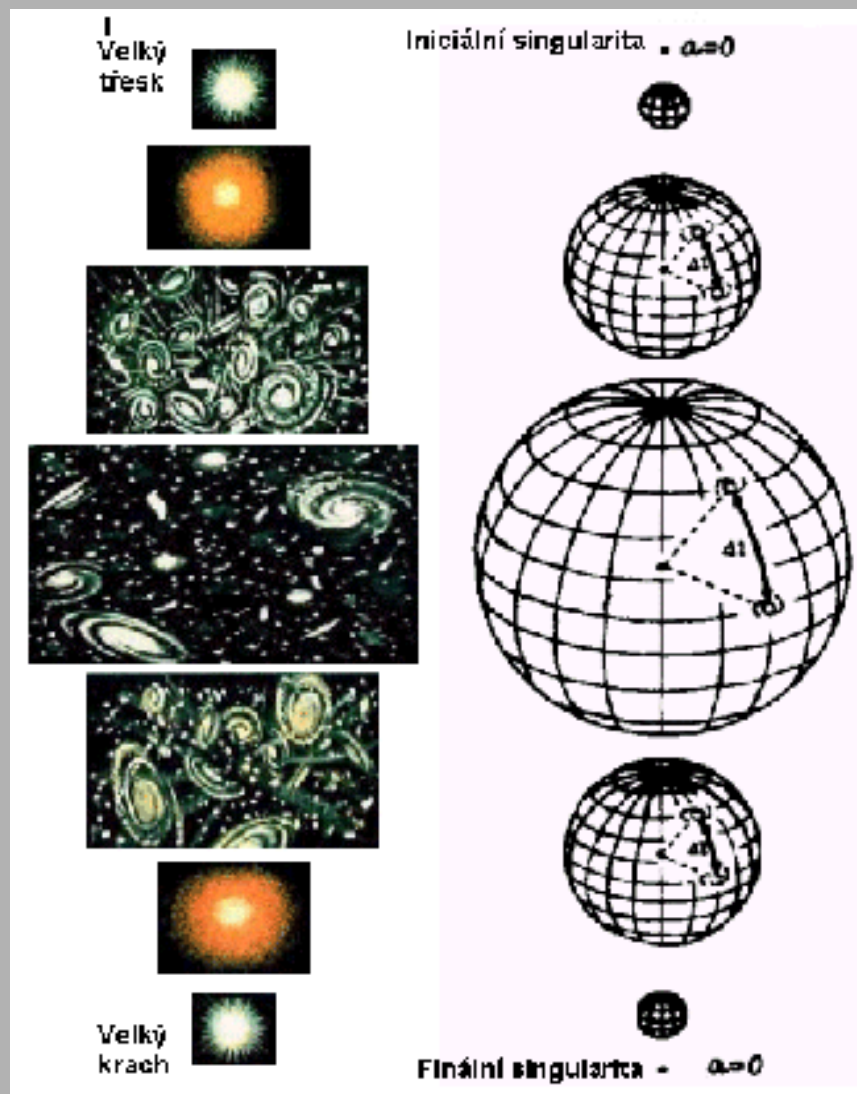
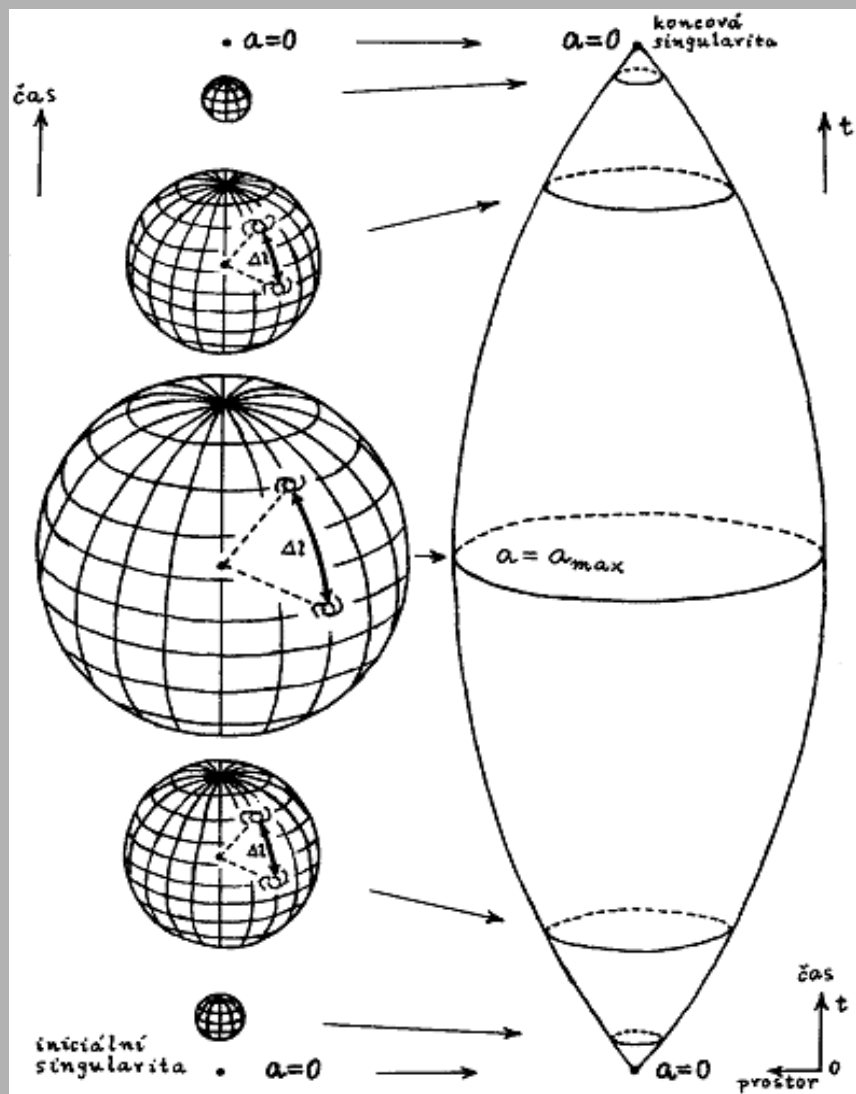


Další nukleosyntéza až ve hvězdách



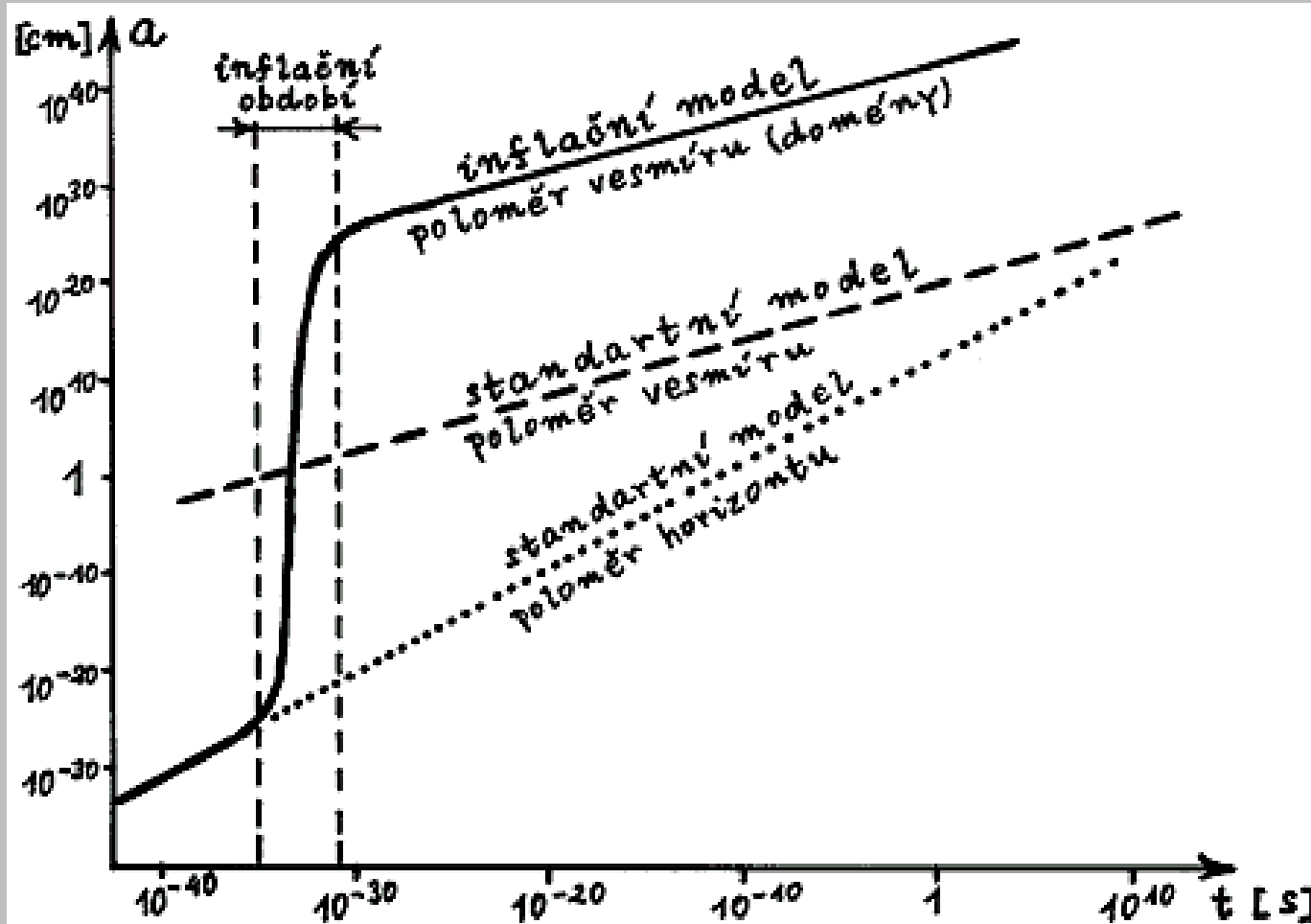
Obr. 5.3. Evoluce kosmologických modelů (časový průběh poloměru a vesmíru) v závislosti na hodnotě kosmologické konstanty Λ a hustotě rozložení hmoty ρ .

(a_E a Λ_E na obr. vpravo značí hodnoty poloměru vesmíru a kosmologické konstanty odpovídající Einsteinovu kosmologickému modelu)



Velmi raný vesmír:

Kratičká fáze „**inflační expanze**“ s exponenciálně narůstající rychlostí → **antigravitace**



Obr. 5.8. Časový průběh expanze vesmíru podle inflačního modelu ve srovnání se standardním kosmologickým modelem.

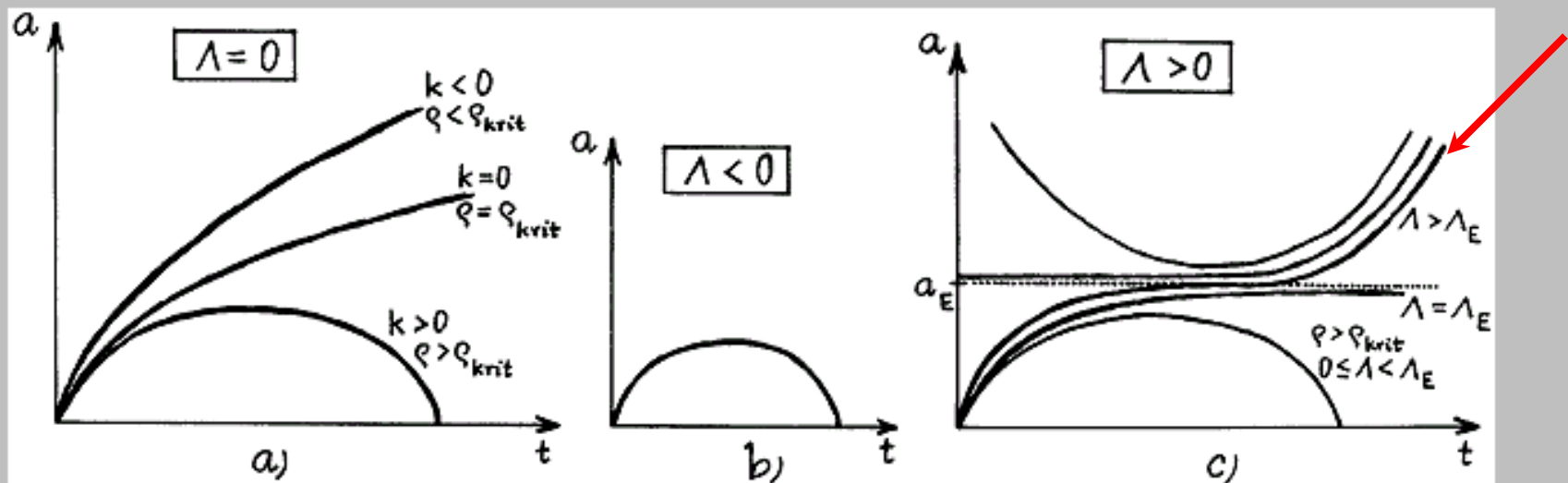
Nový objev → kosmologické překvapení :

Přesná měření vzdáleností a rudých posuvů supernov typu Ia



Expanze vesmíru se patrně nezpomaluje, ale naopak **zrychluje !**

Byla vyslovena hypotéza, že toto zrychlující se rozpínání je způsobeno vše prostupující vakuovou tzv. "**temnou energií**" se **zápornou hustotou energie** natolik velkou, že překonává gravitační působení veškeré hmoty ve vesmíru.



Obr. 5.3. Evoluce kosmologických modelů (časový průběh poloměru a vesmíru) v závislosti na hodnotě kosmologické konstanty Λ a hustotě rozložení hmoty ρ .

Astrofyzika a kosmologie :

Co nám přináší?

- **Radost z poznání**
- **Estetický zážitek krásy vesmíru a přírody**
- **Pokora před přírodou** \leftrightarrow **hrdost nad lidským rozumem,**
který je schopen reflektovat vesmír
- **Velkorysost** - co jsou naše „žabo-myší“ problémy ve srovnání
s velkolepostí vesmíru?

Dovedeme to využít pro zušlechtování našich vztahů mezi sebou, k ostatním živým tvorům a k přírodě vůbec ?

Astrofyzika a kosmologie :

Lidská beznaděj ?

Nebezpečí pro lidstvo:

- ◆ **Pozemské** - války, energetické krize, ekologické katastrofy, změny klimatu

- ◆ **Kosmické**

Srážky s asteroidy - „**žijeme na kosmické střelnici**“! - zítra? - 10^4 let?

Výbuch blízké supernovy - zničující záblesk **kosmického záření**. ←

Vyhoření Slunce - **rudý obr** - pohlcení vnitřních planet včetně Země
- za cca 5 miliard let.

Podají se lidem do té doby uniknout ze Země a Sluneční soustavy?

Koncepce „**transhumanismu**“ ???

Osud Vesmíru:

Uzavřený vesmír - fatální konec v ohnivé peci „**velkého krachu**“ -
- zcela beznadějné!

Otevřený vesmír - dlouhodobá perspektiva, snad 10^{60} - 10^{90} let;
nakonec však „**tepelná smrt**“ vesmíru.

Další podrobnosti lze nalézt na
www-stránách:

„**AstroNuklFyzika**“

Jaderná fyzika - Astrofyzika - Kosmologie - Filosofie

[http://AstroNuklFyzika .cz](http://AstroNuklFyzika.cz)

AstroNuklFyzika

Konec prezentace



END

