

0

---

Od bílých trpaslíků  
k černým dířům  
a zpět

k Newtonovi

---

J. Břich, MFFUK Praha

---

Subrahmanyan

CHANRASEKHAR

"The simple is the seal of the true.  
And beauty is the splendor of truth."

Závěr Nobelovské přednášky, 8. 12. 1983

Legendární osobnost  
příspěvky k - astrofyzice  
- fyzice, aplikované matem.

x Feynman, Einstein, Pauli

Velmi "soukromá osobnost", asketický,  
disciplinovaný, organizovaný,  
jednoduchý život - plně soustředěný ("jén")

kolem vědy; ale inspirace i z umění

- literatura (Shakespeare, Thakur...)

- hudba (Beethoven...)

- výtvarné umění (Monet, Henry Moore)

# Život:

\* 19. října, 1910 " 19-10-1910 "

v Lahore (dnes Pakistan, tehdy Britská Indie)

otec - vládní úředník - severozáp. železnice

matka - talentovaná, ambiciózní, aby

děti (10) intelektuální úspěchy

vyučování rodiči a soukromými učiteli

1922 - do Madrasu - střední škola,

univerzita - v 19 letech jako „under-

graduate“ původní článek z fyziky

⇒ vládní stipendium pro studium

v Anglii

nemoc matky

odjezd do Anglie červenec 1930

matka + květen 1931

V Cambridgi 1930-1936

Na lodi z Indie do Anglie v 1930

„přemítání + výpočty“ - Chandrasekharova  
mez na hm. trpaslíků

V Cambridgi ... rozpracování, prohlubování,  
rigorózní základ pro „Chandr. mez“

Leden 1935 na zasedání

Ph.D 1933  
Trinity\*

Royal Astronomical Society předložil  
výsledky.

Problém: co se stane s hvězdou,  
když její hmotnost  $> M_{\text{Chandraschker}}$

Sir Arthur Eddington ostře proti

„schůzka“<sup>4x KM</sup> Milne, Dirac,  
Eddington, Chandra

(Chandra mnohem  
přeději o AE jako  
největším astrof. 20. st.)

Až po 20 letech Chandras. mez „přijata“

⇒ neutronové hvězdy, černé díry

⇒ Chandra do USA, „opustil“ bílé  
trpaslíky - 1. monografie:

„An Introduction to Stellar Structure“  
Univ. of Chicago Press 1939

1937 svatba s L<sup>a</sup>lithou

„My Everlasting Flame“

1936 - 1942 tenure  
1944 FRS Williams Bay, Wisconsin

Výzkum na Yerkes Observatory  
University v Chicagu - přes 100 mil  
do Chicaga - jezdil každý týden  
učit třídu 2 studentů - mj.

Lee & Yang (později Nobelova cena)

Vybudování doktorandského studia  
z astronomie a astrofyziky - za život  
~ 50 doktorandů pod Ch. vedením (Ostrůvek  
interakce s Enrico Fermim (Problems  
of Gravitational Stability in the Presence of a  
Magnetic field, Astrophys. Journ. 1953... "slon")

Editor The Astrophysical Journal 1952-1971  
z lokálního časop. U. of Chicago → světová proslulost

za 2. sv. války pro britský ač Indie za  
nezávislost - balistika

Po válce do Chicaga - Enrico Fermi Institute  
Hydromagn. stabilita - v 60. letech GR,  
PN aproximace - 1972 Caltech v Kip Thorne  
skupině - 1977 bypass

1983 The Mathematical Theory of Black Holes

Kerr metric - "biggest discovery" in the second half of 20th cent. - like elem. particle

1983 Nobel Prize - Nobelova cena

velmi překvapen... že je posuzován za něco co udělal před 50 lety - "distorce v životě" všude 'jen' toto zdůrazňováno

Na večeru 2. 4. 1984 - citace A. Milneho

"jen budoucí pokolení určí naše skromné místo a na tom záleží" často není korelace mezi tím co současnost a co budoucnost "v 70. letech 2 vědní "srdeční epizody". Kdyby fatalní, nebyl by důvod k oslavám!..."

1983 Sražení se gravitační vlny

1986 - 1987 "návrat k Newtonovi"

"300let gravitace" 1987

"Philosophiae Naturalis Principia Mathematica" 1687

Fishbein Center .... interdisc. spolek  
učenců na Univ. Chicago

pozval Chandru na zahájení přednášek  
(série v semestru) na závěr 1986

2 týdny - 'rozmyšlení' - na konci Ch. už  
pohlčen Principii

15. dubna 1987 přednášel 2 hodiny  
místo 1 hod - všichni, v napětí

zvl. Proposition LXXVI zde ~  $\frac{1}{r^2}$

Kladl Newtona nad Einsteina

i v Madrasu nad Ramanujana

(místo o Ram. mluvil o Newtonovi)

→ Poslední Chandrasekharovo dílo:

Newton's Principia for the Common  
Reader, Oxford 1995

Ch. koupil 2. vydání Principii v r. 1987  
- 1. vydání za ~ 70 000 - 100 000 \$, 2. vyd. ~ 10 000 \$  
"nejhezčí věc, kterou vlastním"

1995, 21. srpna po snídani do nemocnice  
za Dr. Kirsnerem - když došel do nem., mohutný  
srdeční záchvat - za 4 hod. zemřel - popel Lalitba  
na Univ. Chic.

a Lake Michigan

Knihy: ↔ "po 10 letech"

1939 An Introduction to the Study  
of Stellar Structure

1942 Principles of Stellar Dynamics

1950 Radiative Transfer

1960 Plasma Physics

1961 Hydrodynamic and Hydromagnetic  
Stability

1969 Ellipsoidal Figures of Equilibrium

1983 The Mathematical Theory  
of Black Holes (Knihovna U. of Chic.)

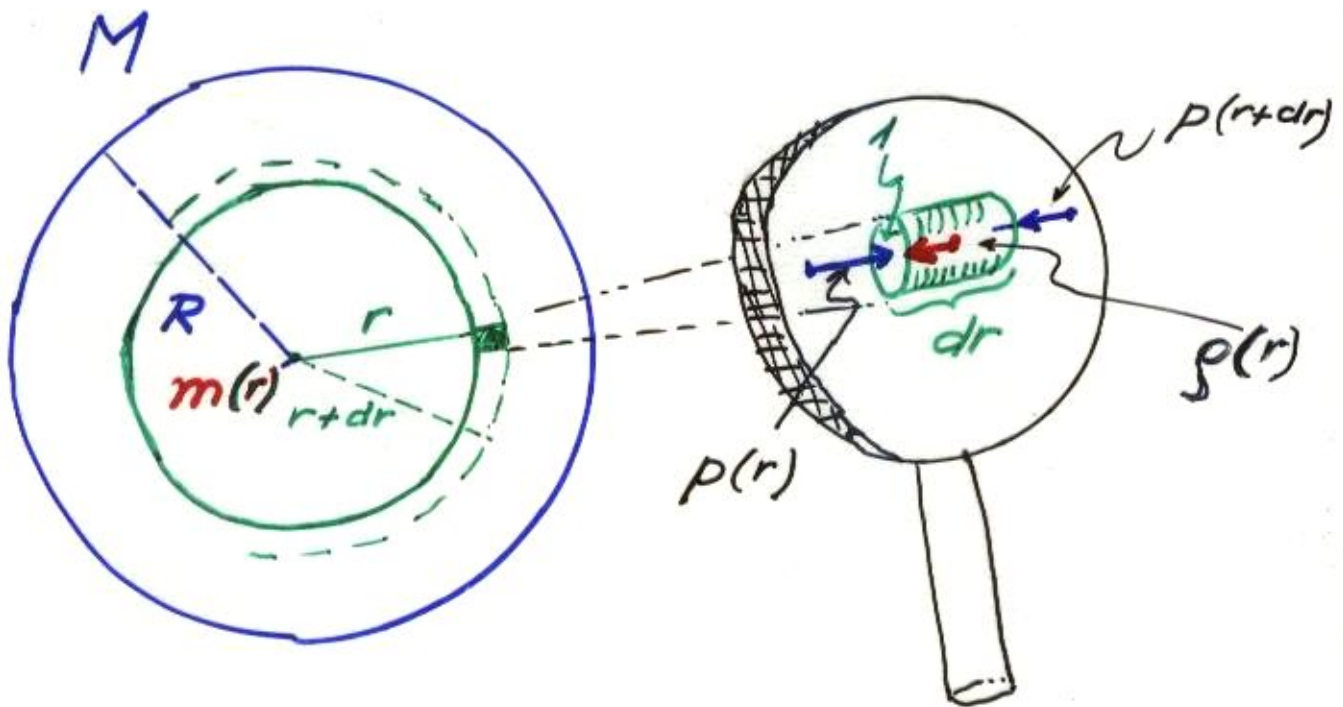
1987 Truth and Beauty. Aesthetics  
and Motivations in Science

1995 Newton's Principia for the  
Common Reader

# Chandrasekharova mez

„Gemeinverständlich“ C.F. von Weizsäcker

$$M_c \approx 1.44 M_\odot \approx 3 \times 10^{33} \text{ g}$$



$$\underbrace{p(r+dr) - p(r)}_{\text{vztlak}} = \underbrace{G \frac{m \rho \cdot dr \cdot 1}{r^2}}_{\text{gravitace}}$$

$$\Rightarrow \left[ -\frac{dp}{dr} = \frac{Gm}{r^2} \rho \right] \Rightarrow \left[ \frac{\bar{P}}{R} = \frac{GM}{R^2} \bar{\rho} \right] (*)$$

↑  
přesná podmínka rovnováhy

↑  
pro „průměrné“ celkové veličiny  $\bar{P}, \bar{\rho}, M, R$

vynecháme "-" nad  $\rho$  a  $\rho$  a zavedeme

"Schwarzschildovský radius"  $R_g = \frac{2GM}{c^2}$

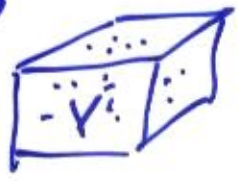
rychlost světla

pak (\*):

(\*\*)  $\frac{\rho}{\rho c^2} = \frac{1}{2} \frac{R_g}{R}$  ← bezrozměrné

1. Standardní, "klasická" hvězda

Tlak dán klasickým ideálním plynem  
stavová rovnice  $pV = \text{konst } T$



$\Rightarrow p = n k T$   
← teplota  
← počet částic v 1cm<sup>3</sup>  
k ... Boltzmannova konstanta

Do (\*\*) za  $\rho$ :

$\frac{p}{\rho c^2} = \frac{kT}{m_p c^2} = \frac{1}{2} \frac{R_g}{R}$  (2)

← hmotnost protonu

Uvažujme Slunce:  $R_g = 3 \text{ km}, T \sim 10^7 \text{ K}$

(2)  $\Rightarrow$  Poloměr Slunce:  $R_\odot = 10^6 \text{ km}$  ← million  
měřeni:  $7 \times 10^5 \text{ km} = 0.7 \text{ milionu km}$

## 2. Bílí trpaslíci

Hlák Fermiho plynu elektronů  
kvantové vlastnosti

Heisenbergův vztah - relace neurčitosti

$$\left| p_F \times d \sim \hbar \right|$$

$p_F = m_e v_F$  ... hybnost

$d$  ... vzdálenost („charakteristická“)

mezi částicemi

$\hbar$  Planckova konstanta =  $1 \times 10^{-27}$  g cm<sup>2</sup>/sec

Nerelativistický Fermiho plyn

energie  $E_F = \frac{1}{2} m_e v_F^2 = \frac{p_F^2}{2m_e} = \frac{\hbar^2}{2d^2 m_e}$

místo  $\frac{p}{g c^2} \approx \frac{kT}{m_p c^2}$  nyní  $\frac{p}{g c^2} = \frac{E_F}{m_p c^2}$

vyjde:  $\frac{p}{g c^2} = \frac{m_e}{m_p} \left( \frac{g}{g_0} \right)^{2/3}$

$$\left| g_0 = m_p \left( \frac{\hbar}{m_e c} \right)^{-3} \approx 10^6 \text{ g} \right|$$

hm. protonu, hmotnost elektronu

# 2. relativistický Fermiho plyn (velké energie elektronů, $v \rightarrow c$ )

místo  $\epsilon_F = \frac{1}{2} m_e v_F^2 = \frac{p_F^2}{2m_e}$

máme  $\epsilon_F = p_F c$

pak  $\Rightarrow \frac{p}{\rho c^2} = \frac{m_e}{m_p} \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\frac{1}{3}}$  ← zde v nerel. bylo " $\frac{2}{3}$ "

zpět k podmínce rovnováhy

(2)  $\frac{p}{\rho c^2} = \frac{1}{2} \frac{Q_g}{R} \quad Q_g = \frac{2GM}{c^2}$

## ⇒ HMOTNOSTI BÍLÝCH TRPASLÍKŮ:

$M(\rho) = \left(\frac{m_e c^2}{G m_p}\right)^{3/2} \frac{\sqrt{\rho}}{\rho_0}$   
...  $\rho < \rho_0$  nerel. Fermiho plyn

$\left(\frac{m_e c^2}{G m_p}\right)^{3/2} \frac{1}{\sqrt{\rho_0}}$  ...  $\rho > \rho_0$

relativ. Fermiho plyn

$M_{krit.} = M_{chandra}$

Chandrasekharova maximální možná hmotnost bílého trpaslíka

$$M_{\text{Chandra}} = \left( \frac{\hbar c}{G m_p^2} \right)^{3/2} m_p \approx 1.44 M_{\odot}$$

„ Chandrasekharova mez ”

Konstanta jemné struktury v elektromagnetismu

$$\alpha_{\text{elm}} = \frac{e^2}{\hbar c}$$

v gravitaci  $\alpha_{\text{Gr}} = \frac{G m_p^2}{\hbar c}$

$$M_c = (\alpha_{\text{Gr}}^{-1})^{3/2} m_p$$

# "Vzpomínky"

- článek-práce

"On the theories of the interacting perturbations of the Reissner-Nordström black hole"

Czech. J. Phys. B29 (1979)

v redakci 12. 4. 1979

Dopis - "celá" strana na stroji - nemá sekret. -

korrektury jeho práce -

citace práce v "The Mathem. theory of Black Holes" - jediná? -

Vzpomínky Johna Friedmana: Chandra doktorandovi doporučil "Krále Leara" a přepsat článek

- setkání na večeri s Ch., Lalithou, Martinem Reesem v Cambridgi - podzim 1979

- GR konference v Padově - léto 1983  
"doporučení Diraca - děje kosmologii"

- Nobelova cena - podzim 1983 (gratulace)

- pozvání na Forum 1992 V. Havla

telefon k nám domů - seminář na ÚTF v Troji