

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ
СТРАННАЯ
КВАРКОВАЯ МАТЕРИЯ?

Д.Ланской

Семинар НИИЯФ, 20 октября 2009

Cosmic separation of phases

Edward Witten*

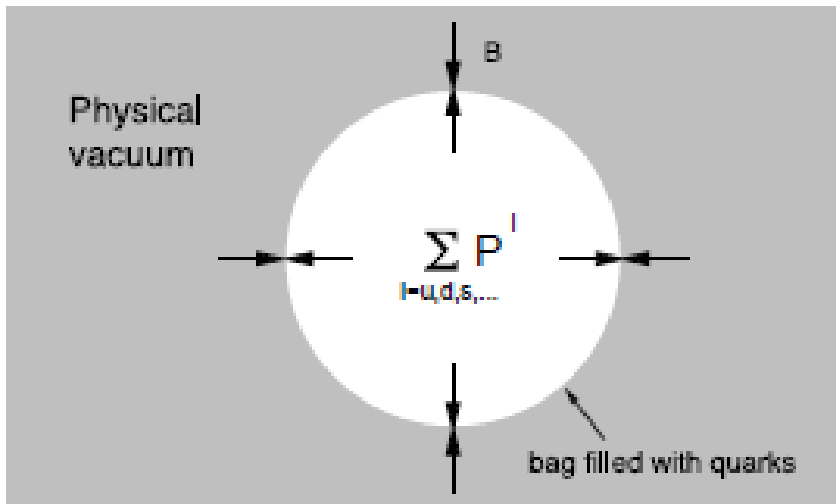
Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey 08540

(Received 9 April 1984)

Странная кварковая материя может быть связанной, стабильной и являться основным состоянием ядерного вещества.

Обычные ядра в этом случае – метастабильные состояния.

Модель мешка MIT



Легкие (релятивистские) кварки свободно двигаются внутри сферической полости. Давление, которое они оказывают на оболочку, уравнивает внешнее давление.

Бесконечная нейтральная кварковая материя

$$p = (3\pi)^{1/3} n^{4/3} / 4$$

1. Нестранная материя: $n_d = 2n_u$

$$p_1 = p_u + p_d = (3\pi)^{1/3} (n_{u1})^{4/3} (1 + 2^{4/3}) / 4; \quad E_1 / q = \langle k_{u1} \rangle / 3 + 2 \langle k_{d1} \rangle / 3 = (3\pi)^{1/3} (n_{u1})^{1/3} (1 + 2^{4/3}) / 4$$

2. Странная материя: $n_d = n_u = n_s$

$$p_2 = p_u + p_d + p_s = 3(3\pi)^{1/3} (n_{u2})^{4/3} / 4; \quad E_2 / q = \langle k_u \rangle / 3 + \langle k_d \rangle / 3 + \langle k_s \rangle / 3 = 3(3\pi)^{1/3} (n_{u2})^{1/3} / 4$$

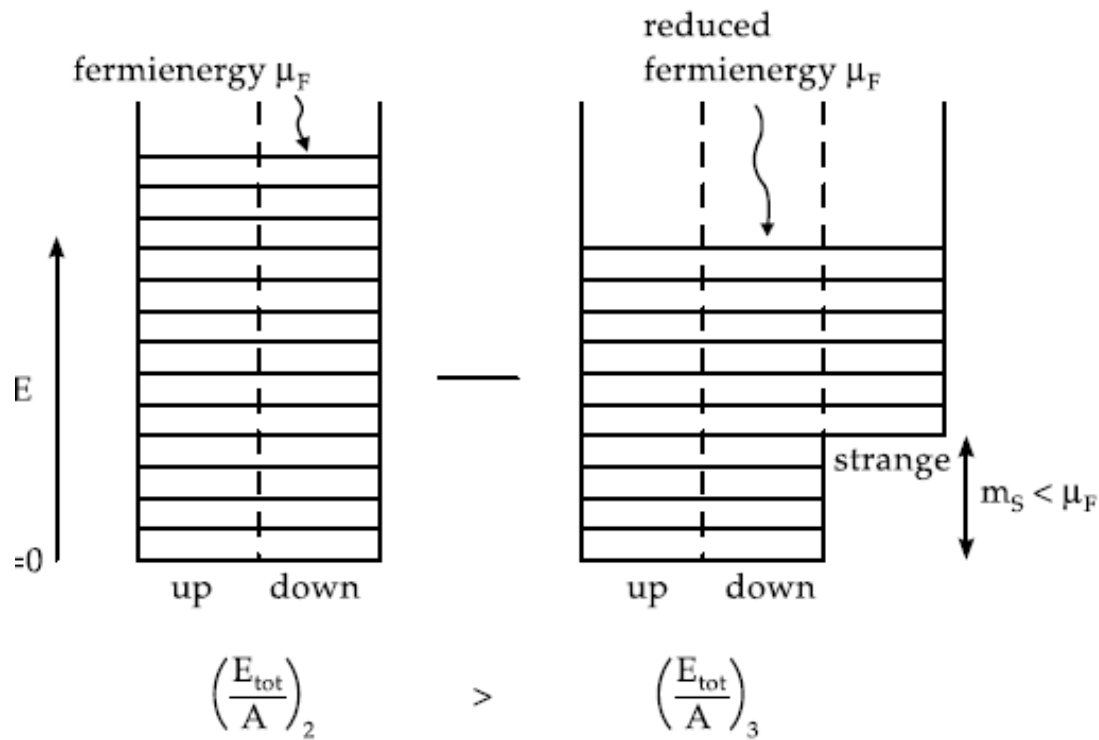
$$p_1 = p_2 \quad \rightarrow \quad n_{u2} = ((1 + 2^{4/3}) / 3)^{3/4} n_{u1}$$

$$E_2 / E_1 = (3 / (1 + 2^{4/3}))^{3/4} = 0.89$$

Если $E_1 / A = 940$ МэВ,
то $E_2 / A = 840$ МэВ !!!

$$m_s / 3 < 100 \text{ МэВ}$$

Принцип Паули + деконфайнмент

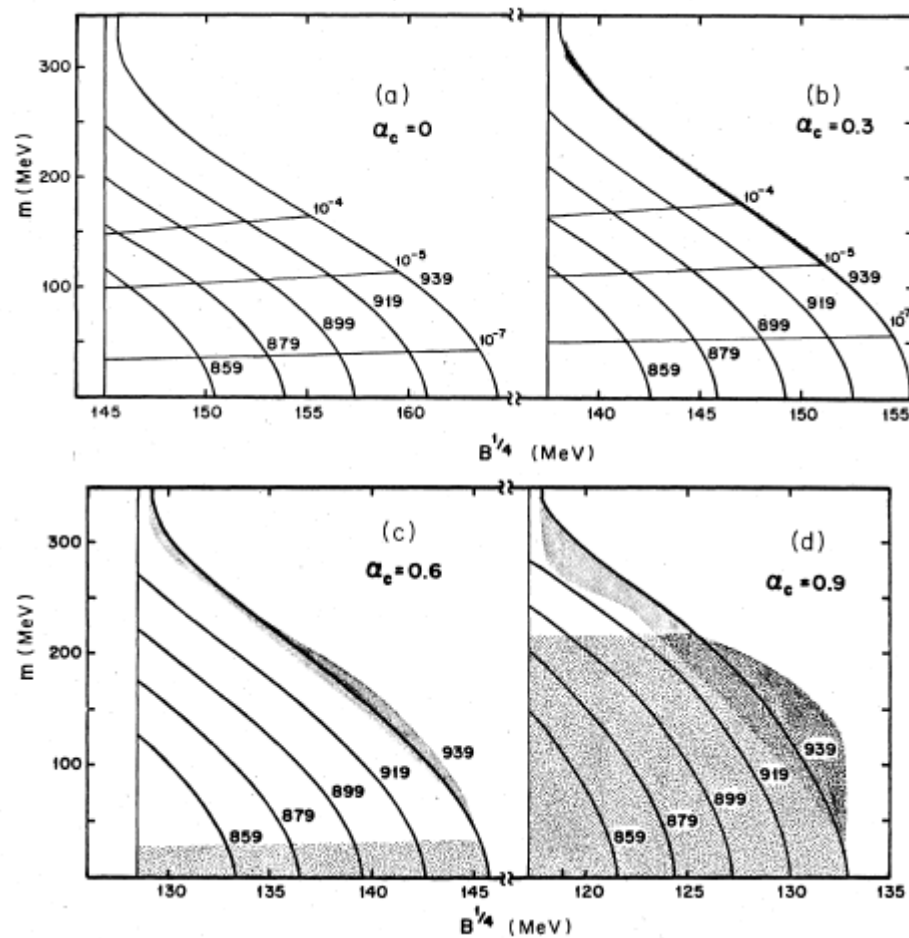


Strange matter

Edward Farhi and R. L. Jaffe

*Center for Theoretical Physics, Laboratory for Nuclear Science and Department of Physics,
Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts 02139*

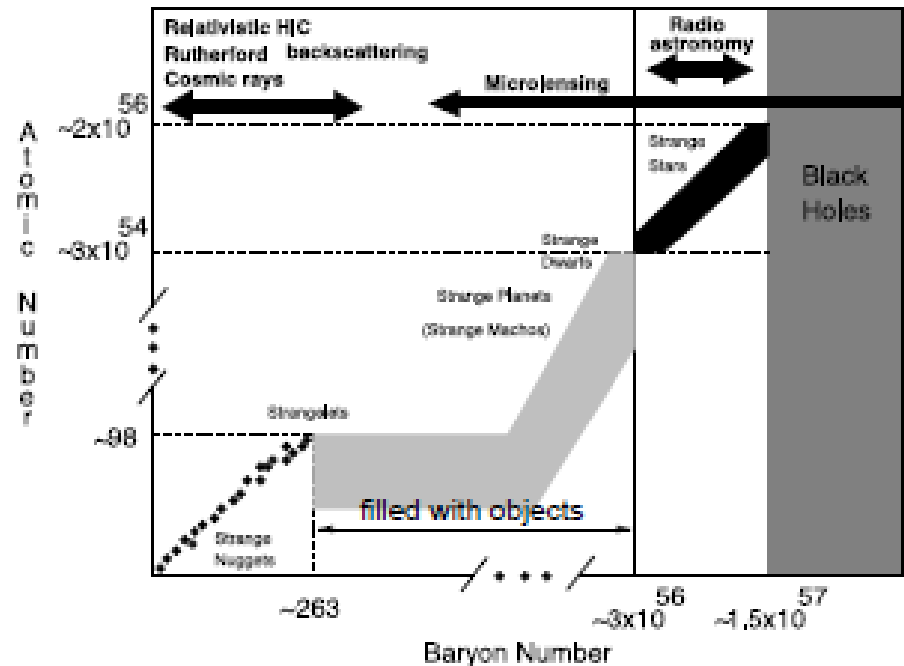
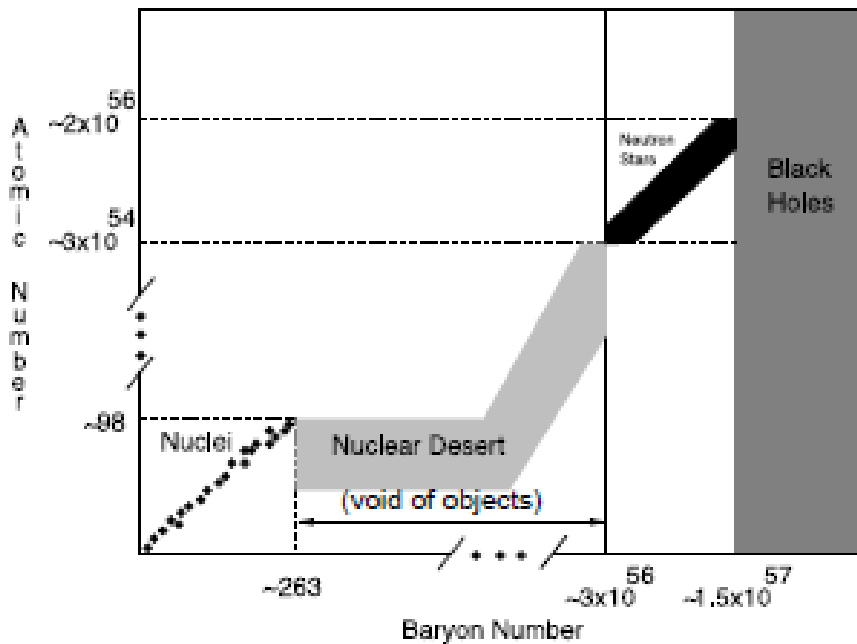
(Received 9 May 1984)



СТРАНДЖЕЛЕТЫ (STRANGELETS)

Конечные системы (ядра), состоящие из u-, d- и s-кварков в состоянии деконфайнмента

Могут быть стабильны при $A > A_{\min}$



Свойства странджелетов

$$A_{\min} = 50 - 1000$$

$$Z \approx 8A^{1/3} \quad (\text{Farhi, Jaffe})$$

$$Z \approx 0.3A^{2/3} \quad (\text{Madsen})$$

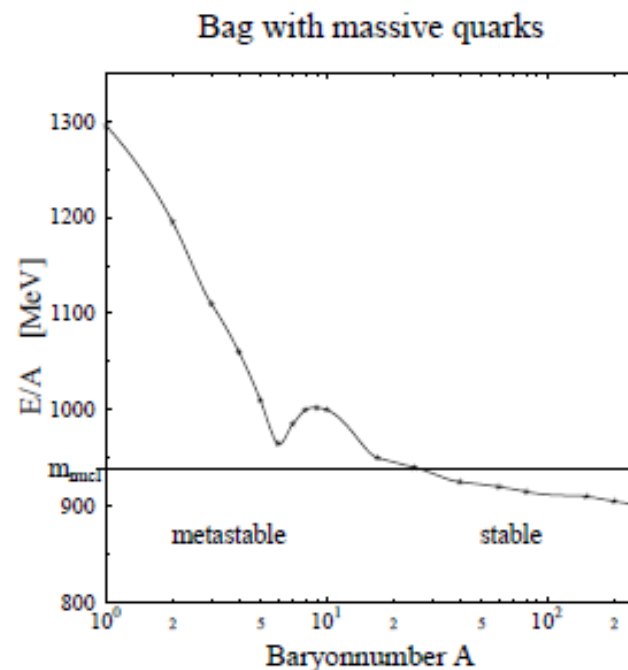
$$R \approx 1 \text{ фм} \times A^{1/3}$$

Могут поглощать
обычную материю

(но при $Z > 0$ мешает кулоновский барьер).

Нейтроны поглощаются без проблем.

$Z < 0$ – катастрофа!?



Свойства странджелетов

До $Z \approx 1000$ – обычные атомные оболочки

При больших Z – внутренние электроны внутри странджелета

При $A < A_{\min}$ странджелет распадается по цепочке α - и « β »-распадов

ПРИЛОЖЕНИЯ (?!)

Энергия

Химия

• • • • •

• • • • •

Где и как искать?

1. Вокруг нас – на Земле

2. Недалеко от нас (в атмосфере, на Луне, в космических лучах)

3. Далеко от нас (в нейтронных звездах)

4. В лаборатории (производить самим)

«Положительные» результаты

Космические лучи (баллонные эксперименты)

1979: $Z \approx 45$, $A > 1000$

1990: $Z \approx 14$, $A \approx 350$

1993: $Z \approx 32-42$, $A > 300$ (2 события)

Космические лучи (AMS-01)

2002: $Z = 8$, $A = 48-62$

$Z = 2$, $A \approx 16$

Pb+Pb, CERN

1996: $Z = -1$, $A \approx 8$ ($\tau \sim 1$ мкс)

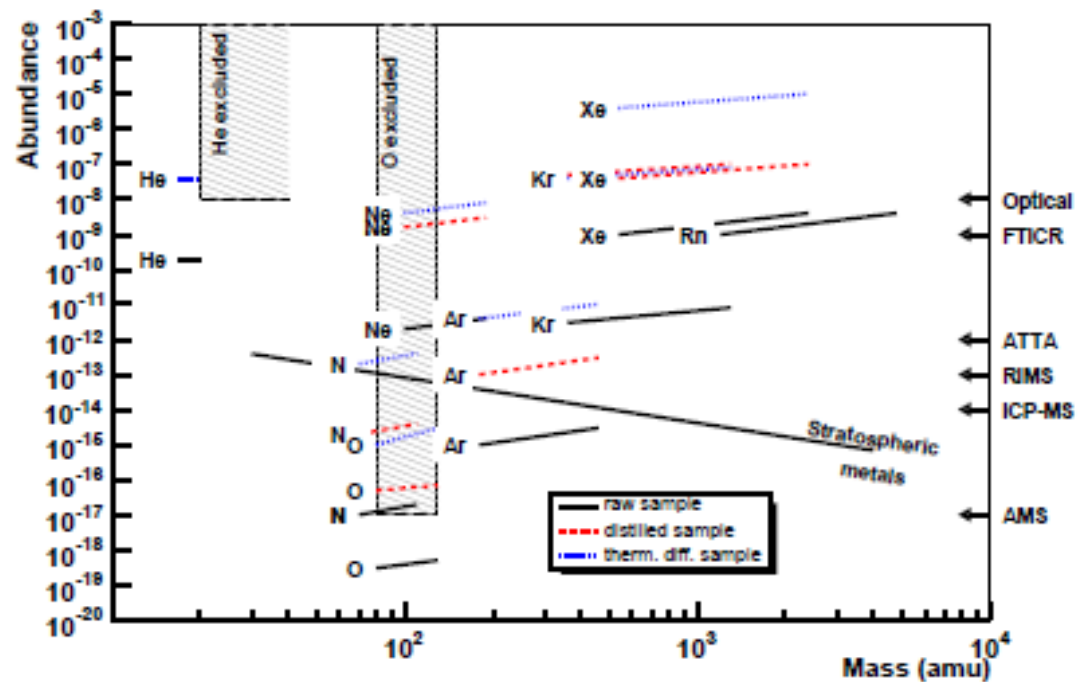
Отрицательные результаты

(Некоторые)

Поиски в лунной породе

$<10^{-17}$ для $Z=6,8,9$ и $A=42-70$

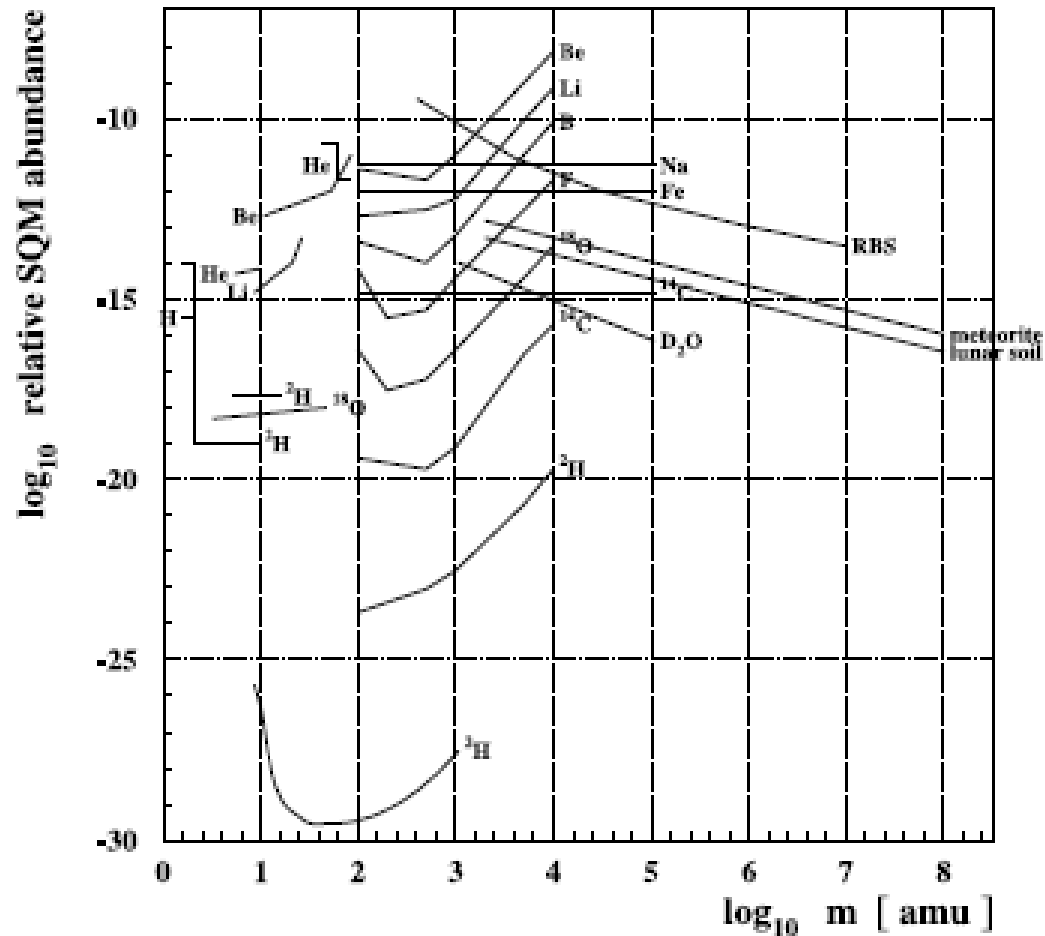
В атмосфере



Отрицательные результаты

(Некоторые)

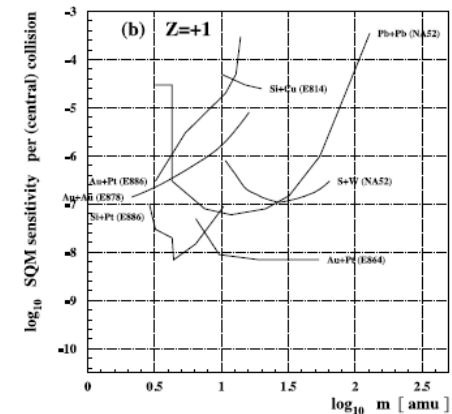
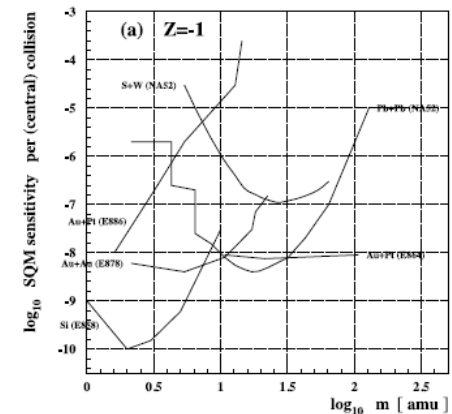
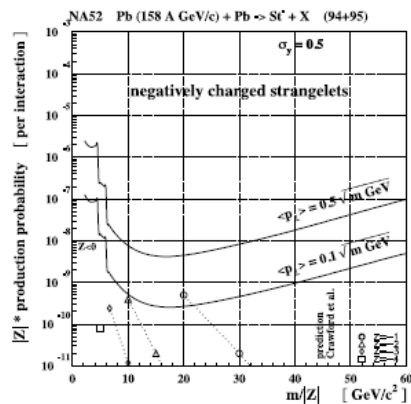
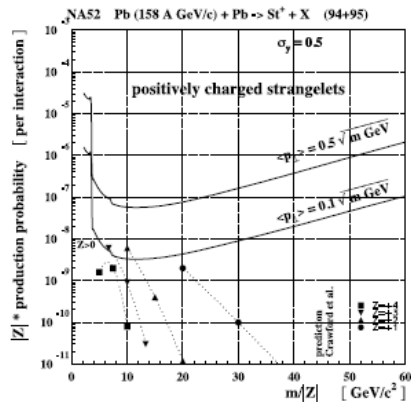
В веществе



Отрицательные результаты

(Некоторые)

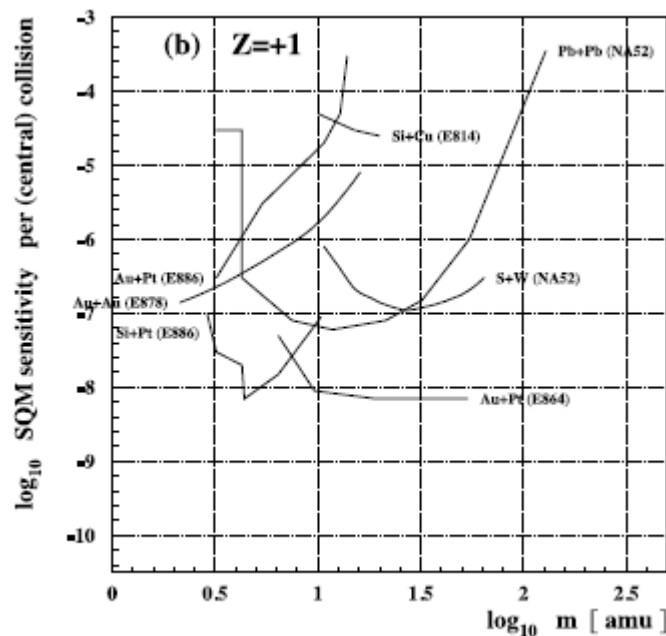
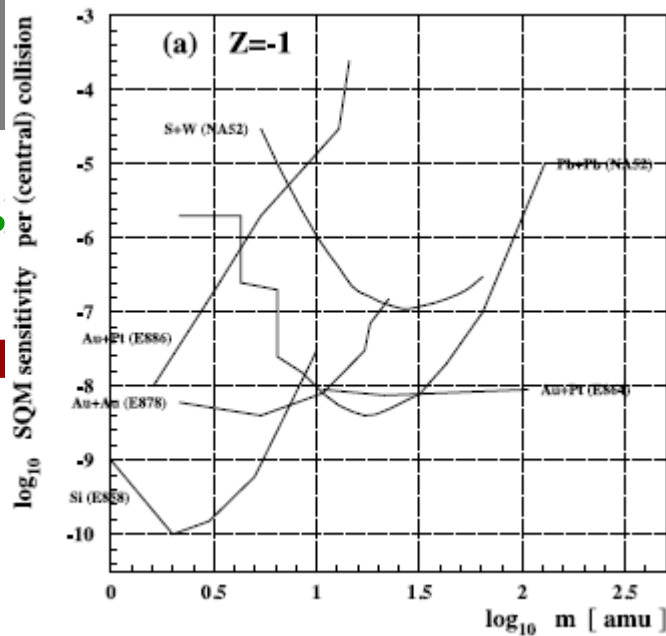
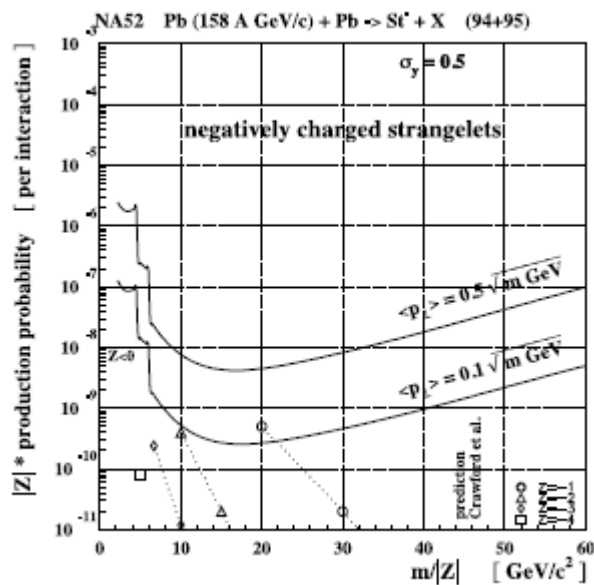
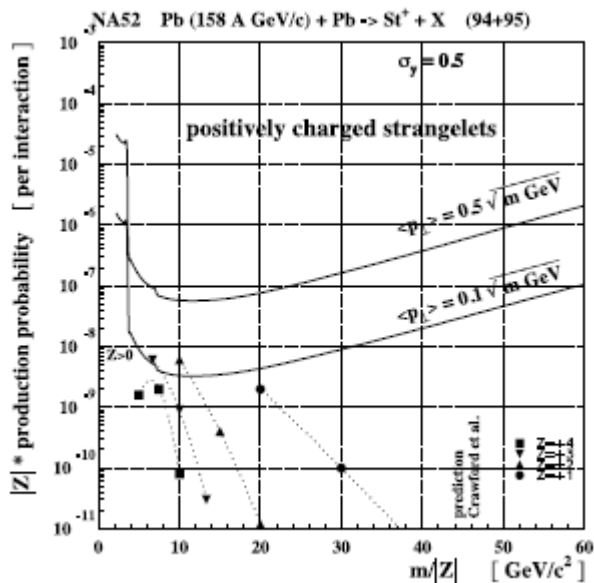
В столкновениях тяжелых ионов



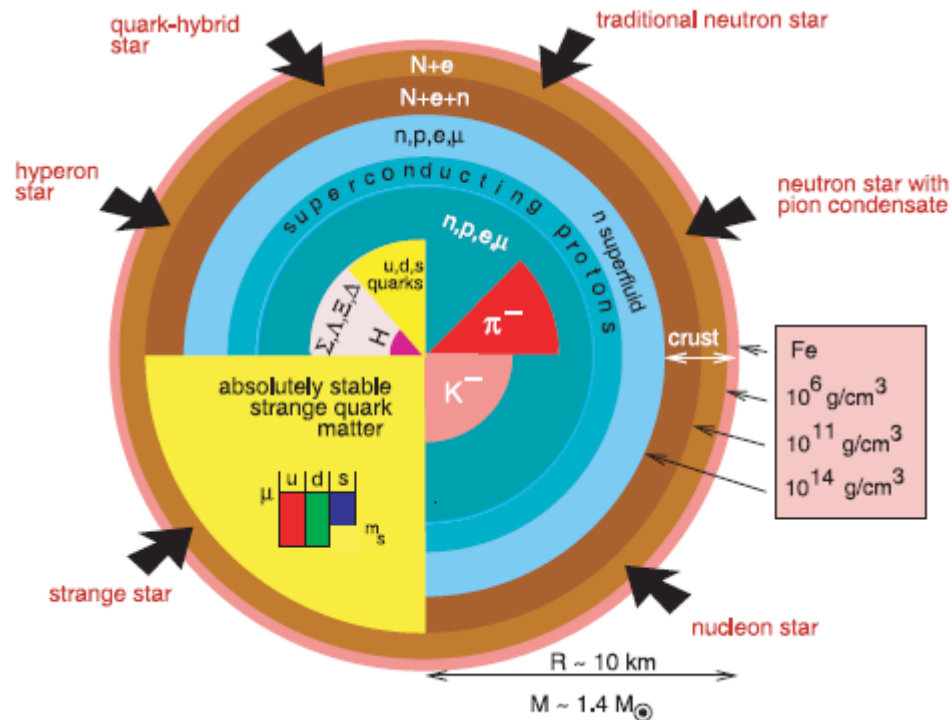
Отрицательные

Некоторые

свойства



Нейтронные звезды

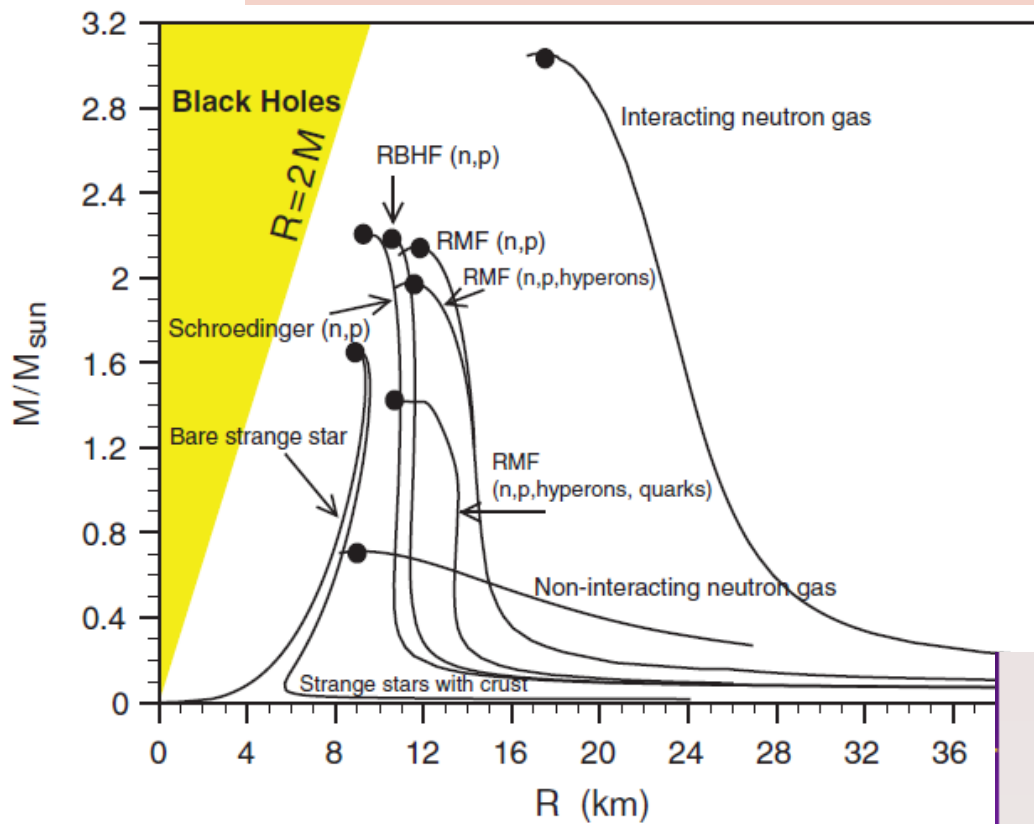


1987: пульсар с $T=0.5 \text{ ms}$ (??!)

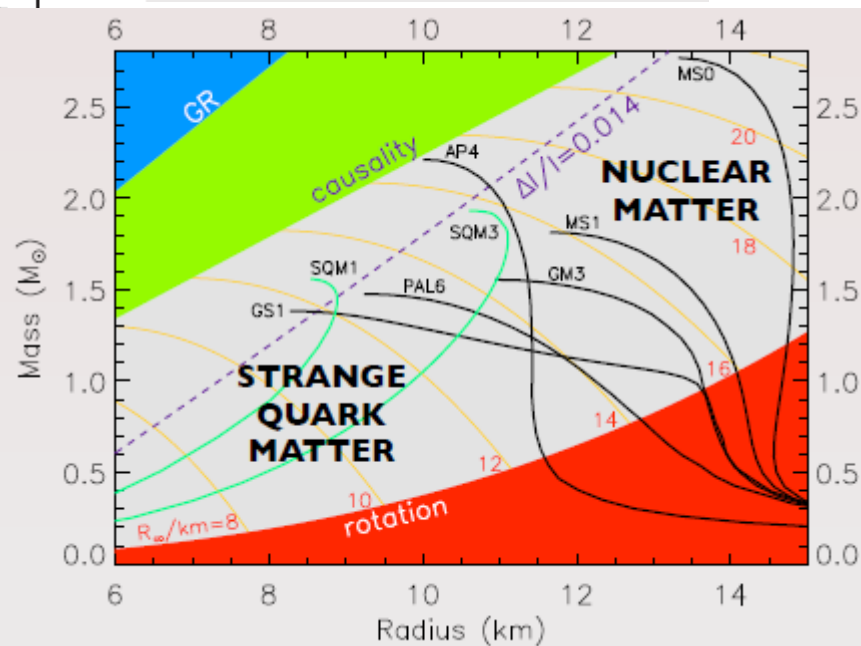
Для обычных нейтронных звезд $T > 1 \text{ ms}$

Для странных звезд возможны гораздо меньшие периоды

Зависимость «масса – радиус»



Object	R (km)
Omega Cen Chandra	13.5 ± 2.1
Omega Cen (XMM)	13.6 ± 0.3
M13 (XMM)	12.6 ± 0.4
47 Tuc X7 (Chandra)	$14.5^{+1.6}_{-1.4}$ ($1.4 M_{\odot}$)
M28 (Chandra)	$14.5^{+6.9}_{-3.8}$
EXO 0748-676 (Chandra)	13.8 ± 1.8 ($2.10 \pm 0.28 M_{\odot}$)



Impact of strange quark matter nuggets on pycnonuclear reaction rates in the crusts of neutron stars

B. Golf,^{*} J. Hellmers,[†] and F. Weber[‡]

PRL **003**, 092302 (2009)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending
28 AUGUST 2009

IOP PUBLISHING

JOURNAL OF PHYSICS G: NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS

J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **36** (2009) 095202 (15pp)

doi:10.1088/0954-3899/36/9/095202

Search for Stable Strange Quark Matter in Lunar Soil

K. Han,¹ J. Ashenfelter,² A. Chikantsev,¹ W. Emmet,¹ L. E. Finch,¹ A. Heinz,² J. Madsen,³ R. D. Majka,¹
B. Morina,^{4,5*} and J. Sandweiss¹

Interaction of strangelets with ordinary nuclei

L. Paulucci^{1,2} and J. E. Horvath²

IOP PUBLISHING

JOURNAL OF PHYSICS G: NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS

J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **36** (2009) 064010 (9pp)

doi:10.1088/0954-3899/36/6/064010

Strange quark stars: observations and speculations

Rensin Xu

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ

СТРАННАЯ

КВАРКОВАЯ МАТЕРИЯ?

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ
СТРАННАЯ
КВАРКОВАЯ МАТЕРИЯ?

не знаю

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ
СТРАННАЯ
КВАРКОВАЯ МАТЕРИЯ?

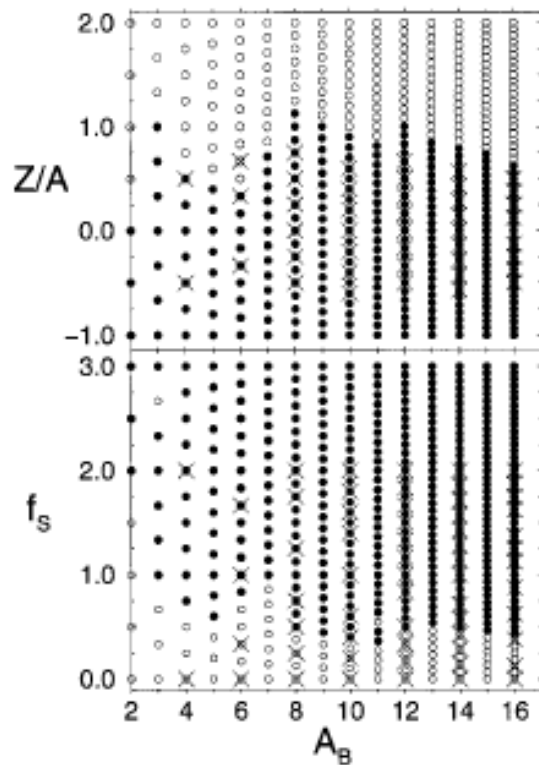
Очень хотелось бы!

СПАСИБО

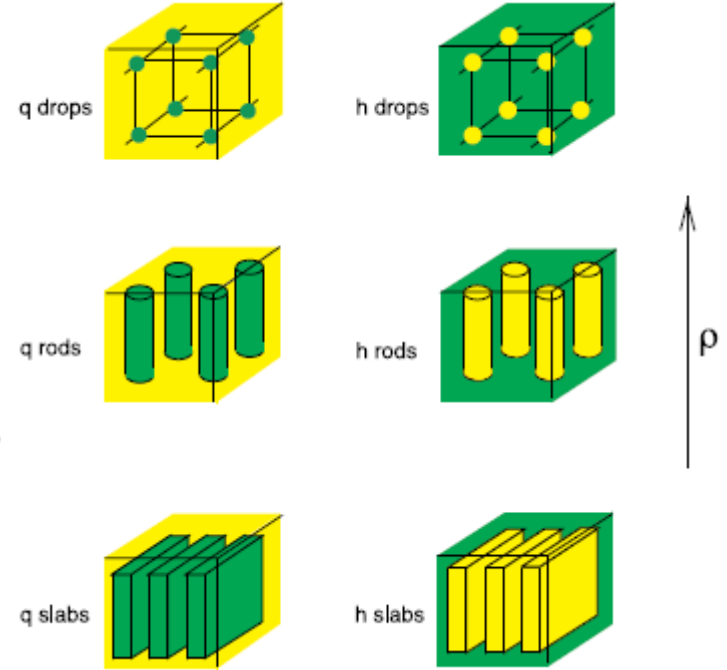
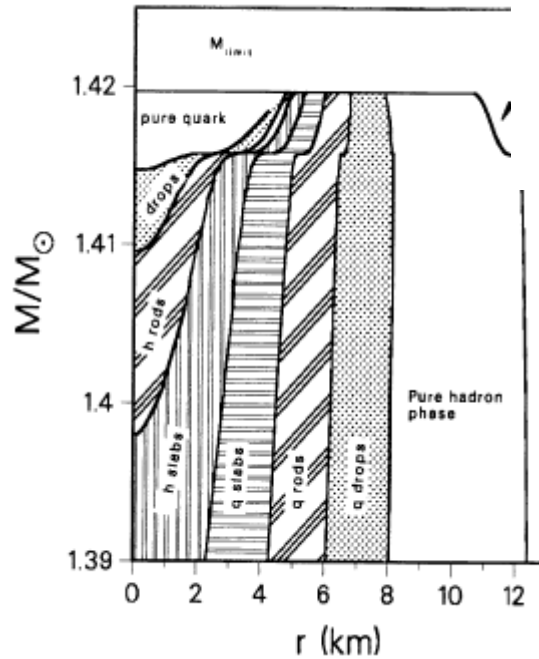
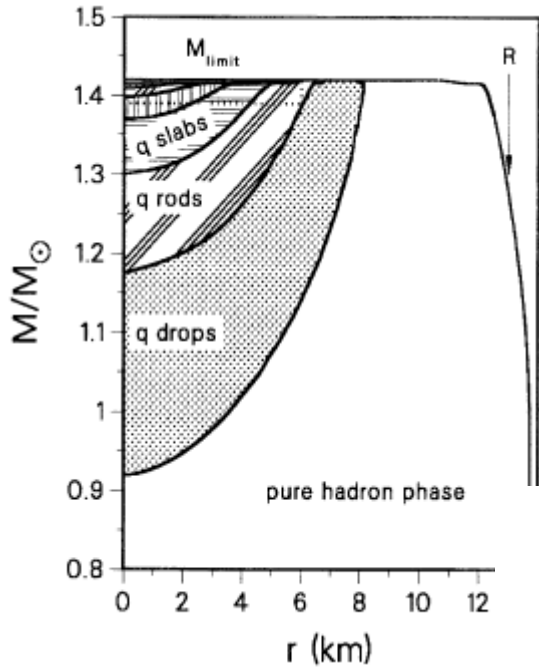
ЗА

ВНИМАНИЕ!

Легкие метастабильные странджелеты



Деконфайнмент в центре нейтронных звезд



Periodic Table of Strangelets

1 H	Periodic Table of Strangelets																2 He																	
3 Li	4 Be	5 El log CPL										Z Element Mass (amu) in MIT log model Mass (amu) in CPL model										6 B	7 C	8 N	9 O	10 F	11 Ne							
11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr									
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 --	111 --	112 --	113 --	114 --	115 --	116 --	117 --	118 --			

87 La	88 Ce	89 Pr	90 Nd	91 Pm	92 Sm	93 Eu	94 Gd	95 Tb	96 Dy	97 Ho	98 Er	99 Tm	100 Yb	101 Lu
92 Ac	93 Th	94 Pa	95 U	96 Np	97 Pu	98 Am	99 Cm	100 Bk	101 Cf	102 Es	103 Fm	104 Md	105 No	106 Lr