

Обнинск

Нейтроника-2019

О СТАБИЛЬНОСТИ НЕЙТРОННОГО
ВЕЩЕСТВА И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО
ПОЛУЧЕНИЯ. ПРОБЛЕМА "НУЛЕВЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ" В РАБОТАХ
Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

Рязанцев Г.Б., Бекман И.Н., Бунцева И.М.

**Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова**

Периодическая система элементов по группам и рядам.

Ряды.	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ											
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1	—	Водородъ H 1,008	—	—	—	—	—	—				
2	Гелий. He 4,0	Литій. Li 7,00	Бериллій. Be 9,1	Боръ. B 11,0	Углеродъ. C 12,0	Азотъ. N 14,01	Кислородъ. O 16,00	Фторъ. F 19,0				
3	Неонъ. Ne 19,9	Натріій. Na 23,06	Магній. Mg 24,36	Алюминій. Al 27,1	Кремній. Si 28,2	Фосфоръ. P 31,0	Сѣра. S 32,06	Хлоръ. Cl 35,45				
4	Аргонъ. Ar 38	Калиій. K 39,15	Кальцій. Ca 40,1	Скандій. Sc 44,1	Титанъ. Ti 48,1	Ванадій. V 51,2	Хромъ. Cr 52,1	Марганецъ. Mn 55,0	Железо. Fe 55,9	Кобальтъ. Co 59	Никель. Ni 59	(Cu)
5		Мідь. Cu 63,6	Цинкъ. Zn 65,4	Галлій. Ga 70,0	Германій. Ge 72,5	Мышьякъ. As 75	Селенъ. Se 79,2	Бромъ. Br 79,96				
6	Криptonъ. Kr 81,8	Рубидій. Rb 85,5	Стронцій. Sr 87,6	Иттрий. Y 89,0	Цирконій. Zr 90,6	Нобилій. Nb 94,0	Молибденъ. Mo 96,0		Рутеній. Ru 101,7	Родій. Rh 103,0	Палладій. Pd 106,5	(Ag)
7		Серебро. Ag 107,90	Кадмій. Cd 112,4	Индій. In 115,0	Олово. Sn 119,0	Сурьма. Sb 120,2	Теллуръ. Te 127	Иодъ. J 127				
8	Ксенонъ. Xe 128	Цезій. Cs 132,9	Барій. Ba 137,4	Лантанъ. La 138,9	Церій. Ce 140,2							
9												
10				Иттербій. Yb 173		Танталъ. Ta 183	Вольфрамъ. W 184		Осмій. Os 191	Иридій. Ir 193	Платина. Pt 194,8	(Au)
11		Золото. Au 197,2	Ртуть. Hg 200,0	Талій. Tl 204,1	Свинецъ. Pb 206,9	Висмутъ. Bi 208,5						
12			Радій. Rd 225		Торій. Th 232,5		Уранъ. U 238,5					

Вышіе солеобразные окислы:								
R	R ² O	RO	R ² O ³	RO ²	R ² O ⁵	RO ³	R ² O ⁷	RO ⁴
Вышіе газообразныя водородныя соединенія:								
					RH ⁴	RH ³	RH ²	RH

Вышіе солеобразные окислы:

R R²O RO R²O³ RO² R²O⁵ RO³ R²O⁷ RO⁴

Вышіе газообразные водородные соединения:

RH⁴ RH³ RH² RH



D. Mendeleev

Д. Менделѣевъ.
1869—1905.

Д. Менделѣевъ.

ОСНОВЫ ХИМИИ.

8-Е ИЗДАНИЕ,
ПНОВЬ ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типо-литогрaфiя М. П. Фроловой, Галерная улица, № 6.
1906.



БЕРНГАДЕВСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ
ИЛ. ДН. ПОДПИСАТЕЛЬСКИЕ

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H							
2	He	Li	Be	B	C	N	O	F
3	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
4	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn
5								
6	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc
7								
8	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm
9								
10	Rn	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60								
61								
62								
63								
64								
65								
66								
67								
68								
69								
70								
71								
72								
73								
74								
75								
76								
77								
78								
79								
80								
81								
82								
83								
84								
85								
86								
87								
88								
89								
90								
91								
92								
93								
94								
95								
96								
97								
98								
99								
100								
101								
102								
103								
104								
105								
106								
107								
108								
109								
110								
111								
112								
113								
114								
115								
116								
117								
118								
119								
120								
121								
122								
123								
124								
125								
126								
127								
128								
129								
130								
131								
132								
133								
134								
135								
136								
137								
138								
139								
140								
141								
142								
143								
144								
145								
146								
147								
148								
149								
150								
151								
152								
153								
154								
155								
156								
157								
158								
159								
160								
161								
162								
163								
164								
165								
166								
167								
168								
169								
170								
171								
172								
173								
174								
175								
176								
177								
178								
179								
180								
181								
182								
183								
184								
185								
186								
187								
188								
189								
190								
191								
192								
193								
194								
195								
196								
197								
198								
199								
200								
201								
202								
203								
204								
205								
206								
207								
208								
209								
210								
211								
212								
213								
214								
215								
216								
217								
218								
219								
220								
221								
222								
223								
224								
225								
226								
227								
228								
229								
230								
231								
232								
233								
234								
235								
236								
237								
238								
239								
240								
241								
242								
243								
244								
245								
246								
247								
248								
249								
250								
251								
252								
253								
254								
255								
256								
257								
258								
259								
260								
261								
262								
263								
264								
265								
266								
267</								

[illegible]

*свободный окисель
образующий соли:
высший окисель*

	Группа I. R^2O $H=1$ $H^2O, NH_4Cl, H^2N, H^2C, ROH.$	Группа II. R^2O^2 или RO	Группа III. R^2O^3	Группа IV. R^2O^4 или RO^2 RH^4	
Типичес.					
Рядъ	$Li=7$ $LiCl, LiOH, Li^2O, LiX, Li^2CO_3$	$Be=9,4$ $BeCl_2, BeO, Be^3, Al^3, Si^4, O^2$	$B=11$ $BCl_3, B^2O^3, BN, B^4, Na^2O, BF^3$	$C=12$ $CH_4, C^2H^2, CO, CO^2, CO^2, M^2$	N NH_3, NO, N
Периодъ 1-й. Рядъ 1.	$Na=23$ $NaCl, NaHO, Na^2O, Na^2SO_4, Na^2CO_3$	$Mg=24$ $MgCl_2, MgO, MgCO_3, MgSO_4, MgNH_4PO_4$	$Al=27,3$ $Al^2Cl_3, Al^2O_3, KAIS^2, O^3, 12H^2O.$	$Si=28$ $SiH_4, SiCl_4, SiH^2F^2, KAISi^2, O^3, SiO_2$	
Рядъ 2.	$K=39$ $KCl, KOH, K^2O, KNO_3, K^2PtCl_6, K^2SiF_6$	$Ca=40$ $CaSO_4, CaO, CaSiO_3, CaCl_2, CaO, CaCO_3$	$744=Eb?$	$Ti=48(50?)$ $TiCl_4, TiO_2, Ti^2O_3, FeTiO_3, TiOSO_4$	V $VOCl, Pb^3$
Рядъ 3.	$Cu=63$ CuX, CuX^2	$Zn=65$ $ZnCl_2, ZnO, ZnCO_3, ZnSO_4, ZnEt_2$	$768=El?$	$772=Es?$ $711, EsO^2?$	
Рядъ 4.	$Rb=85$ $RbCl, RbOH, Rb^2PtCl_6$	$Sr=87$ $SrCl_2, SrO, SrH^2O^2, SrSO_4, SrCO_3$	$89, 94$ $788=Y^2(92), ?Y^2, O^3, ?X^2?$	$Zr=90$ $ZrCl_4, ZrO_2, ZrX^4$	Ni NbO, Nb^2O
Рядъ 5.	$Ag=108$ $AgX, AgCl_2$	$Cd=112$ $CdCl_2, CdO, CdS, CdSO_4$	$In=113$ $InCl_3, In^2O_3$	$Sn=118$ $SnCl_2, SnCl_4, SnO_2, SnX^4, SnNa^2O^2$	
Рядъ 6.	$Cs=133$ $CsCl, CsOH, Cs^2PtCl_6$	$Ba=137$ $BaCl_2, BaH^2O^2, BaO, BaSO_4, BaSiF_6$	La, Bg $?138=La^2=D^2(144), ?La^2, O^3, LaX^3$	$Ce=140(1382)$ $CeCl_3, Ce^2O_3, CeO_2, CeX^3, CeX^4, CeK^2X^6$	
Рядъ 7.	153	158			
Рядъ 8.	175	177	$Er, 170$ $?178=Er^2(189), ?Er^2, O^3, ErX^3$	$Di, 175-190$ $?180=Di^2=La(187), ?DiO^2, DiX^4?$	Ta $Ta^2, 1$
Рядъ 9.	$Au=197$ AuX, AuX^3	$Hg=200$ $HgCl_2, HgCl_4, Hg^2O, HgO, HgX^2, nHgO$	$Tl=204$ $TlCl, Tl^2O, Tl^2O^2, Tl^2SO_4, TlCl^3$	$Pb=207$ $PbCl_2, PbO, PbO_2, PbEt_4, PbSO_4, PbK^2O^2, B$	
Рядъ 10.	220	225	227	$Th=231$ $ThCl_4, ThO_2, ThX^4, Th(SO_4)^3$	

	Г р у п п ы э л е м е н т о в										
Ряды	0	I	II	III	IV	V	VI	VII		VIII	
0	Гелий He										
1	Кислород H	Водород H 1,008	—	—	—	—	—	—			
2	Гелий He 4,0	Литий Li 7,03	Бериллий Be 9,1	Бор B 11,0	Углерод C 12,0	Азот N 14,01	Кислород O 16,00	Фтор F 19,0			
3	Неон Ne 19,9	Натрий Na 23,05	Магний Mg 24,36	Алюминий Al 27,1	Кремний Si 28,2	Фосфор P 31,0	Сера S 32,06	Хлор Cl 35,45			
4	Аргон Ar 38	Калий K 39,15	Кальций Ca 40,1	Стронций Sr 44,1	Титан Ti 48,1	Ванадий V 51,2	Хром Cr 52,1	Марганец Mn 55,1	Железо Fe 55,9	Кобальт Co 59	Никель Ni 59
5		Медь Cu 63,6	Цинк Zn 65,4	Галлий Ga 70,0	Германий Ge 72,5	Мышьяк As 75	Селен Se 79,2	Бром Br 79,95			
6	Криптон Kr 81,8	Рубидий Rb 85,5	Стронций Sr 87,6	Иттрий Y 89,0	Цирконий Zr 90,6	Ниобий Nb 94,0	Молибден Mo 96,0	—	Рутений Ru 101,7	Родий Rh 103,0	Палладий Pd 106,5
7		Серебро Ag 107,93	Кадмий Cd 112,4	Индий In 115,0	Олово Sn 119,0	Сурьма Sb 120,2	Теллур Te 127	Иод I 127			
8	Ксенон Xe 128	Цезий Cs 132,9	Барий Ba 137,4	Лантан La 138,9	Церий Ce 140,2	—	—	—	—	—	—
9		—	—	—	—	—	—	—			
10	—	—	—	Иттербий Yb 173	—	Тантал Ta 183	Вольфрам W 184	—	Осний Os 191	Иридий Ir 193	Платина Pt 194,8
11											
12	—	—	Радий Ra 225	—	Торий Th 232,5	—	Уран U 238,5				

ПОПЫТКА
ХИМИЧЕСКАГО ПОНИМАНІЯ
МІРОВОГО ЭОИРА.

Д. Менделѣевъ.



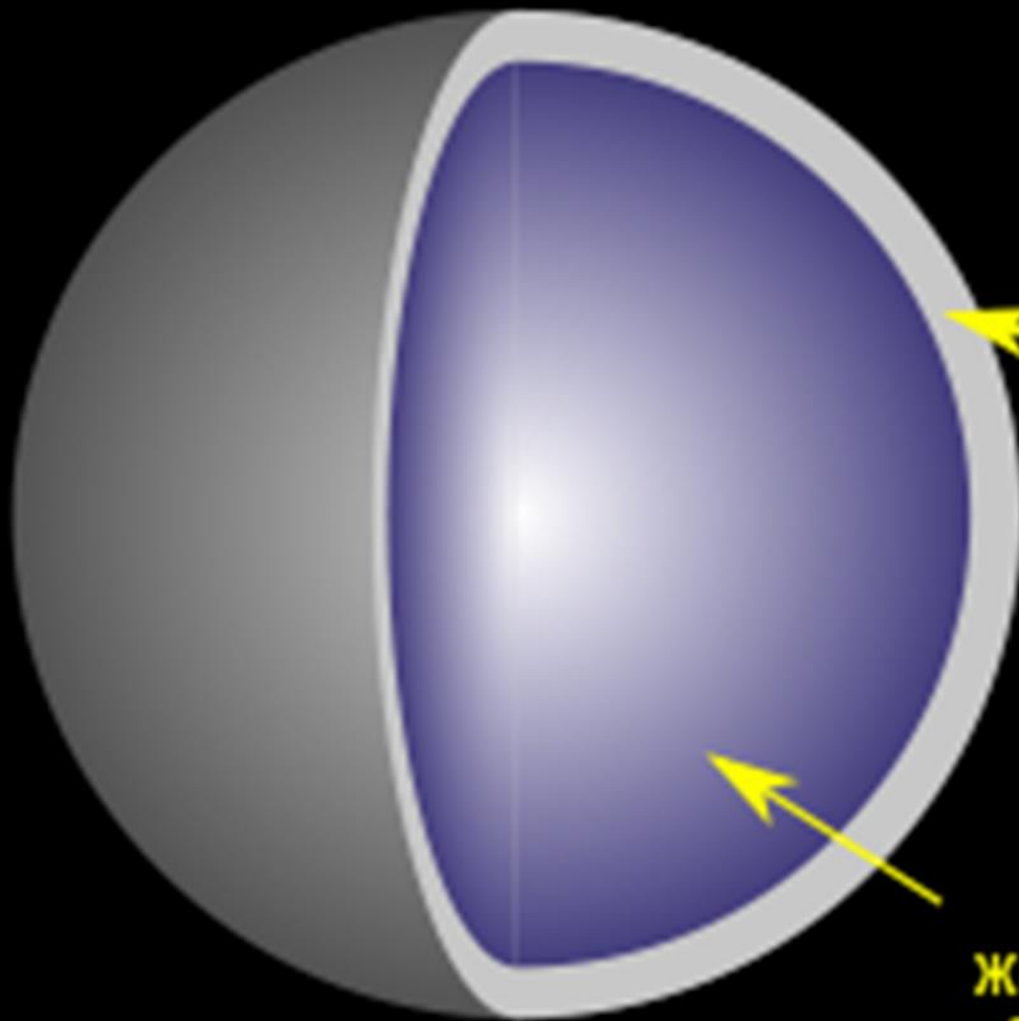
С.-ПЕТЕРБУРГЪ,
Типо-литографія М. П. Фролова въ Талерманъ ул., д. № 4.
1905.

► «Избранный предмет давно занимал мои мысли, но по разнообразного рода соображениям мне не хотелось еще говорить о нем, особенно же потому, что меня самого не вполне удовлетворяли те немногие выяснения, которые считал могущими выдержать критику, и я все ждал от опытов, которыми намерен был продолжить свои первые попытки, ответов, более обнадеживающих в правильности родившихся умозаключений. Годы однако уходили, дела более настойчивые отрывали, да никто и не затрагивал вопроса, казавшегося мне жгучим, вот я и решился сказать в отношении к нему - что и как умею, ничуть не претендуя на его решение, хотя бы приближенное».

- ▶ «Когда я прилагал периодический закон к аналогам бора, алюминия и кремния, я был на 33 года моложе, во мне жила полная уверенность, что рано или поздно предвидимое должно непременно оправдаться, потому что мне все там было ясно видно. Оправдание пришло скорее, чем я мог надеяться. Тогда я не рисковал, теперь рискую. На это надобна решимость. Она пришла, когда я видел радиоактивные явления ... и когда я сознал, что откладывать мне уже невозможно и что, быть может, мои несовершенные мысли наведут кого-нибудь на путь более верный, чем тот возможный, какой представляется моему слабеющему зрению».

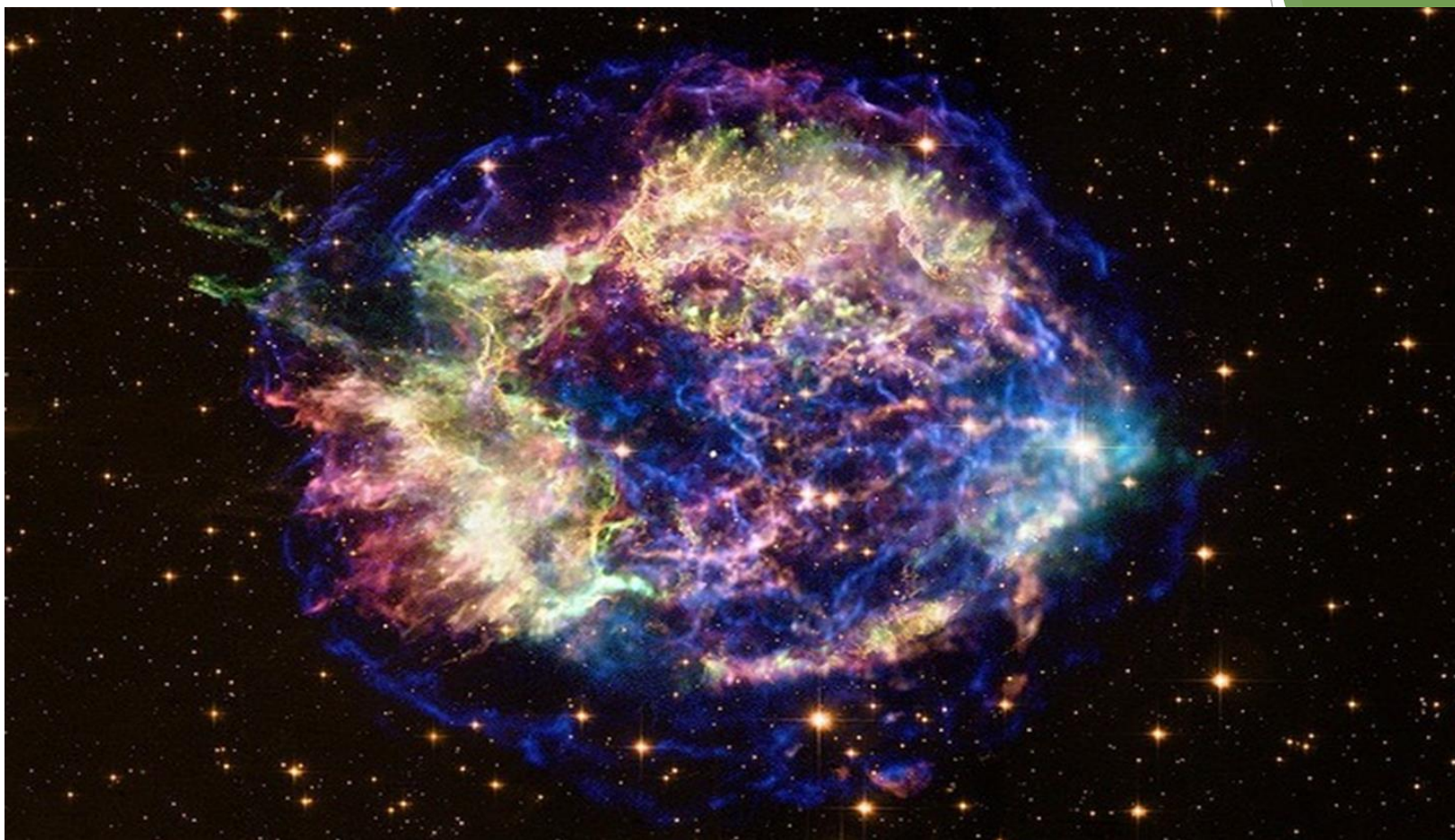
Нейтронная звезда

1,5 массы Солнца
~ 20 км в диаметре



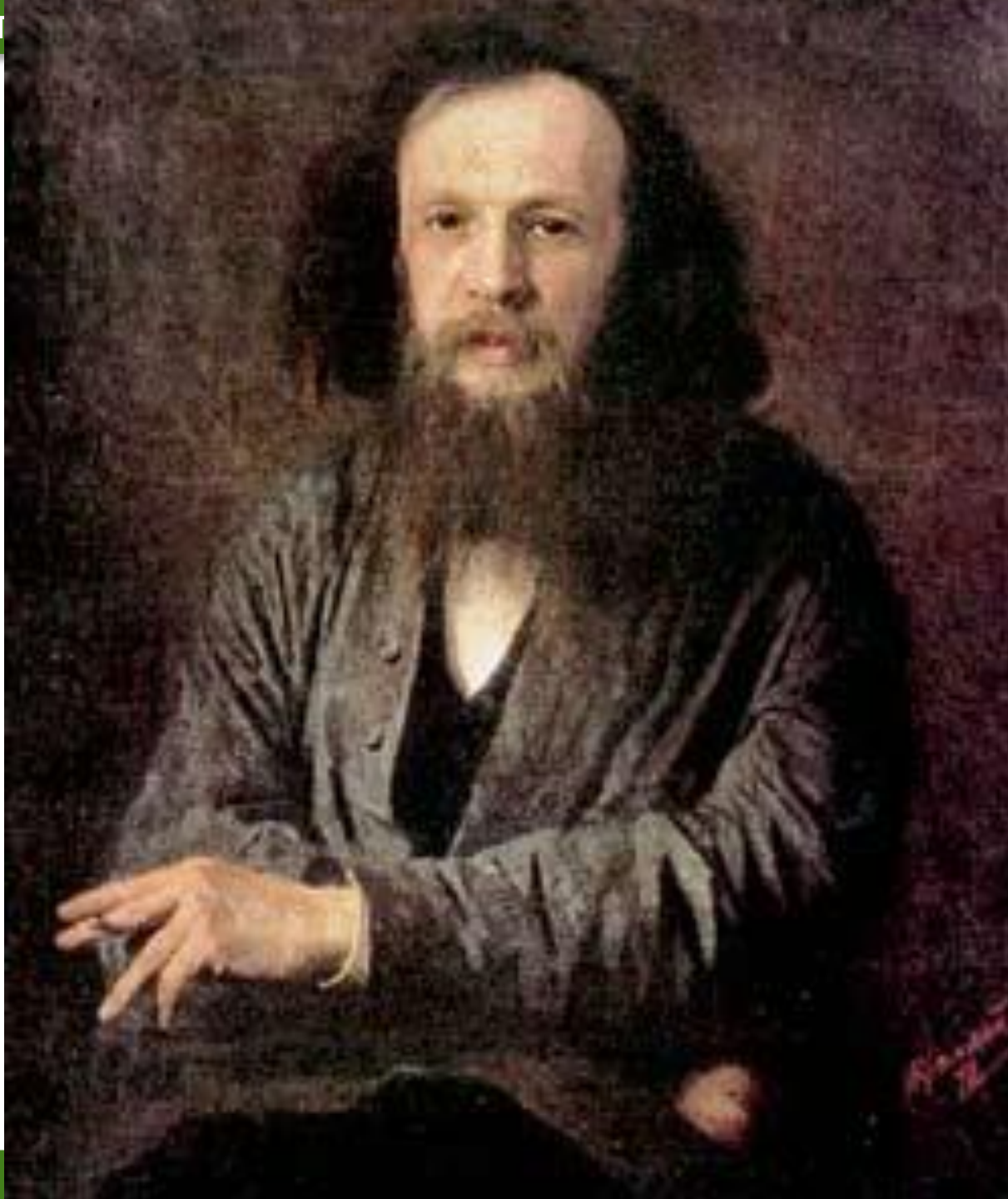
Твердая оболочка
~ 2 км

Жидкая середина
Состоящая в основном из
нейтронов, а также из
других частиц



Нейтронное вещество с позиций Общей химии формально может быть отнесено к химически простым (т.е., не может быть разложено еще на более простые химическим путем), тогда неизбежно возникает вопрос об Элементе, ему соответствующему, и его месте в Периодической системе (ПС). Исходя из логики Периодического закона (ПЗ) – (порядковый номер - электрический заряд) - порядковый номер нейтронного вещества будет соответствовать нулю, что заставляет вспомнить идеи **Дмитрия Ивановича Менделеева** о нулевой группе и периоде.

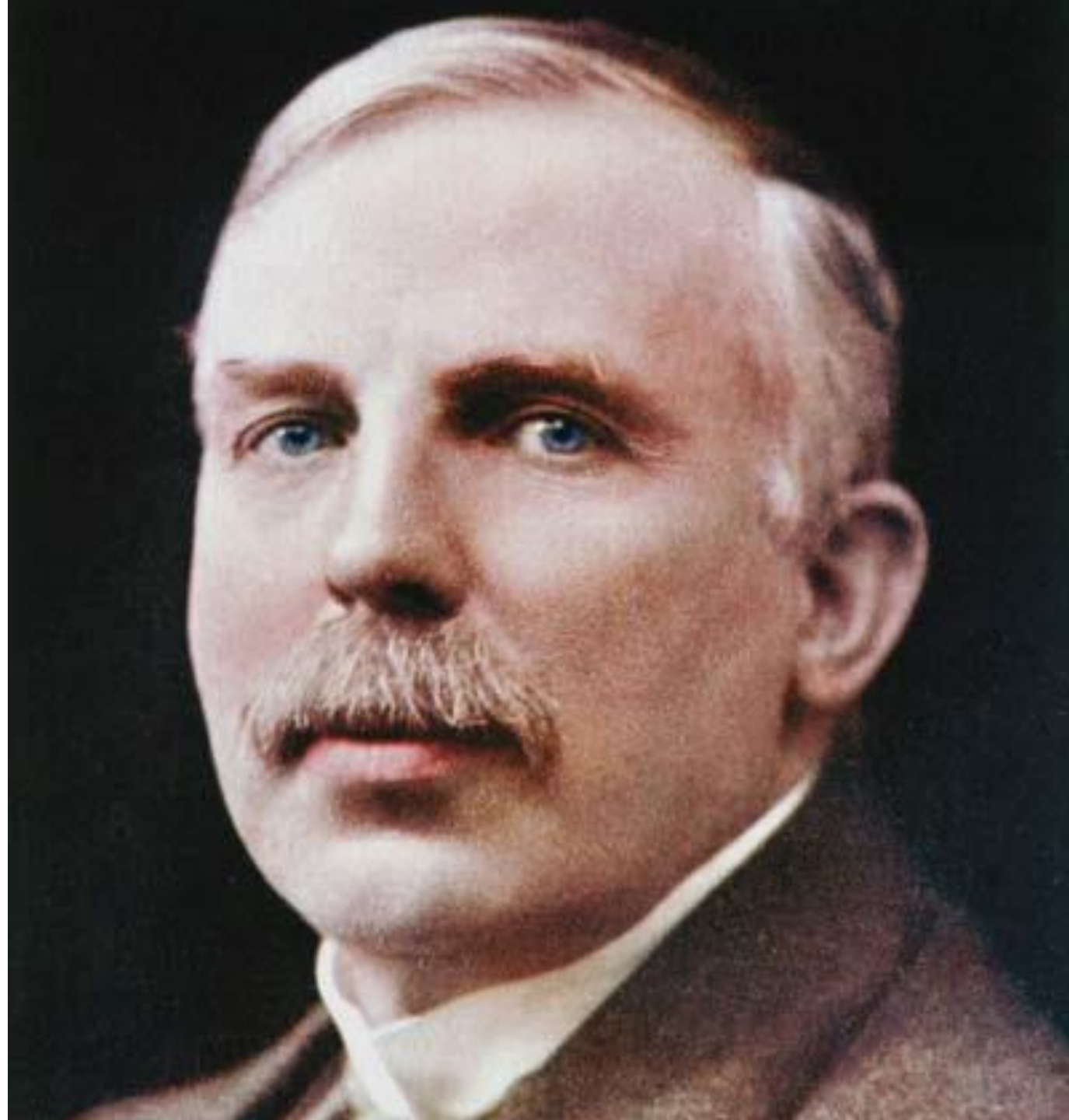
Д.И. Менделеев предполагал существование доводородных элементов X и Y. Элемент X (Менделеев называет его «**Ньютонием**») получал свое место в периодической системе - в нулевом периоде нулевой группы, как легчайший аналог инертных газов. Кроме того, Менделеев допускал существование еще одного элемента легче водорода – элемента Y, «**Корония**» .



Періодическая система элементовъ по группамъ и рядамъ.

Ряды.	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ:											
	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
0	х	—	—	—	—	—	—	—				
1	у	Водо- родъ. Н 1,008	—	—	—	—	—	—				
2	Гелий. He 4,0	Литий. Li 7,03	Берил- лий. Be 9,1	Боръ. В 11,0	Угле- родъ. С 12,0	Азотъ. N 14,01	Кисло- родъ. O 16,00	Фторъ. F 19,0				
3	Неонъ. Ne 19,0	Натрий. Na 23,05	Маг- ний. Mg 24,36	Алю- миний. Al 27,1	Крем- ний. Si 28,2	Фос- форъ. P 31,0	Съра. S 32,06	Хлоръ. Cl 35,45				
4	Ар- гонъ. Ar 38	Ка- лий. K 39,15	Каль- ций. Ca 40,1	Скан- дий. Sc 44,1	Ти- танъ. Ti 48,1	Вана- дий. V 51,2	Хромъ. Cr 52,1	Мар- ганецъ. Mn 55,0	Же- лѣзо. Fe 55,9	Ко- бальтъ. Co 59	Ник- кель. Ni 59	(Cu)
5		Мѣдь. Cu 63,6	Цинкъ. Zn 65,4	Гал- лій. Ga 70,0	Гер- маній. Ge 72,5	Мишъ- якъ. As 75	Се- лень. Se 79,2	Бромъ. Br 79,95				
6	Крип- тонъ. Kr 81,8	Ру- бидій. Rb 85,5	Строн- цій. Sr 87,6	Ит- трій. Y 89,0	Цир- коній. Zr 90,6	Ніо- бій. Nb 94,0	Молиб- денъ. Mo 96,0		Ру- теній. Ru 101,7	Родій. Rh 103,0	Пал- ладій. Pd 106,5	(Ag)
7		Сере- бръ. Ag 107,93	Кад- мій. Cd 112,4	Ин- дій. In 115,0	Оло- во. Sn 119,0	Суръ- ма. Sb 120,2	Тел- луръ. Te 127	Иодъ. J 127				
8	Ксе- нонъ. Xe 128	Це- зий. Cs 132,9	Ба- рій. Ba 137,4	Лан- танъ. La 138,9	Це- рій. Ce 140,2	—	—	—				
9		—	—	—	—	—	—	—				
10	—	—	—	Итер- бий. Yb 173	—	Тан- талъ. Ta 183	Вольф- рамъ. W 184	—	Ос- мій. Os 191	Ири- дій. Ir 193	Пла- тина. Pt 194,8	(Au)
11		Зо- лото. Au 197,5	Ртуть. Hg 200,0	Талій. Tl 204,1	Сви- нецъ. Pb 206,9	Висъ- мутъ. Bi 208,5	—	—				
12		—	Радій. Rd 225	—	Торій. Th 232,5	—	Уранъ. U 238,5					

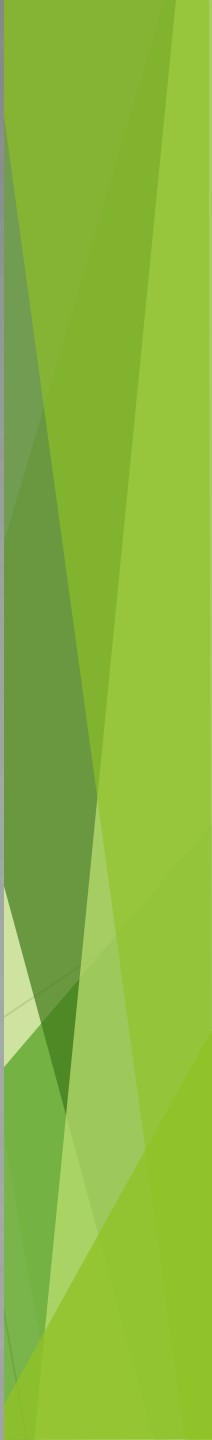
Следует отметить, что и после Д.И. Менделеева вопрос о «нулевых» элементах неоднократно поднимался: например, Эрнэстом Резерфордом (*Ernest Rutherford*) в 1920 г. и Андреасом фон Антроповым (*Andreas von Antropoff*) в 1926 г. (до открытия самого нейтрона) как обозначение для гипотетического элемента с атомным номером *нуль*, который он поместил в начало периодической таблицы. А. Антроповым же впервые был предложен термин **«Нейтроний»**, хотя тогда под этим термином понимался только сам еще не открытый, но уже ожидаемый нейтрон.



Джеймс Чедвик



В настоящее же время на это место в ПС могут претендовать как **динейтрон**, так и **тетранейтрон**, сведения о которых уже появлялись в печати и которые формально можно рассматривать в качестве изотопов нейтрона. Не трудно видеть, что и само вещество нейтронных звезд, которое в 1937 г. предсказал Л.Д. Ландау и открыли в 1968 г. астрономы из Кембриджа, может быть рассмотрено с точки зрения изотопии элемента **Нейтрония**.





О конденсации холодных нейтронов впервые заговорил Г.А. Гамов. Редко упоминают эту идею, которая со временем нашла применение в теории нейтронных звезд. Гамов в 1937–38 годах показал, что при сжатии нейтронного газа возникает новое сверхплотное состояние вещества. Ключевая гипотеза Гамова: «мы можем предположить, что нейтроны из этого относительно холодного облака постепенно объединялись во все более крупные нейтральные комплексы...».

G. Gamow, Phys. Rev., 70, 572, 1946

Expanding Universe and the Origin of Elements

G. GAMOW

The George Washington University, Washington, D.C,
September 13, 1946

<http://web.ihep.su/dbserv/compas/src/gamow46/eng.pdf>

We can anticipate that neutrons forming this comparatively cold cloud were gradually coagulating into larger and larger neutral complexes which later turned into various atomic species by subsequent processes of β -emission.

G. Gamow







Вальтер Бааде



Фриц Цвикки





Энтони Хьюиш

Процесс превращения обычного вещества в нейтронное под воздействие гравитационных сил в процессе эволюции некоторых звезд получил название – **Нейтронизация**. На заключительных стадиях эволюции некоторых звёзд плотность вещества сильно возрастает, и электронный газ становится вырожденным. Энергия вырожденных электронов достигает такой величины, что они уже могут преодолевать энергетический барьер и захватываться атомными ядрами. Начинают идти процессы т.н. обратного бета-распада, посредством которых протоны превращаются внутри атомных ядер в нейтроны. Именно этот процесс множественного захвата электронов атомными ядрами, сопровождающийся излучением нейтрино, называют **Нейтронизацией**.

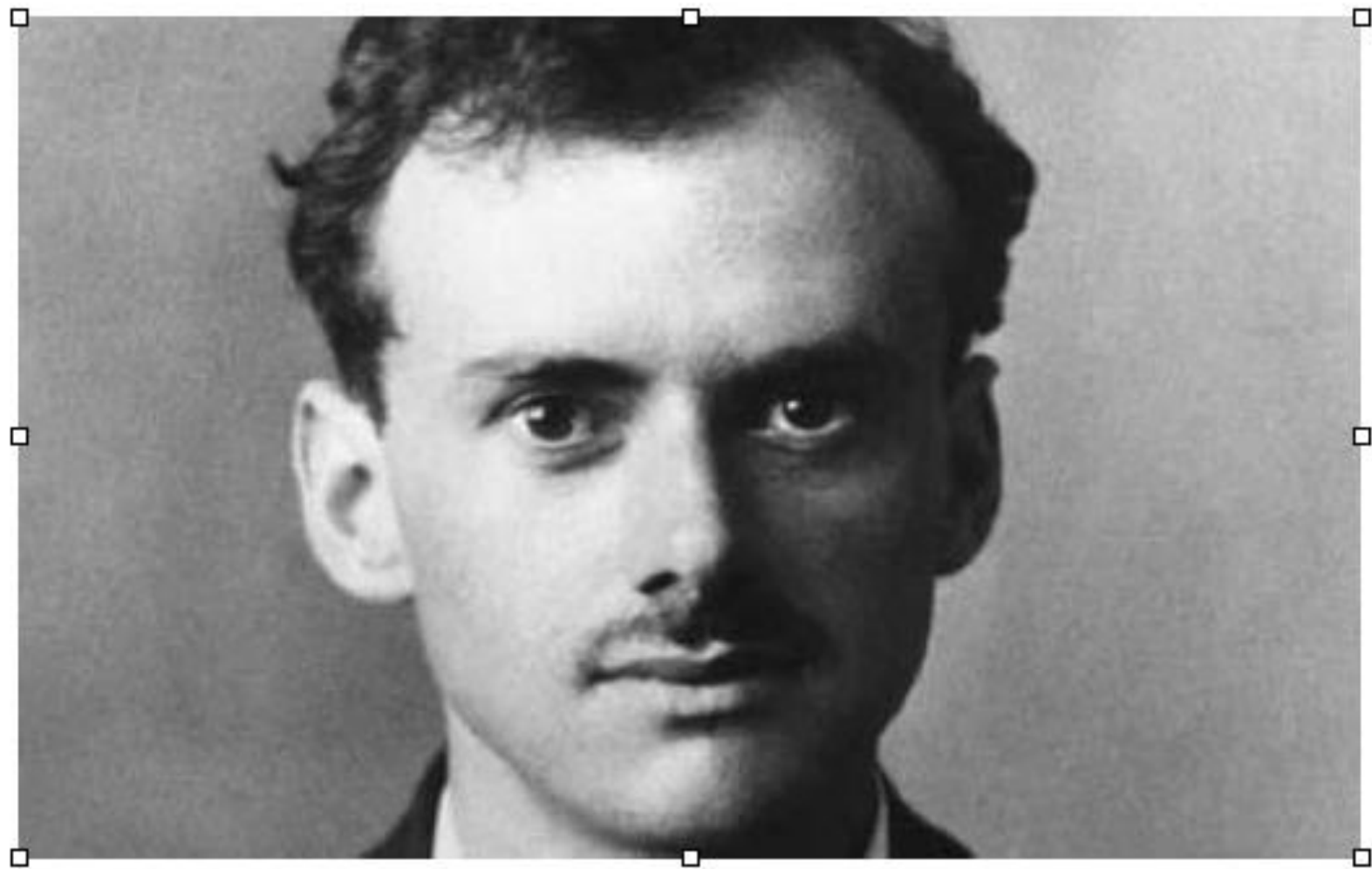
Энергетический порог реакции велик, поэтому только при высоких плотностях вещества, характерных для конечных стадий эволюции звёзд, энергия электронов может превысить критическую величину порога Нейтронизации. Гравитационная нейтронизация достаточно широко описана и подробно обсуждена, однако возможны и другие механизмы нейтронизации, например: конденсация ультрахолодных нейтронов (УХН) и нейтронизация за счет критического увеличения порядкового номера элементов в ПС.

Поскольку сейчас стоит вопрос о «начале» и «конце» ПС, обратимся к рассмотрению нейтронизации за счет критического увеличения порядкового номера элементов в ПС. Проблема устойчивости сверхтяжелых атомов довольно подробно была описана Зельдовичем Я.Б. и Поповым В.С. еще в 1971 г. . Вопрос об электронной структуре атома при сверхкритическом заряде ядра ($Z > 170$), представляет большой принципиальный интерес.

«Нельзя считать законченной квантовую теорию электронов, позитронов и электромагнитного поля до тех пор, пока не достигнута полная ясность в указанном вопросе» — считают авторы.







$$\left(\beta mc^2 + \sum_{k=1}^3 \alpha_k p_k c \right) \psi(\mathbf{x}, t) = i\hbar \frac{\partial \psi(\mathbf{x}, t)}{\partial t}$$

Еще ранее (1927—1933) **Поль Адриен Морис Дирак** был занят построением адекватной релятивистской теории электрона. Несколько недель работы привели его к подходящему уравнению. Волновая функция должна иметь четыре компоненты. Полученное уравнение (**уравнение Дирака**) оказалось весьма удачным, поскольку оно естественным образом включает спин электрона и его магнитный момент. В статье «**Квантовая теория электрона**», отосланной в печать в январе 1928 года, содержался также основанный на полученном уравнении расчет спектра водородного атома, оказавшийся в полном согласии с экспериментальными данными.

Поль Дирак в 1928 г. показал, что в кулоновском поле точечного заряда Ze решение становится сингулярным при $Z = 137$. Введя в рассмотрение конечные размеры ядра **И.Я. Померанчук и Я.А. Смородинский** в 1945 г. показали, что точный расчет приводит к критическому заряду ($Z_c = 170$). В работе **С.С. Герштейна и Я.Б. Зельдовича** в 1969 г. было сделано предположение о том, что при $Z > Z_c$ голое ядро Z спонтанно излучает позитроны. Атом с заполненной K-оболочкой при повышении заряд ядра $Z > Z_c$ (с ростом Z электронные уровни продолжают опускаться, а размер ядер расти) непосредственно переходит в сверхкритическое состояние, не излучая позитроны, а путем захвата электронов ядром.

Однако нельзя не сделать **несколько критических замечаний**:

1. При безусловной эвристической ценности статьи Зельдовича и Попова, они не пошли дальше – не сделали прямого вывода о практически полной нейтронизации сверхкритических ядер, хотя и заложили предпосылки для этого.
2. Их вывод о том, что свойства внешних оболочек атома (определяющие, в частности, менделеевскую периодичность химических свойств) закономерно продолжаются в закритическую область – вызывает сомнение.
3. Они недооценивали роли поляризации вакуума. Хотя были работы , утверждающие, что поляризация вакуума неограниченно растет при $Z > Z_c$. Это противоречило их выводам, однако, на наш взгляд, это ближе к истине и именно это приводит к неизбежной и практически полной нейтронизации сверхкритических ядер.

Постепенная нейтронизация ядер элементов наблюдается еще задолго до достижения критических значений Z , что представлено в Таблица 1

№№ периодов таблицы Менделеева

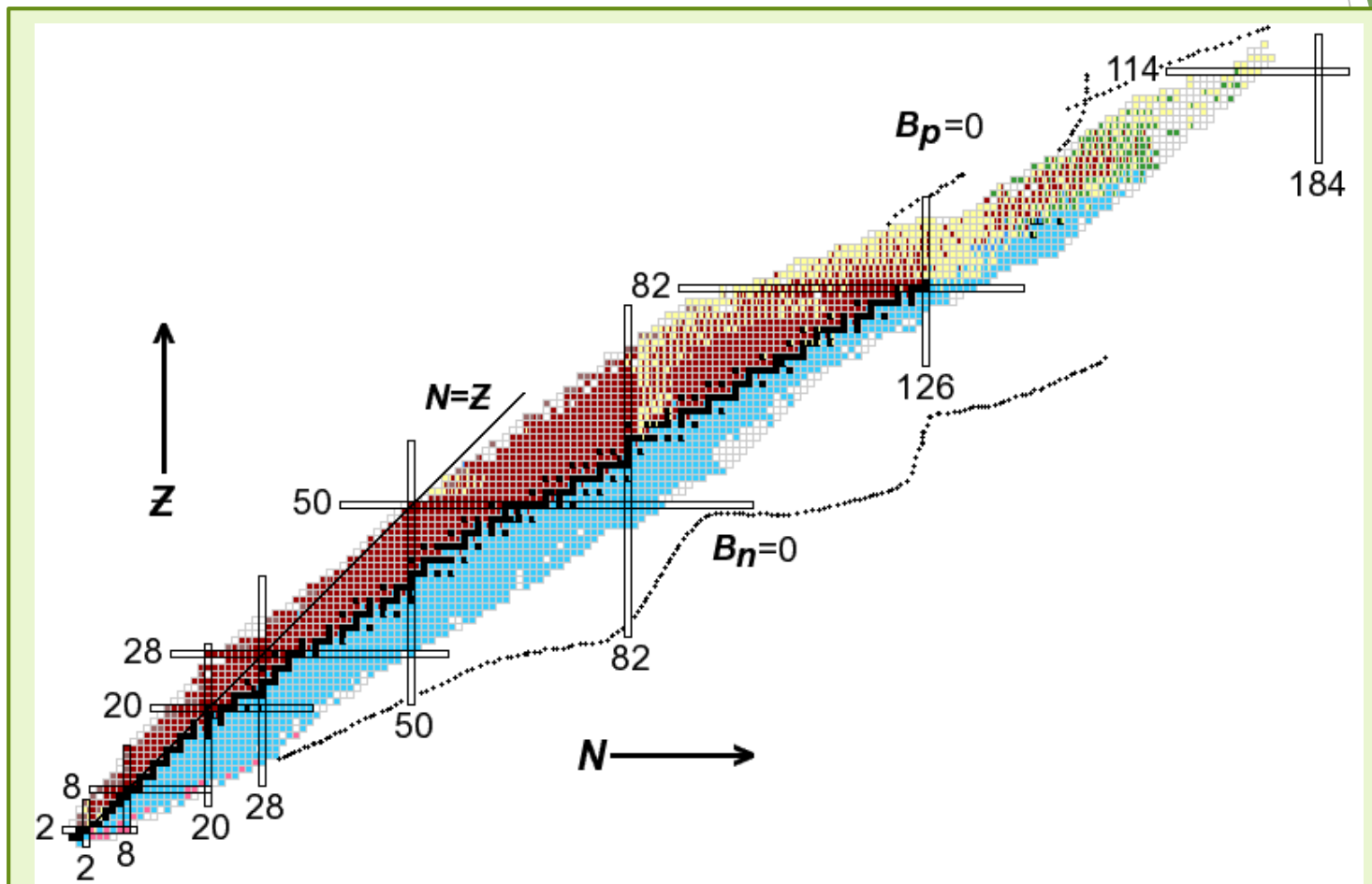
1	2	3	4	5	6	7
0,5	0,94	1,03	1,15	1,28	1,48	1,53

Средний по периоду показатель соотношения количества нейтронного и протонного вещества в ядрах химических элементов

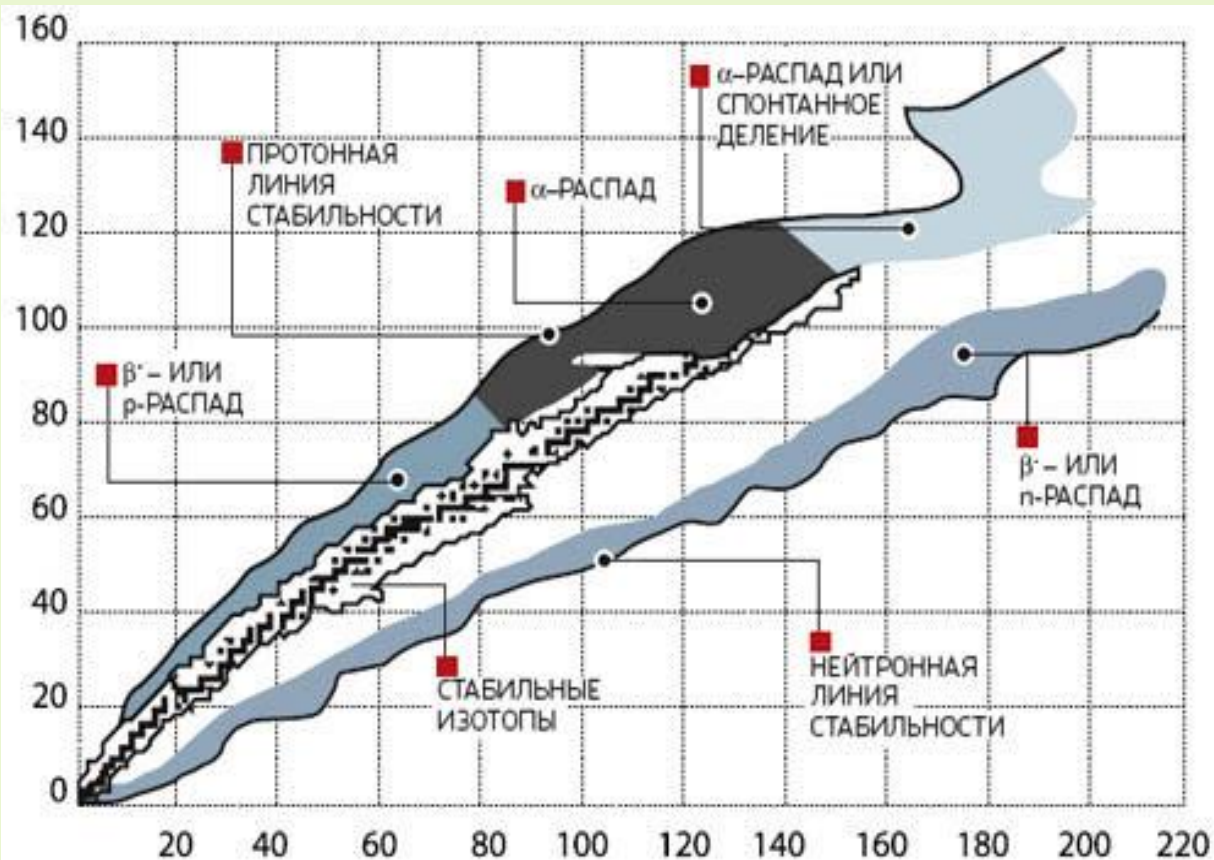
Качественно рост степени нейтронизации ядер можно хорошо наблюдать по ходу кривой на протон – нейтронной диаграмме.

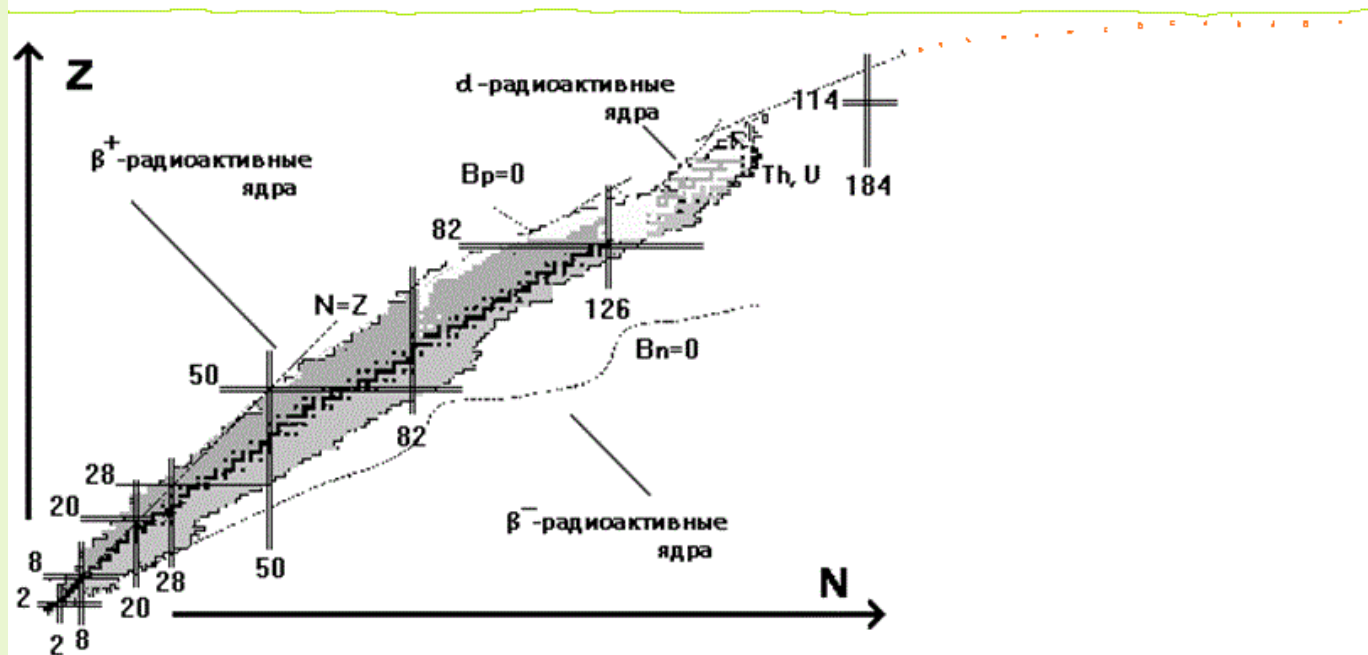
Конец Периодической системы

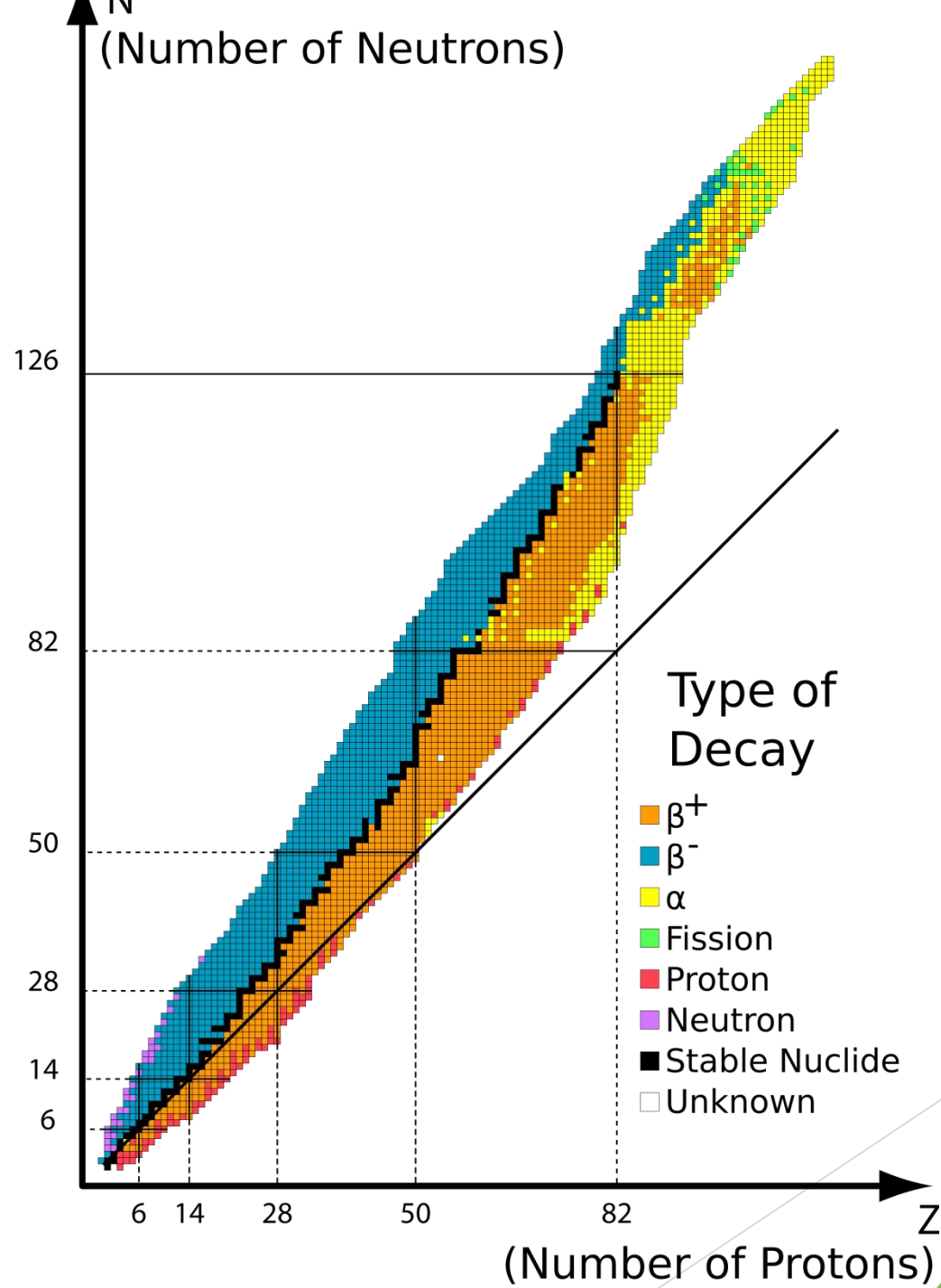
Есть или нет?

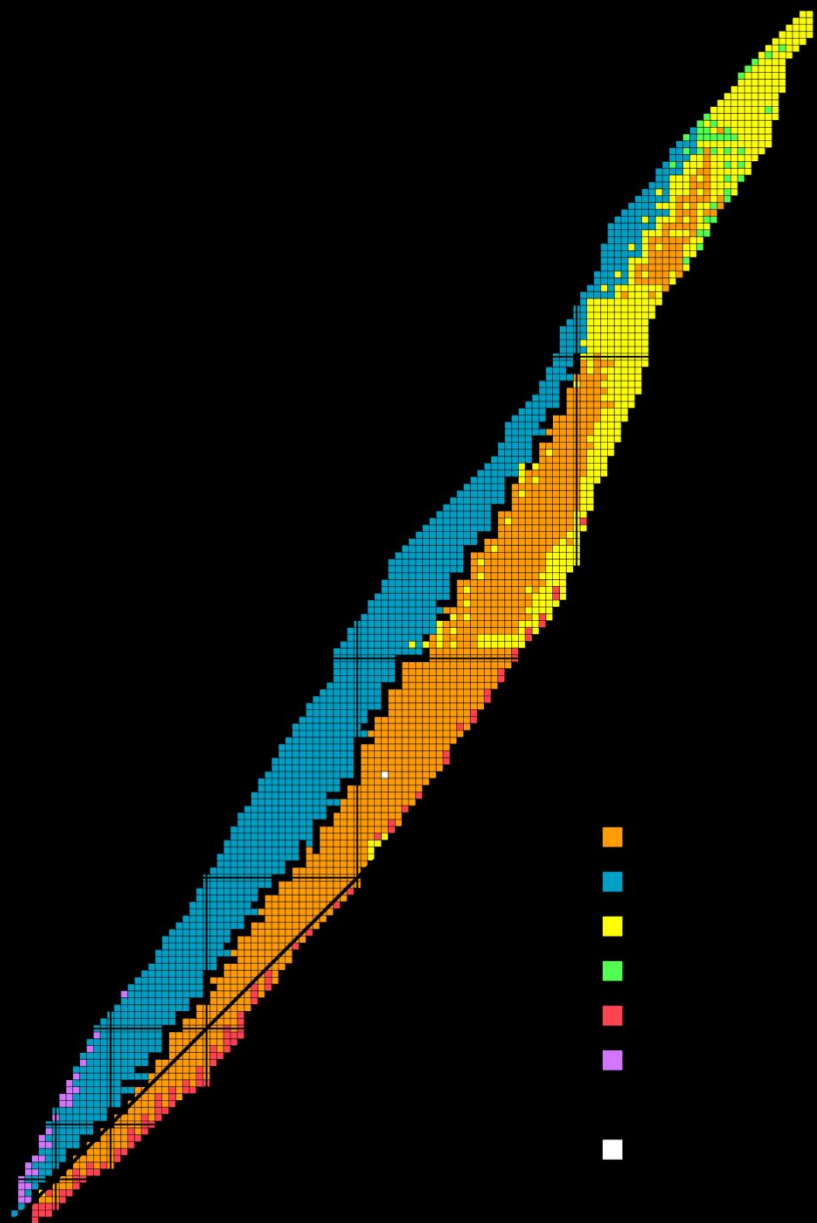


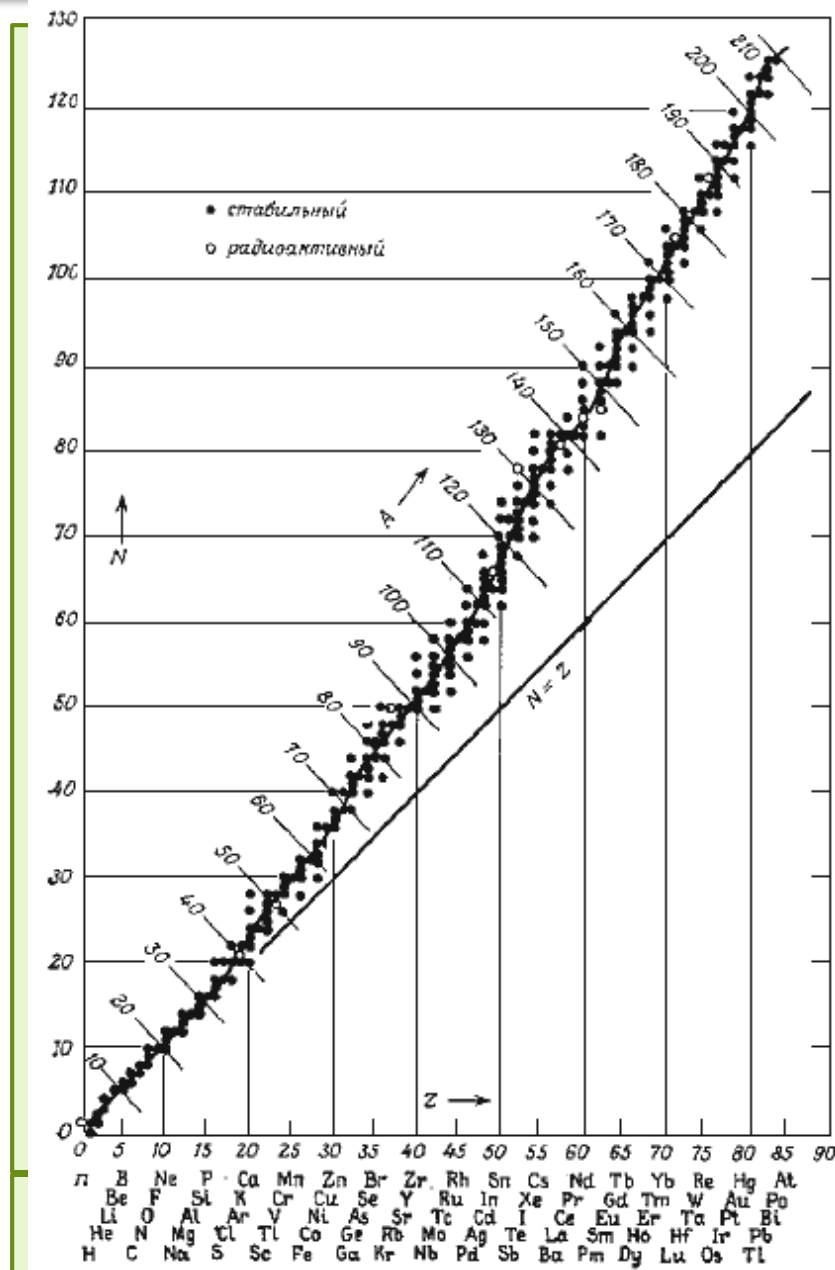
Нейтрон-протонная диаграмма

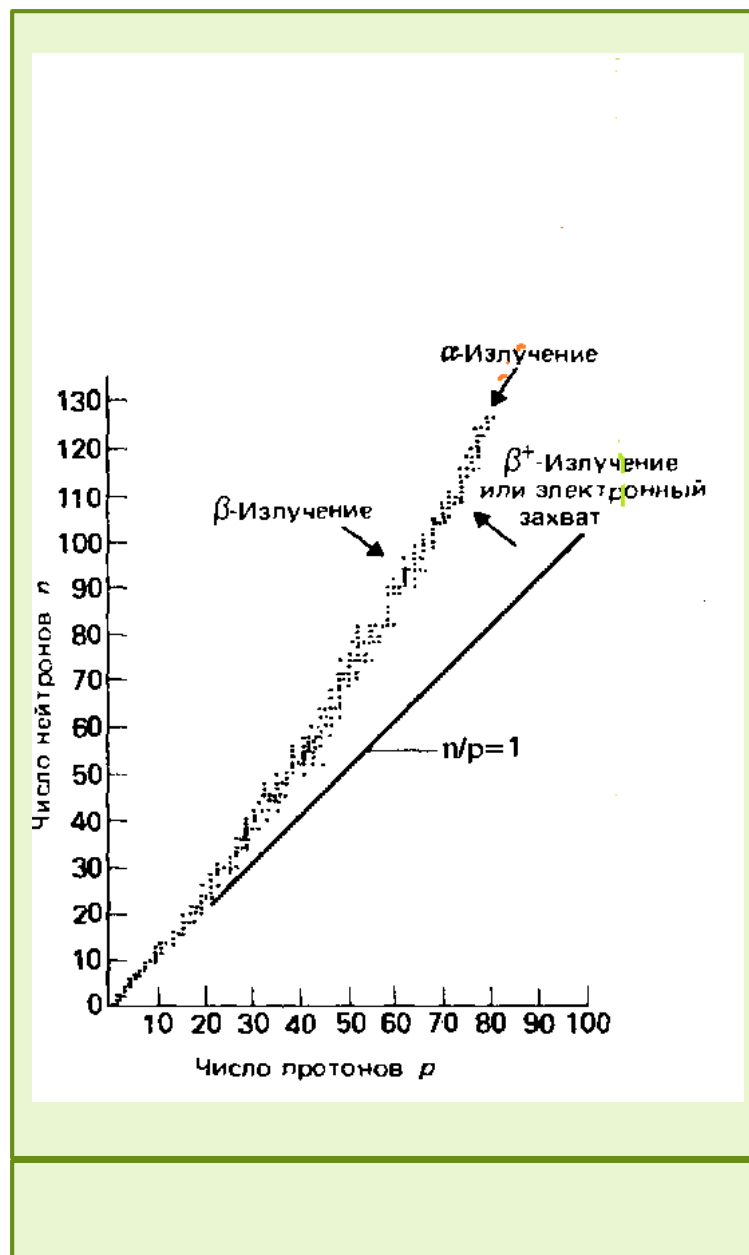


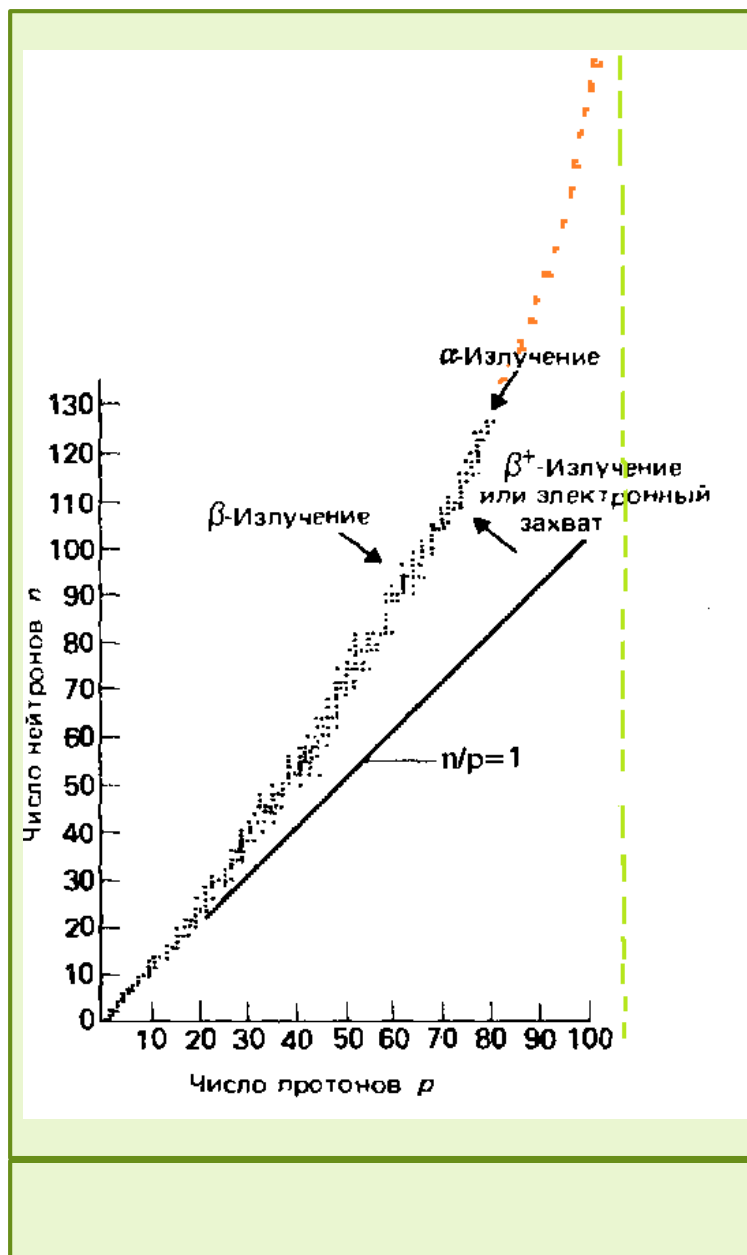


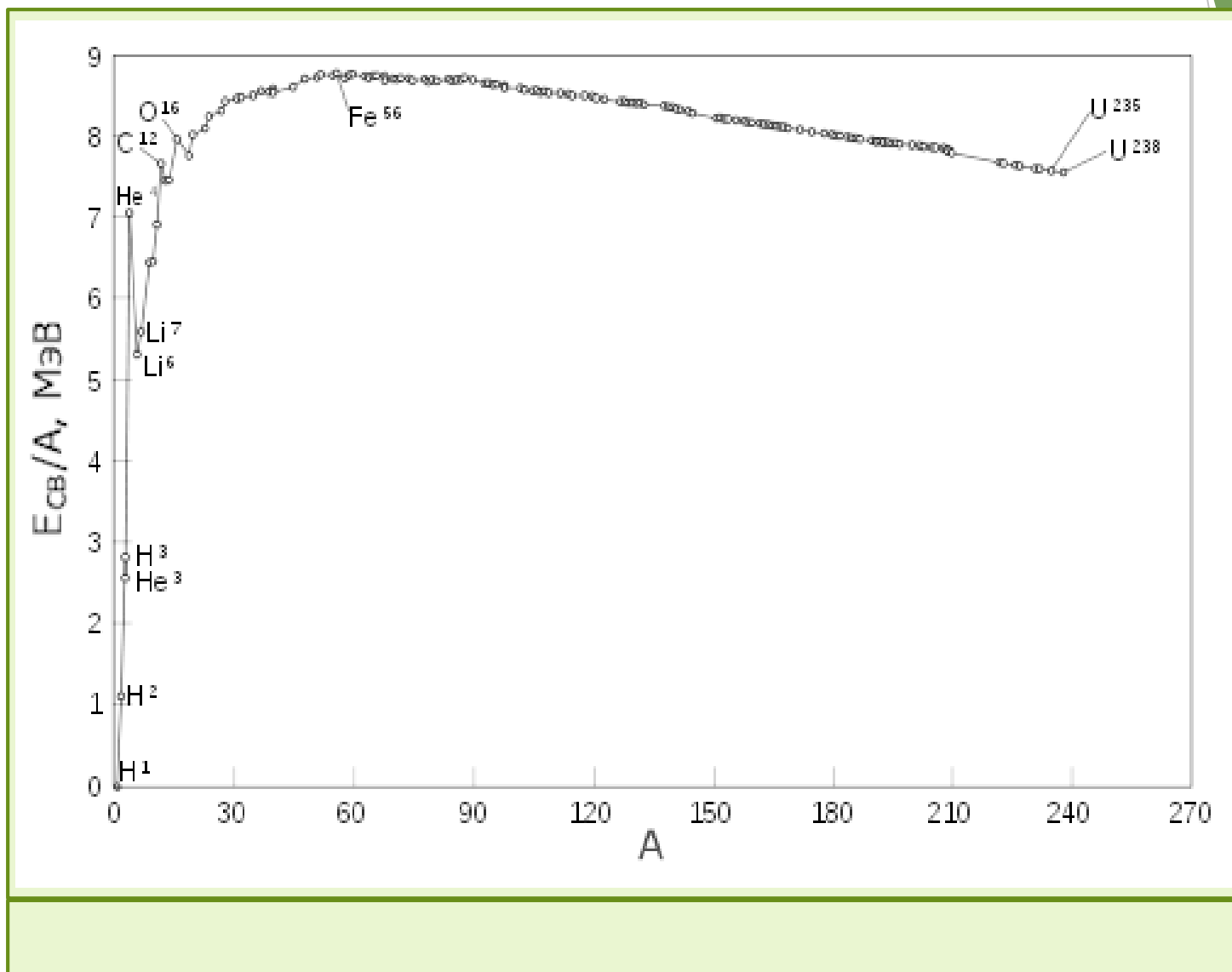












Вайцзеккер получил полуэмпирическую формулу
для энергии связи :

$$E_{\text{св}} = \alpha A - \beta A^{2/3} - \gamma Z^2 A^{-1/3} - \xi (N-Z)^2 / A + \delta A^{-3/4},$$

где $\alpha = 15,75$ МэВ; $\beta = 17,8$ МэВ; $\gamma = 0,71$ МэВ; ξ
 $= 22$ МэВ;

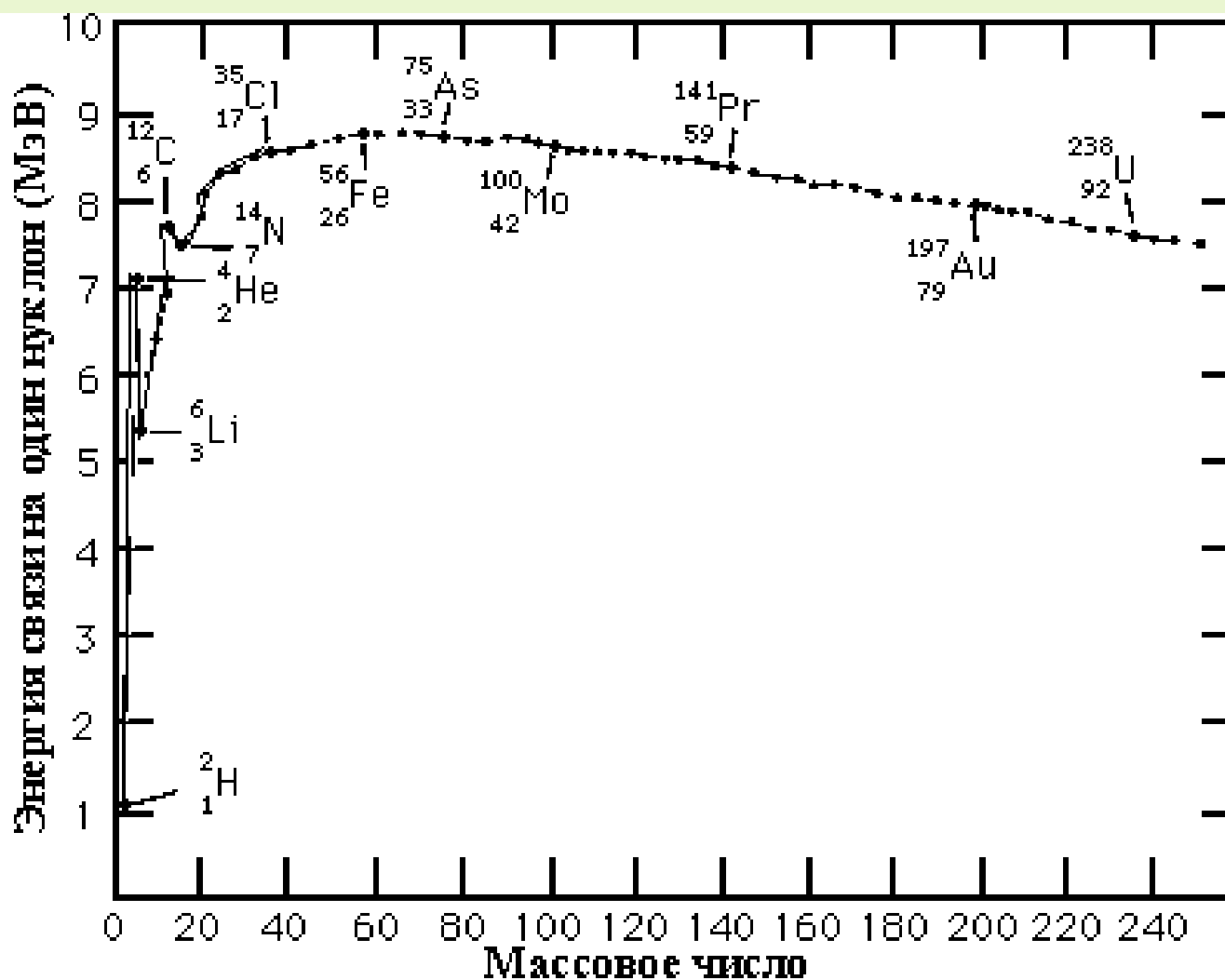
$\delta = +34$ МэВ для чётно-чётных

$\delta = 0$ МэВ для нечётных

$\delta = -34$ МэВ для нечётных-нечётных







Вайцзеккер получил полуэмпирическую формулу для энергии связи :

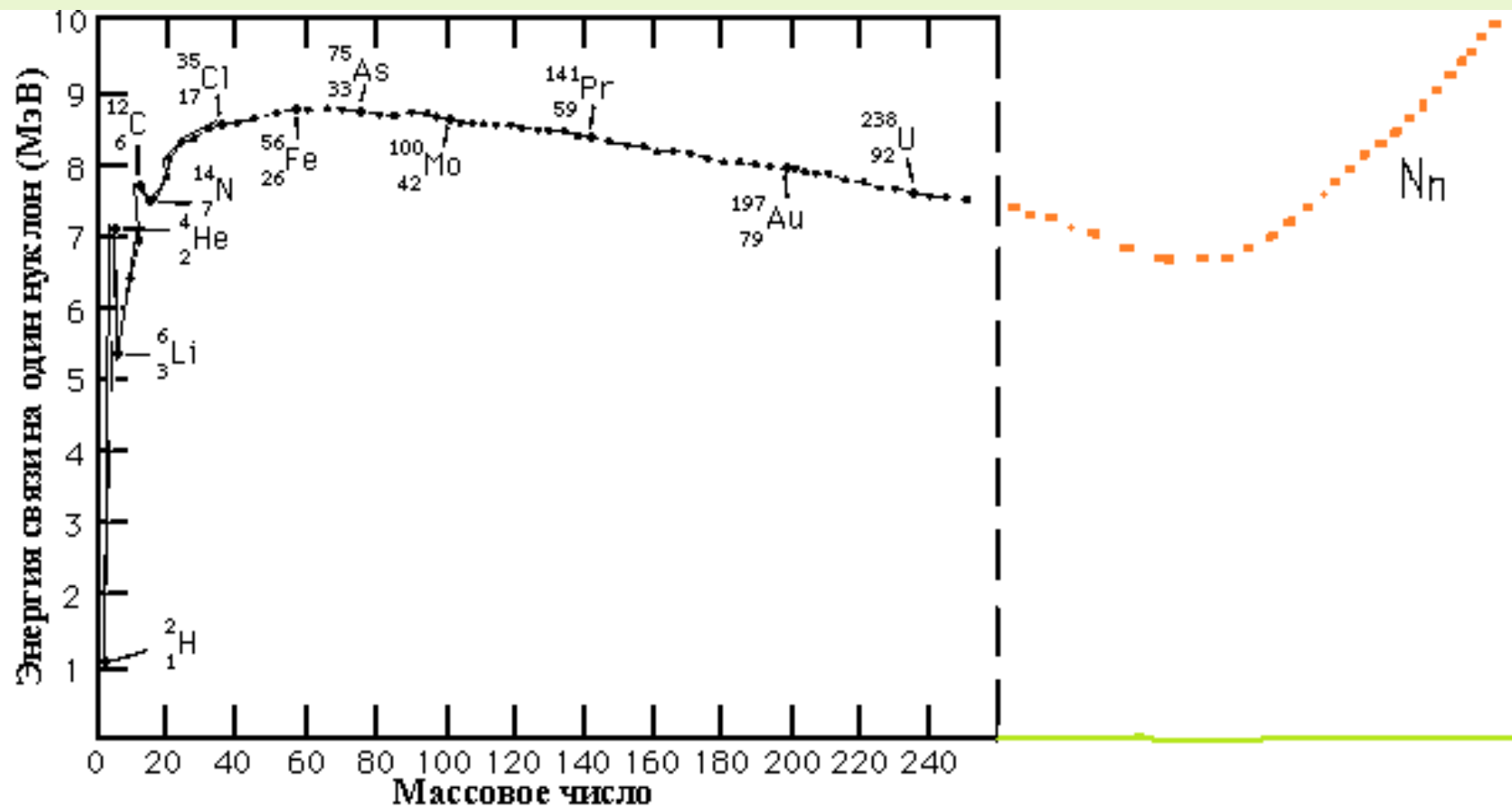
$$E_{\text{св}} = \alpha A - \beta A^{2/3} - \gamma Z^2 A^{-1/3} - \xi (N-Z)^2 / A + \delta A^{3/4}$$

где $\alpha = 15,75$ МэВ; $\beta = 17,8$ МэВ; $\gamma = 0,71$ МэВ; $\xi = 22$ МэВ;

$\delta = +34$ МэВ для четно-четных

$\delta = 0$ МэВ для нечетных

$\delta = -34$ МэВ для нечетных-нечетных

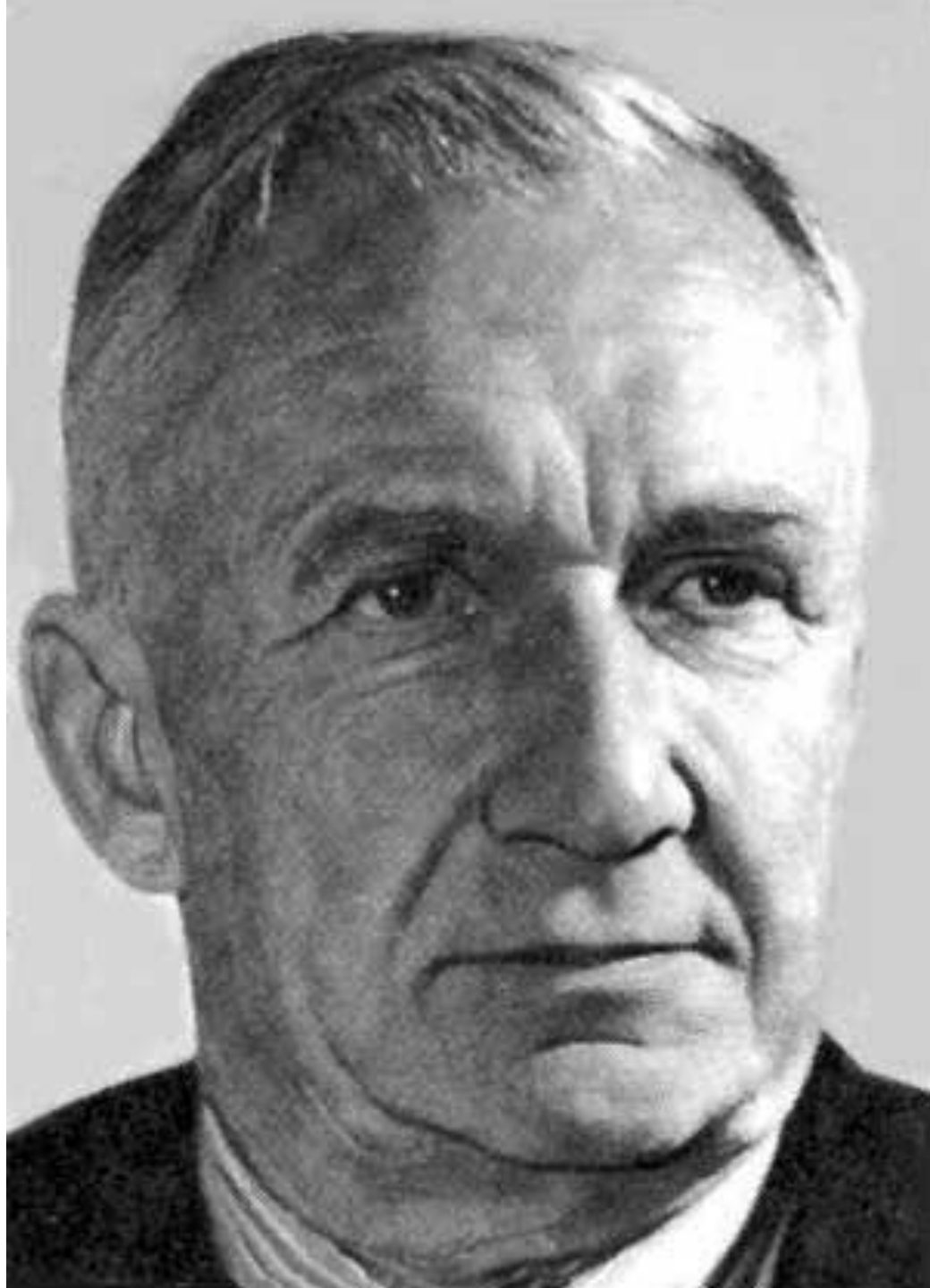


Вклад поверхностной энергии будет нивелироваться, а кулоновское отталкивание перестанет возрастать при достижении сверхкритичности и будет уменьшаться в закритичной области, что приведет к стабилизации нейтронного вещества и снизит вероятность его распада по тому или иному механизму. Более подробно остановимся на бета (-) - распаде, который, казалось бы, должен быть доминирующим при такой «перегруженности» нейтронами. Однако парадоксальность нейтронного вещества приводит к тому, что начиная с некоторой критической массы и размеров (когда величина пробега бета-электрона в нейтронном веществе становится меньше размеров самого вещества) бета (-) – распад из дестабилизирующего фактора становится фактором значительной устойчивости.

Поскольку в нейтронном веществе всегда есть какая-то остаточная доля протонного вещества, а бета-электрон испускаемый распавшимся нейтроном не способен выйти из нейтронного вещества достаточного размера (больше величины пробега бета-электрона в нем) и поглощается оставшимися протонами, которые в свою очередь превращаются в нейтроны и таким образом поддерживается динамическое равновесие в системе.

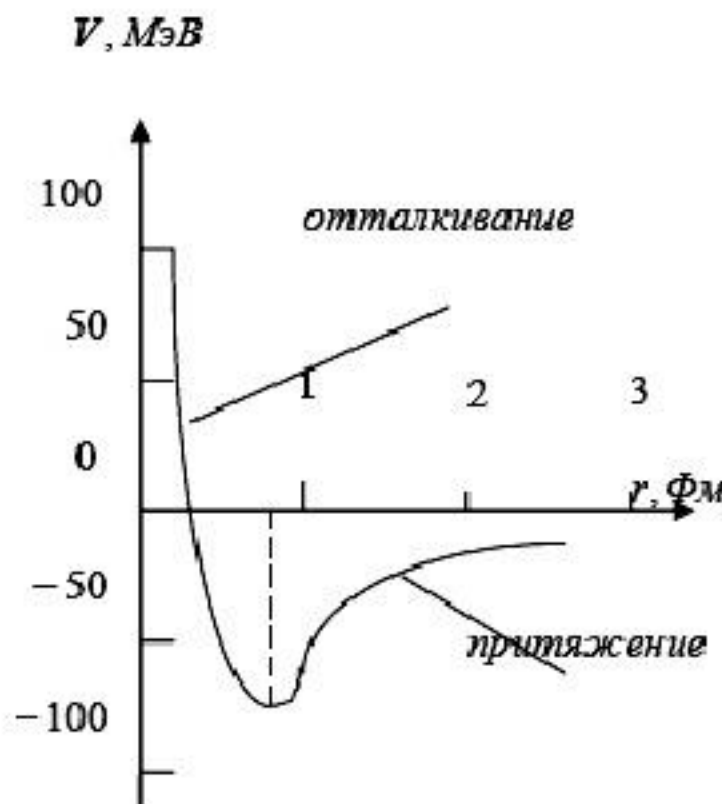
Фактически, это соответствует **теории Игоря Евгеньевича Тамма**, которую он выдвинул в свое время (1934г.) для объяснения механизма ядерных сил для обычных ядер и которая оказалась не состоятельной для них (однако, сам Тамм свою «безуспешную» теорию ядерных сил ценил больше своей нобелевской работы по черенковскому излучению), но может реализоваться именно для нейтронного вещества соответствующего масштаба (порядка 200-300 фм и более фемтометров), придавая ему дополнительную устойчивость. В сильно взаимодействующих системах присутствует много виртуальных частиц и осуществляются все виды взаимодействий, разрешенные соображениями инвариантности.

Так что, на наш взгляд «исконная» теория обменных ядерных сил **И.Е. Тамма** (е – обмен нуклонами), а не только ее видоизменение **Хидеки Юкавой** (π-обмен нуклонами), еще ждет своего признания (мезонное облако вокруг нуклона содержит также К-мезоны и гипероны, антинуклоны и антигипероны и др.) и «господствует» в нейтронном веществе Вселенной, обеспечивая ему стабильность и широкое космическое распространение.





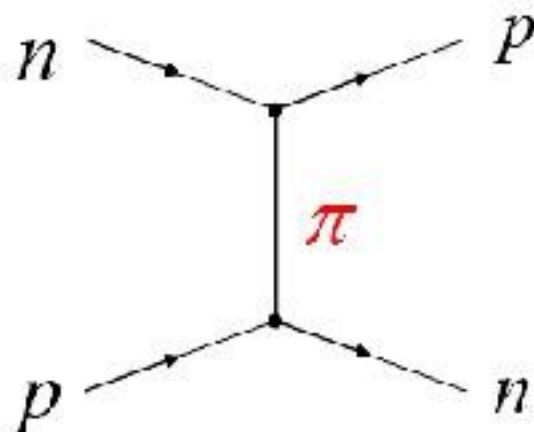
Потенциал Юкавы: $V(r) = g_N \frac{e^{-\frac{r}{a}}}{r}$



где $a = \hbar/mc$, а g_N – ядерный заряд нуклона (аналог элементарного заряда e в электромагнитном взаимодействии).

Нуклон-нуклонные взаимодействия можно описать как обмен виртуальными мезонами.

Положительные, отрицательные и нейтральные пионы (π^- , π^+ , π^0) описывают взаимодействие между nn -, pr -, rr -парами на характерных внутриядерных расстояниях 1.5-2.0 Фм.



Однопионное pr -взаимодействие

Свойства ядерных сил

- Атомное ядро – связанная система протонов и нейтронов.
- Ядерные силы - силы притяжения и отталкивания. Притяжение нуклонами на больших расстояниях ($r > 1$ Фм) сменяется отталкиванием на малых ($r < 0.5$ Фм);
- имеют малый радиус действия 10^{-12} см;
- большая интенсивность в $> 10^2$ больше, чем кулоновское взаимодействие;
- ядерные силы не действуют на электроны;
- ядерные силы насыщаются;
- отношение протонов и нейтронов в ядре не может быть произвольным;
- проявляются чётно – нечётные эффекты;
- проявляются магические числа;
- зависят от спина нуклонов;
- зависят от спин – орбитального взаимодействия;
- зарядовая независимость;
- изоспиновая независимость;
- имеют нецентральный (тензорный) характер;
- ...

Именно **Тамм-взаимодействие**
придает устойчивость
нейтронному веществу уже на
микро-уровне, а не только на
макро-уровне за счет
гравитационного взаимодействия,
как сейчас считается в
астрофизике!

Фридрих Хунд



Hund F.

Materie unter sehr hohen Drucken und Temperaturen

Вещество при очень высоких давлениях и
температурах

Ergebn. Exakt. Naturwiss. **15** 189
(1936)

Первое микроскопическое
описание уравнения состояния
ядерной материи при **бета-**
равновесии было дано
Хундом в этой статье.

Вайцзеккер –Ньютоний

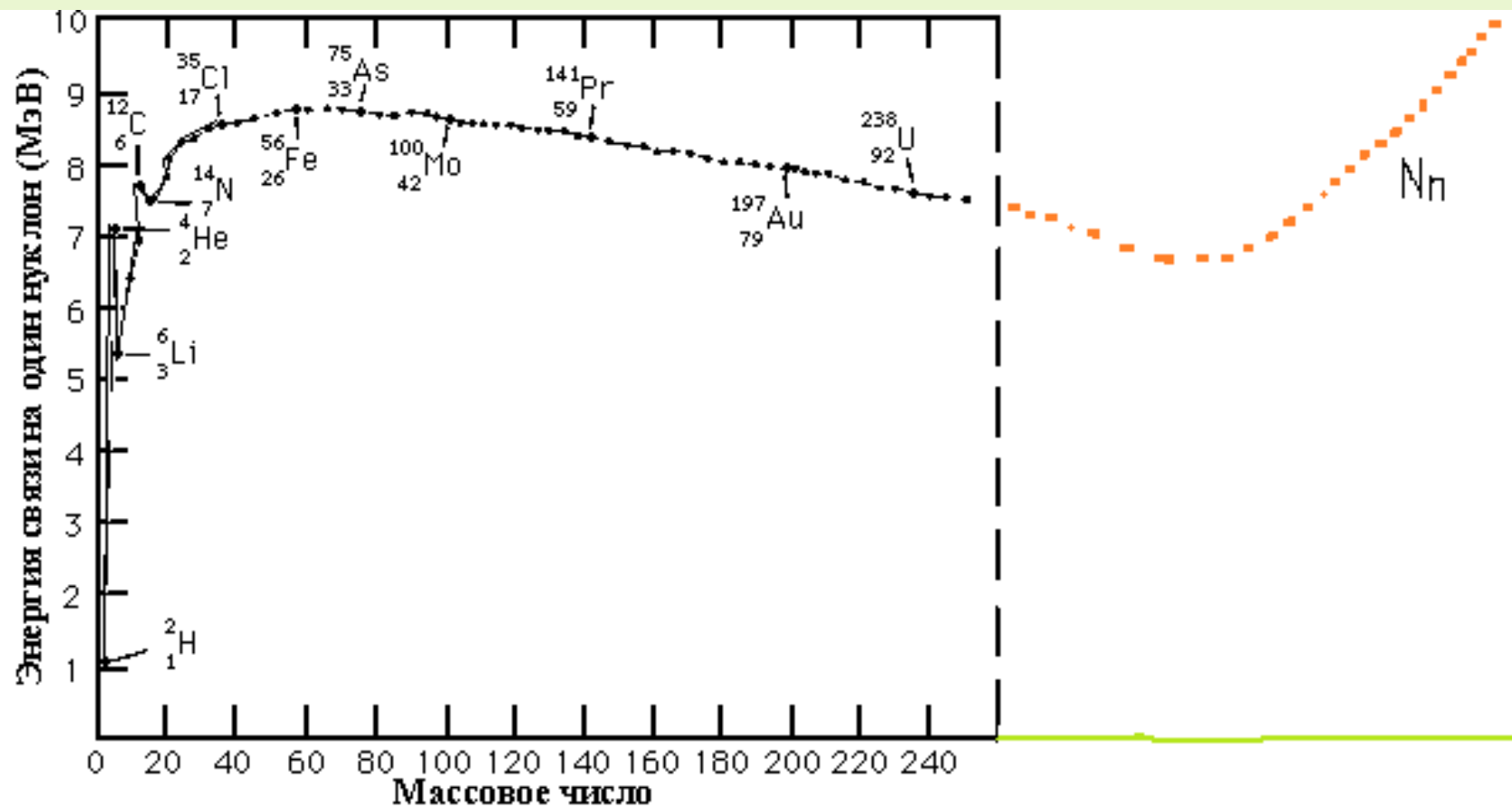
полуэмпирическая формула для энергии связи нейтронного вещества:

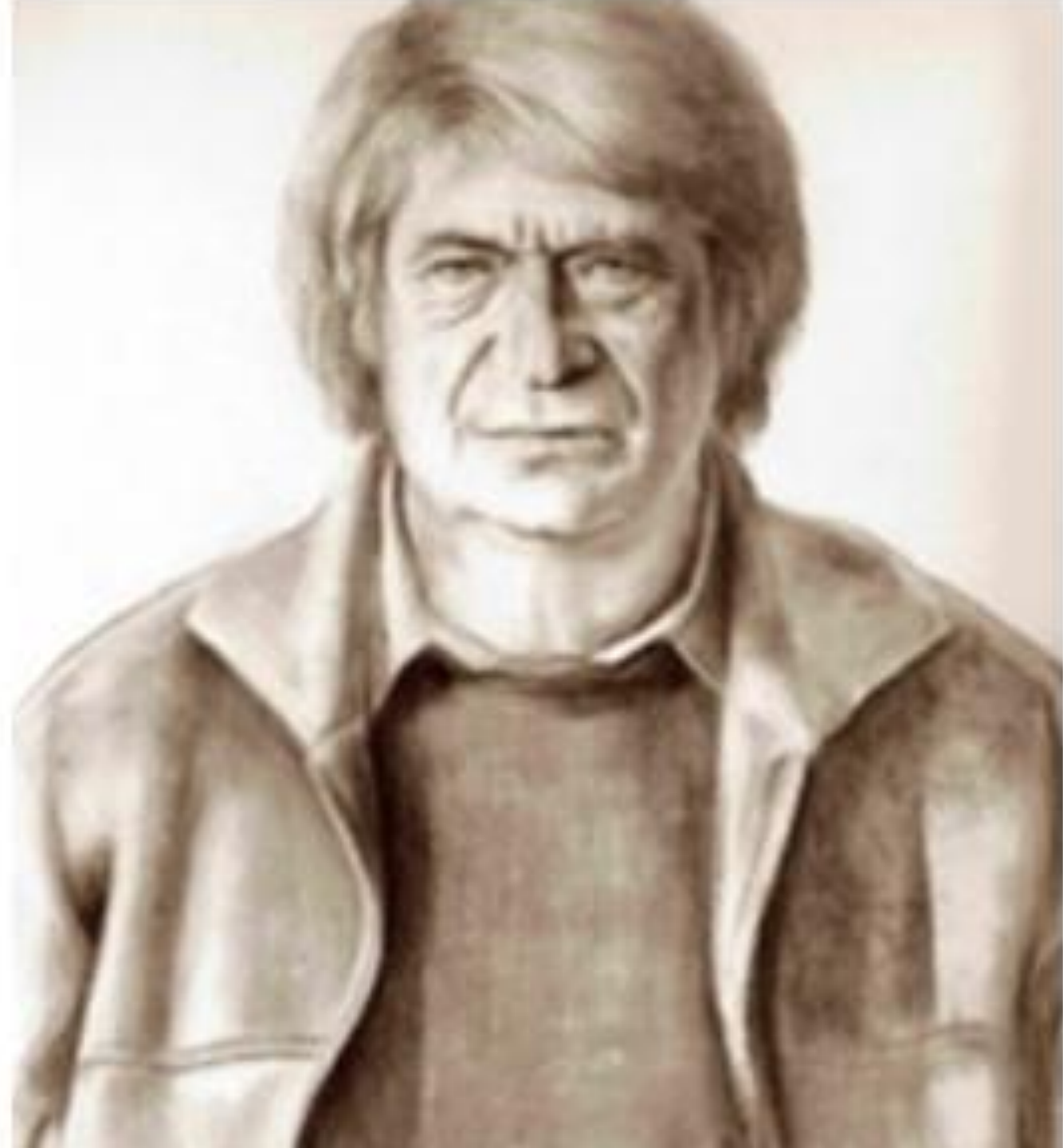
$$E_{\text{св}} = \alpha A - \beta A^{2/3} + \tau A + \lambda A$$

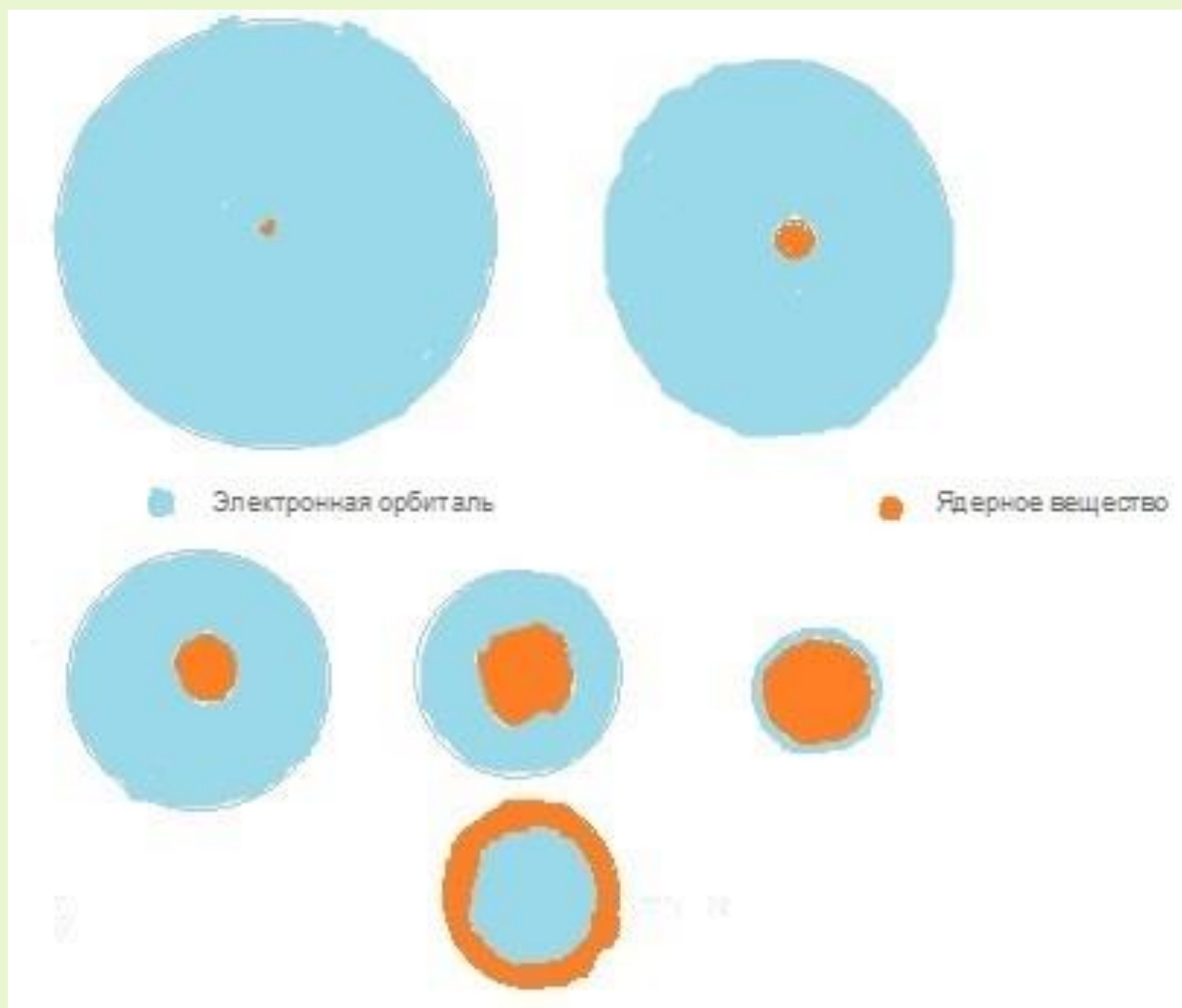
где $\alpha = 15.75$ МэВ; $\beta = 17.8$ МэВ;

τ – Тамм – взаимодействие ;

λ – гравитационное
взаимодействие







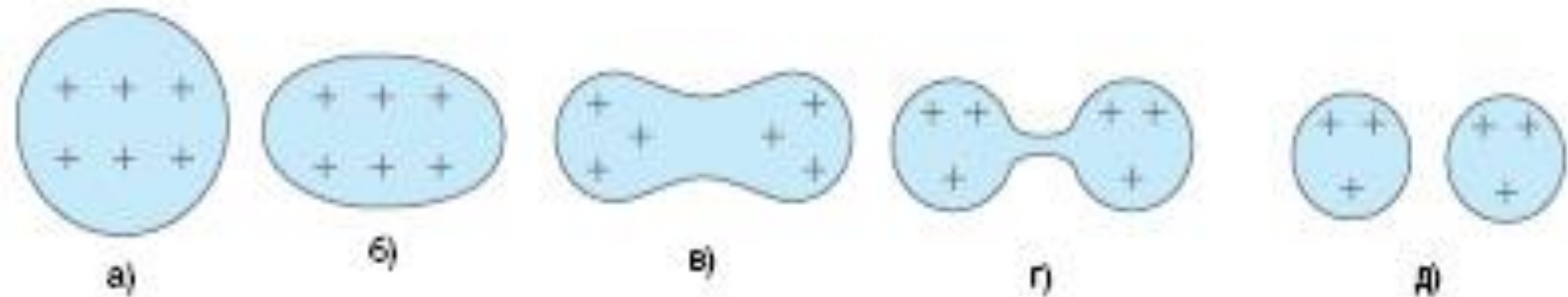


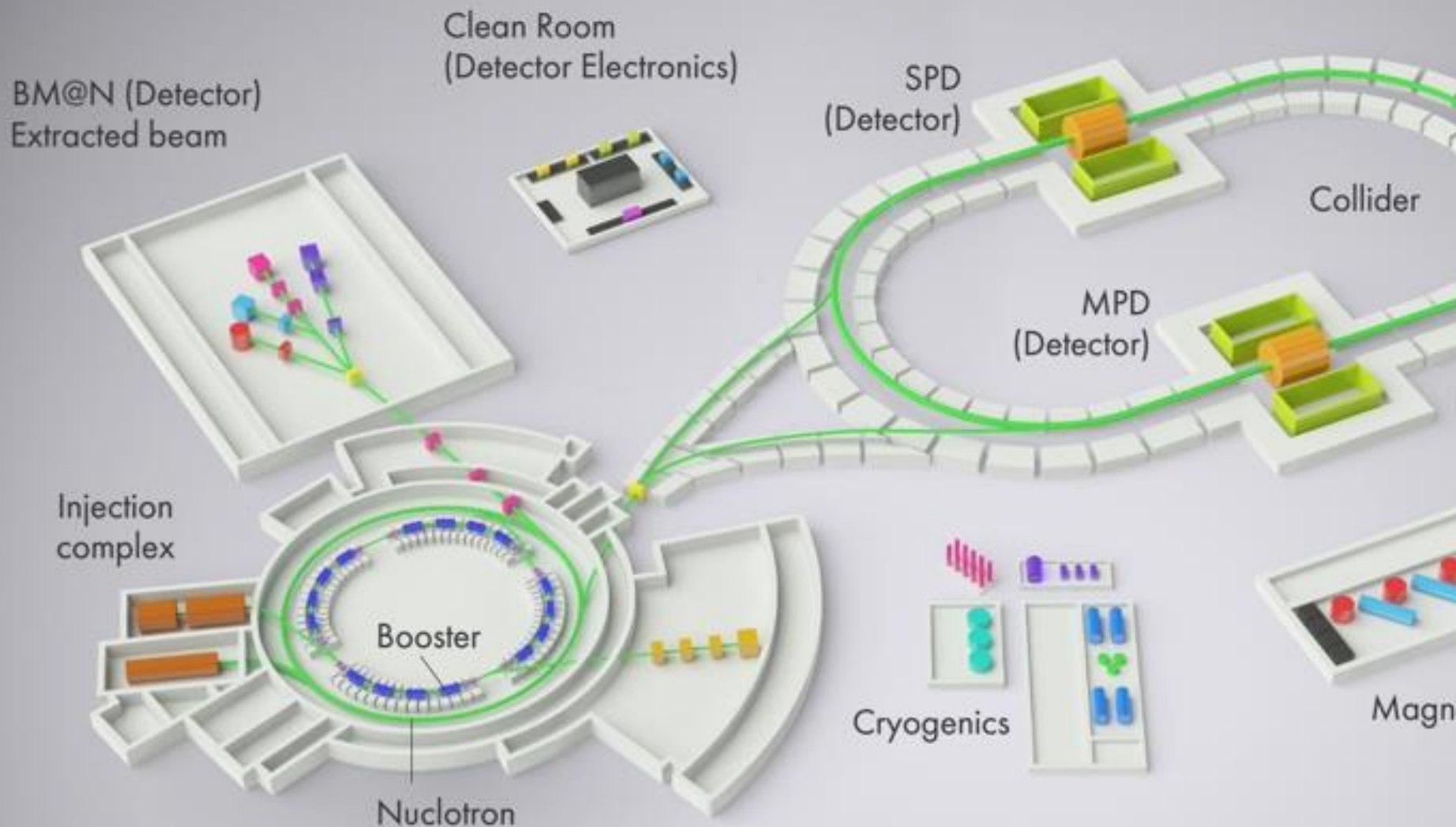
$$Z^*Z / A = Z^*Z / A = 35$$

$$A = Z^*Z / 35$$

$$A = 176 * 176 / 35$$

$$A = 885$$





Пора из Космоса спуститься на Землю и посмотреть, где здесь можно найти нейтронное вещество? Обычно мы имеем дело с нейтронным излучением различной энергии, но не с нейтронным веществом. Так было до 1968 г., когда в Лаборатории нейтронной физики под руководством члена-корреспондента АН СССР **Федора Львовича Шапиро** был поставлен эксперимент, в котором впервые наблюдалось явление удержания в сосудах очень медленных нейтронов, предсказанное академиком Я.Б. Зельдовичем. Поведение нейтронов, удерживаемых в вакуумированных сосудах, напоминает поведение сильно разреженного газа в сосуде. Такие нейтроны получили название **ультрахолодных (УХН)**.



Фёдор Львович
ШАПИРО

1915–1973





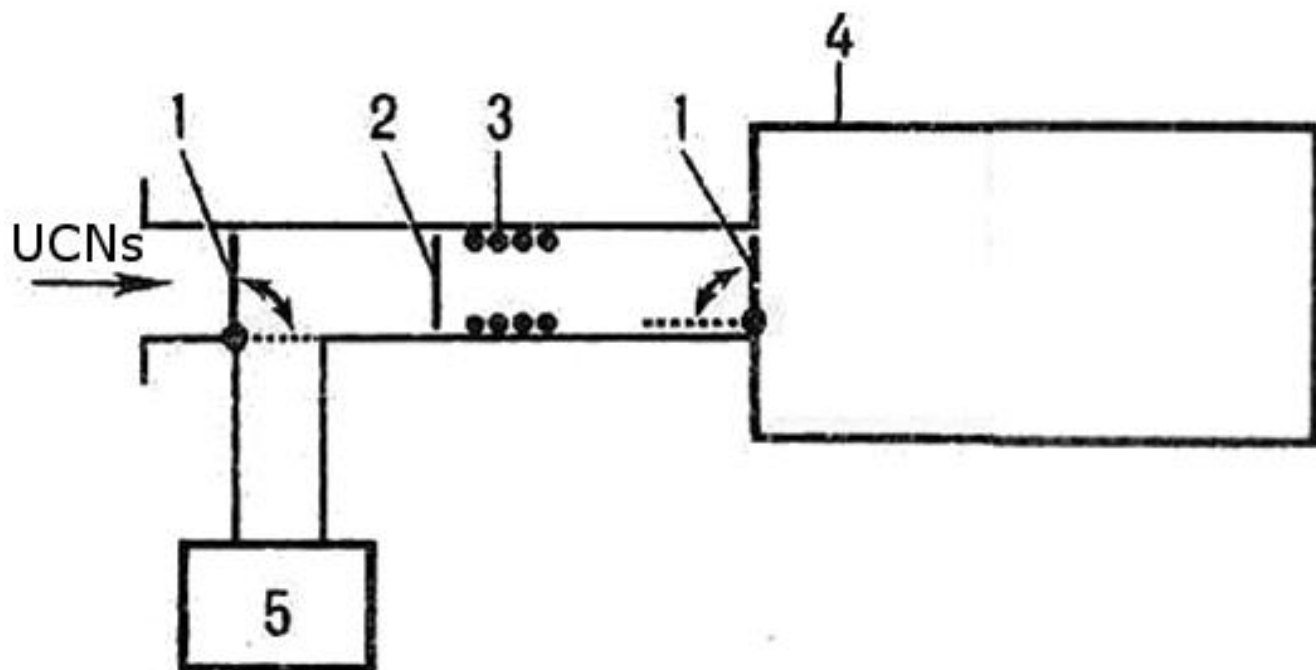
Самая главная особенность УХН, что они ведут себя не как излучение, а как вещество и работать с ними можно как с веществом, подобным разряженному инертному газу. Причем, можно изучать как физические, так и его химические свойства. Физические же свойства уже изучаются, а вот о химии УХН, похоже, вопрос даже и не ставиться, т.к. по умолчанию как-то кажется очевидным, что они должны быть подобны инертным газам. Это похоже на правду, но ведь сейчас мы уже хорошо знаем, что и инертные газы, пусть и с трудом, но вступают в химические реакции и образуют, пусть и не устойчивые, но химические соединения. Может ли подобное происходить с УХН?

Если исходить из того, что Химия это только взаимодействие электронных оболочек атомов, как считают многие, то следует категорический отрицательный ответ. Но, если под Химией понимать, более широко, вообще способность микро (нано, пико или даже фемто) - объектов вступать во взаимодействие и образовывать относительно устойчивые соединения, то почему бы и нет? Да, у нейтронов нет электрического заряда и свободных электронов, так что все представления о возможных классических химических связях (ионная, ковалентная и др.) сразу однозначно отпадают. Но, у нейтронов есть точно магнитный момент и возможно электрический дипольный момент, разве это не может послужить способности взаимодействовать с другими объектами и образовывать пусть и не стабильные, но все же наблюдаемые соединения? Например, вполне возможно взаимодействие нейтрона с молекулами веществ с нечетным числом электронов.

При отсутствии взаимодействия нейтронов с CO_2 скорость счета будет как в контрольном эксперименте, при наличии взаимодействия (NO_2), скорость счета должна быть меньше, т.к. для комплекса нейтрон* NO_2 поляризатор будет непроницаем, если же взаимодействия нет, скорость счета будет как и в контроле. Все это проводится при низких (жидкий азот) или сверхнизких (жидкий гелий) температурах, так как комплекс нейтрон* NO_2 (Nn^*NO_2 или $\text{Nn}^*(\text{NO}_2)_x$), конечно же, малоустойчив; где, нейтрон – Nn

Схема эксперимента химического взаимодействия нейтрона с молекулами с неспаренными электронами:

1-клапаны впуска и выпуска нейтронов; 2 - поляризатор; 3 - контур спинового ротатора; 4- камера хранения УХН с веществом с неспаренными электронами; 5-детектор



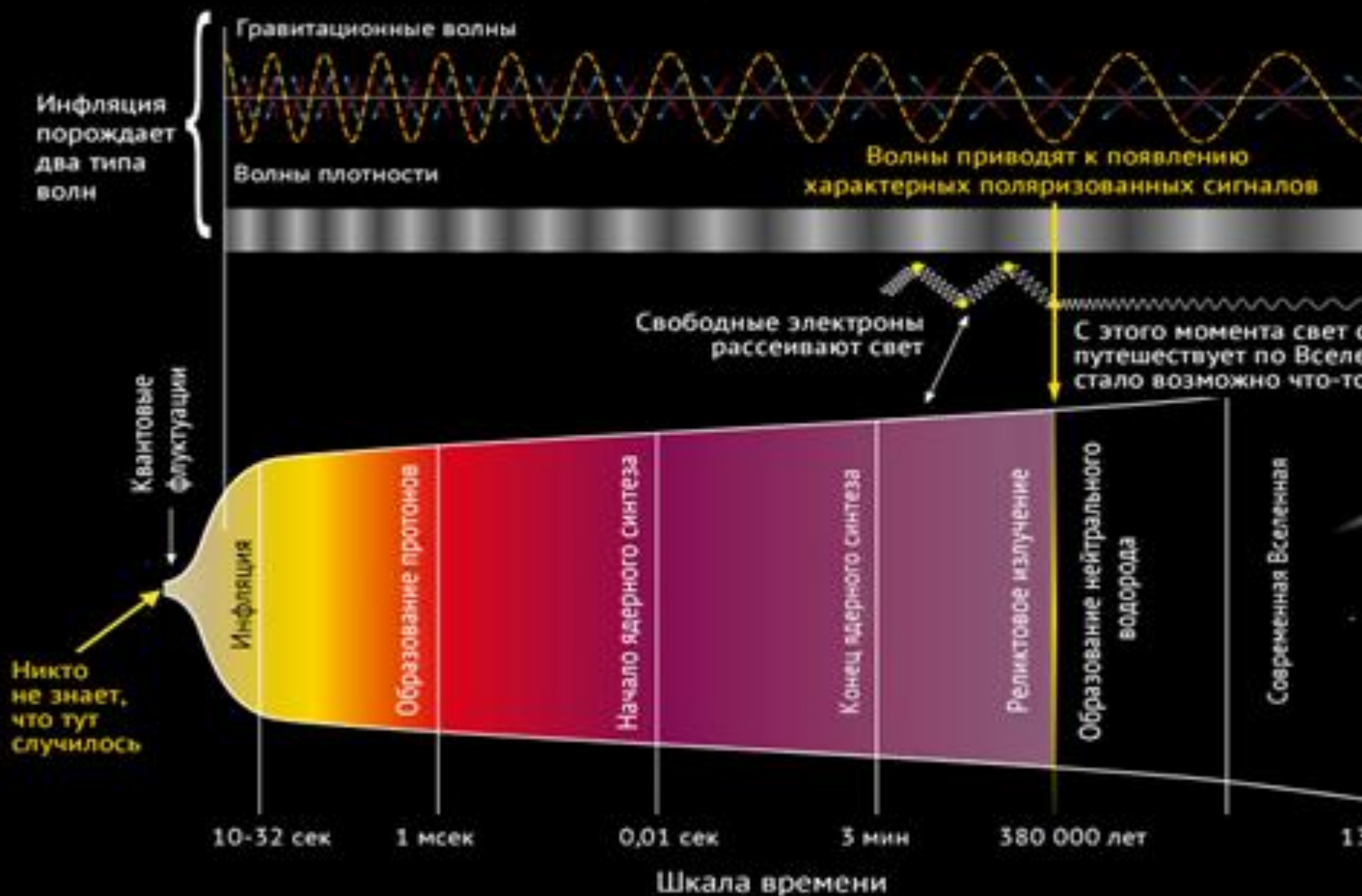
Увеличение плотности УХН неизбежно приведет к постановке вопроса об их возможной конденсации и получению конденсированного нейтронного вещества в лабораторных условиях, подобного космическому. Надо отметить, что идея получения и использования нейтронного вещества как технического материала (**нейтрид или нейтронид**) уже давно обсуждается как в научно-популярной и в научно-фантастической литературе, так и в интернете, но только сейчас подошли к научному обоснованию путей его получения на Земле.

Возможны ли - конденсаты нейтронные?
Конденсаты, плотность и прочность которых будут сравнимы плотностью и прочностью атомных ядер. Иначе говоря, насколько близко сегодня подошли к рубежу создания в лаборатории космического нейтронного вещества. Нобелевской премии по физике 2001 года удостоены исследователи Эрик А. **Корнелл** (Eric A. Cornell), Вольфганг **Кеттерле** (Wolfgang Ketterle) и Карл Е. **Вейман** (Carl E. Wieman) за получение и исследование свойств пятого состояния вещества - бозе-эйнштейновского конденсата, они смогли получить первый бозе-конденсат

Вскоре были найдены и методы получения бозе-конденсатов частиц полуцелого спина, фермионов, к классу которых относятся и нейтроны. В них частицы соединяются попарно, собираясь затем в бозе-конденсат. Нейтроны по многим свойствам близки к легчайшим атомам. Например, масса нейтрона практически равна массе атома водорода, бозе-конденсат которого был получен Кеттерле в 1997 году. Но, в отличие от атомарных бозе-конденсатов, естественному сжатию которых при бозе-конденсации ставят неодолимое препятствие их электронные оболочки, сжатию нейтронного бозе-конденсата не мешает ничто. В таком конденсате газ УХН – пар, при достижении критической плотности и температуры, сам по себе сожмется до почти ядерной плотности, когда в дело вступят ядерные силы, образовав устойчивое состояние – конденсированное нейтронное вещество.

О конденсации холодных нейтронов впервые заговорил Г.А. Гамов. Редко упоминают эту идею, которая со временем нашла применение в теории нейтронных звезд. Гамов в 1937–38 годах показал, что при сжатии нейтронного газа возникает новое сверхплотное состояние вещества. Ключевая гипотеза Гамова: «мы можем предположить, что нейтроны из этого относительно холодного облака постепенно объединялись во все более крупные нейтральные комплексы...».

Эволюция Вселенной



Краткая история развития вселенной



<u>Время</u>	<u>Температура</u>	<u>Состояние Вселенной</u>
$10^{-45} - 10^{-37}$ сек	Более 10^{26} К	Инфляционное расширение
10^{-6} сек	Более 10^{13} К	Появление кварков и электронов
10^{-5} сек	10^{12} К	Образование протонов и нейтронов
10^{-4} сек - 3 мин	$10^{11} - 10^9$ К	Возникновение ядер дейтерия, гелия и лития
400 тыс. лет	4000 К	Образование атомов
15 млн. лет	300 К	Продолжение расширения газового облака
1 млрд. лет	20 К	Зарождение первых звезд и галактик
3 млрд. лет	10 К	Образование тяжелых ядер при взрывах звезд
10 - 15 млрд. лет	3 К	Появление планет и разумной жизни
10^{14} лет	10^{-2} К	Прекращение процесса рождения звезд
10^{37} лет	10^{-18} К	Истощение энергии всех звезд
10^{60} лет	20 К	Испарение черных дыр и рождение

инфляция

шОЙ
ЫВ



10^{-44} c

10^{12}

10^{19}

10^{-10} c

10^{28}

10^{15}

10^{-10} c

10^{15}

10^2

10^{-5} c

10^{12}

10^{-1}

10^2 c

10^9

10^{-4}

3×10^5 лет

3000

3×10^{-10}

тики



черные дыры



барионы



фотоны



звезды



ионы

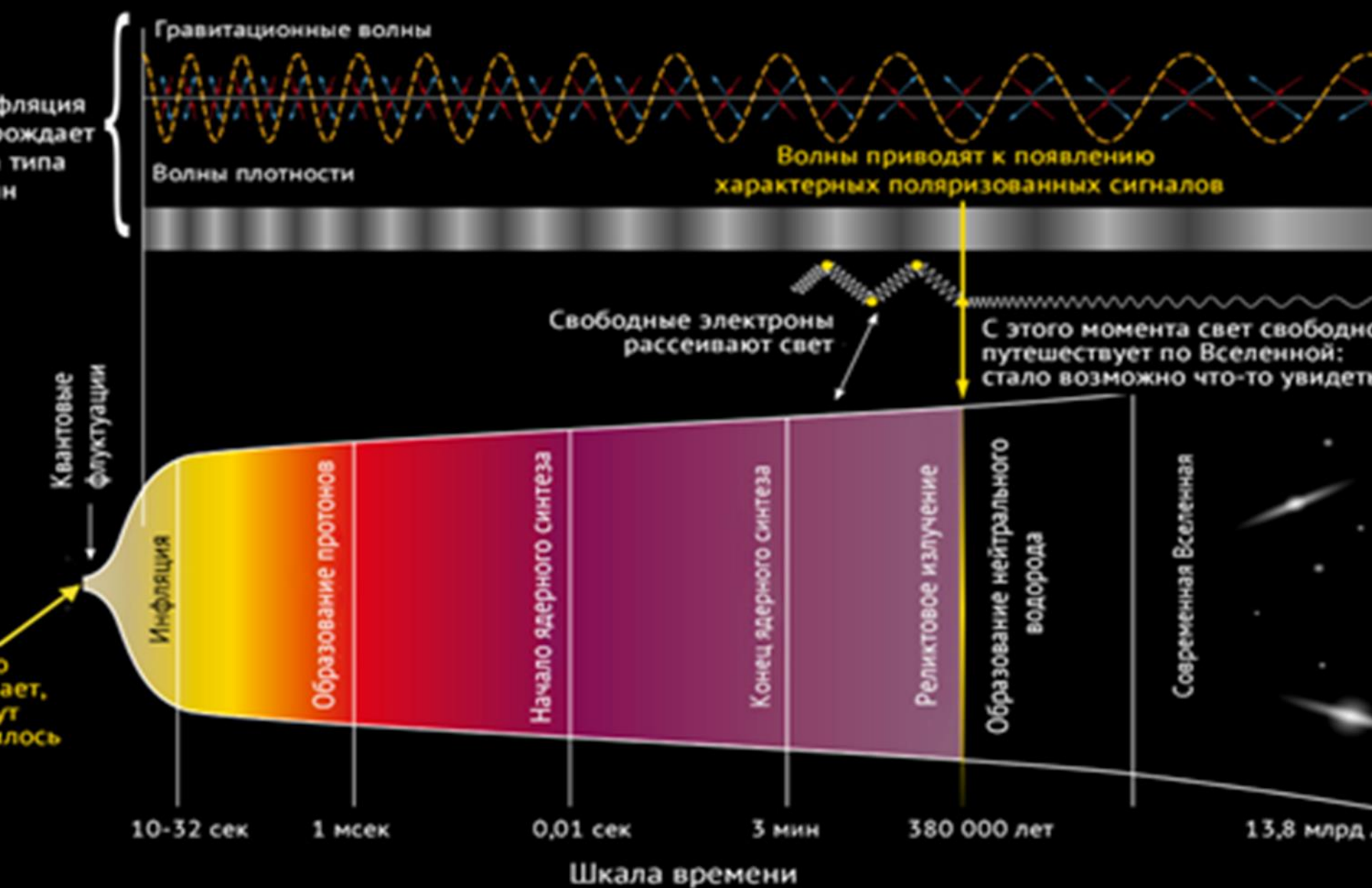


атомы



мезоны q кварки g глю

Эволюция Вселенной



«Природа **темной материи** —
одна из величайших тайн
науки, и нам необходимо
использовать любые
связанные с ней данные,
чтобы ухватиться за нее», —
физик-теоретик Центра
астрофизики **Ави Лоэб**.

<https://naked-science.ru/article/sci/po-novym-dannym-u-temnoy-materii?page=69>

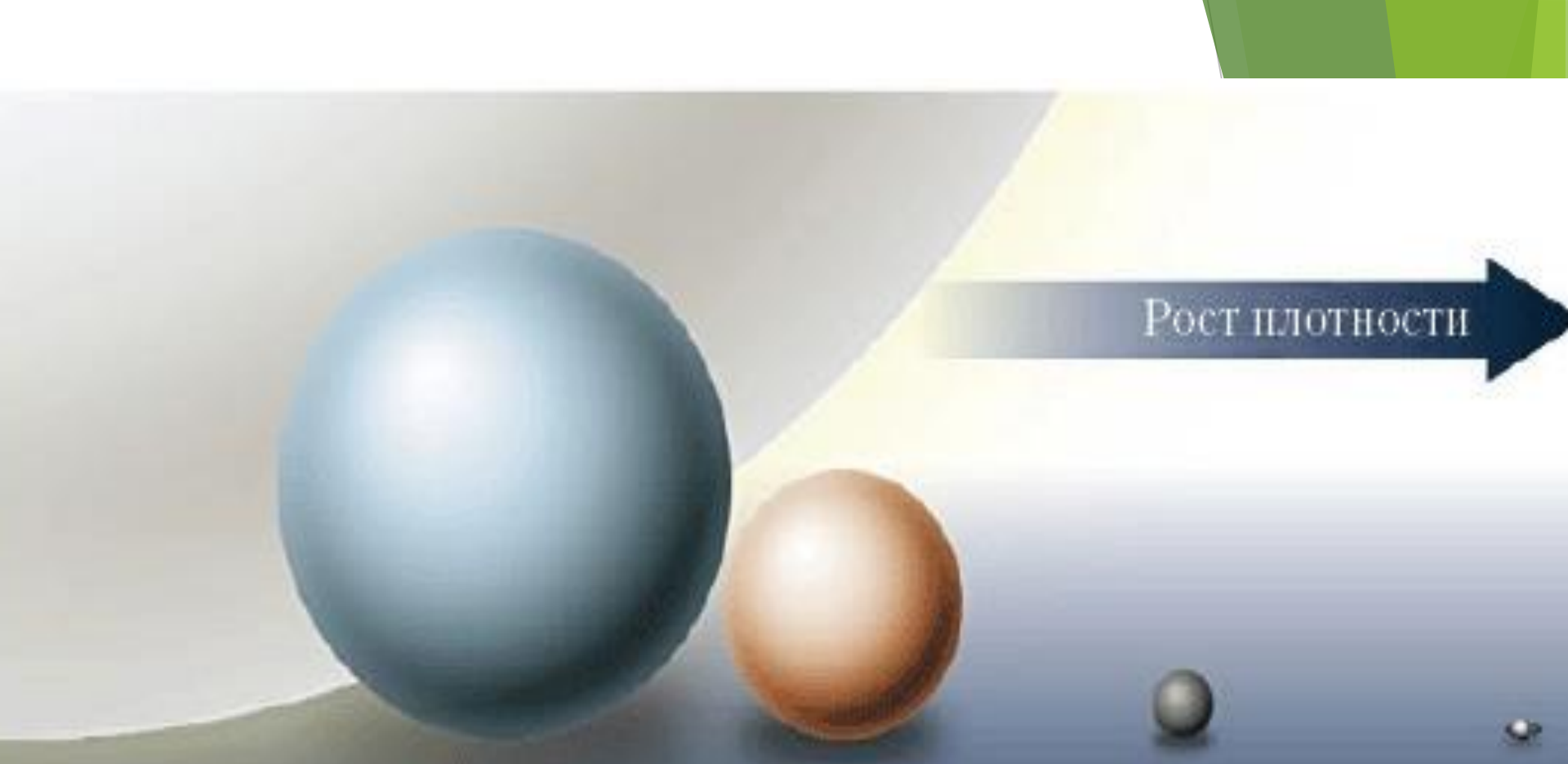
Масса видимого
вещества во

Вселенной $\sim 10^{56}$ г

<https://myvera.ru/universe/1-10a>

Образование нуклонов на
 10^{-5} с

Нуклеосинтез $10^{-4} - 10^2$ с

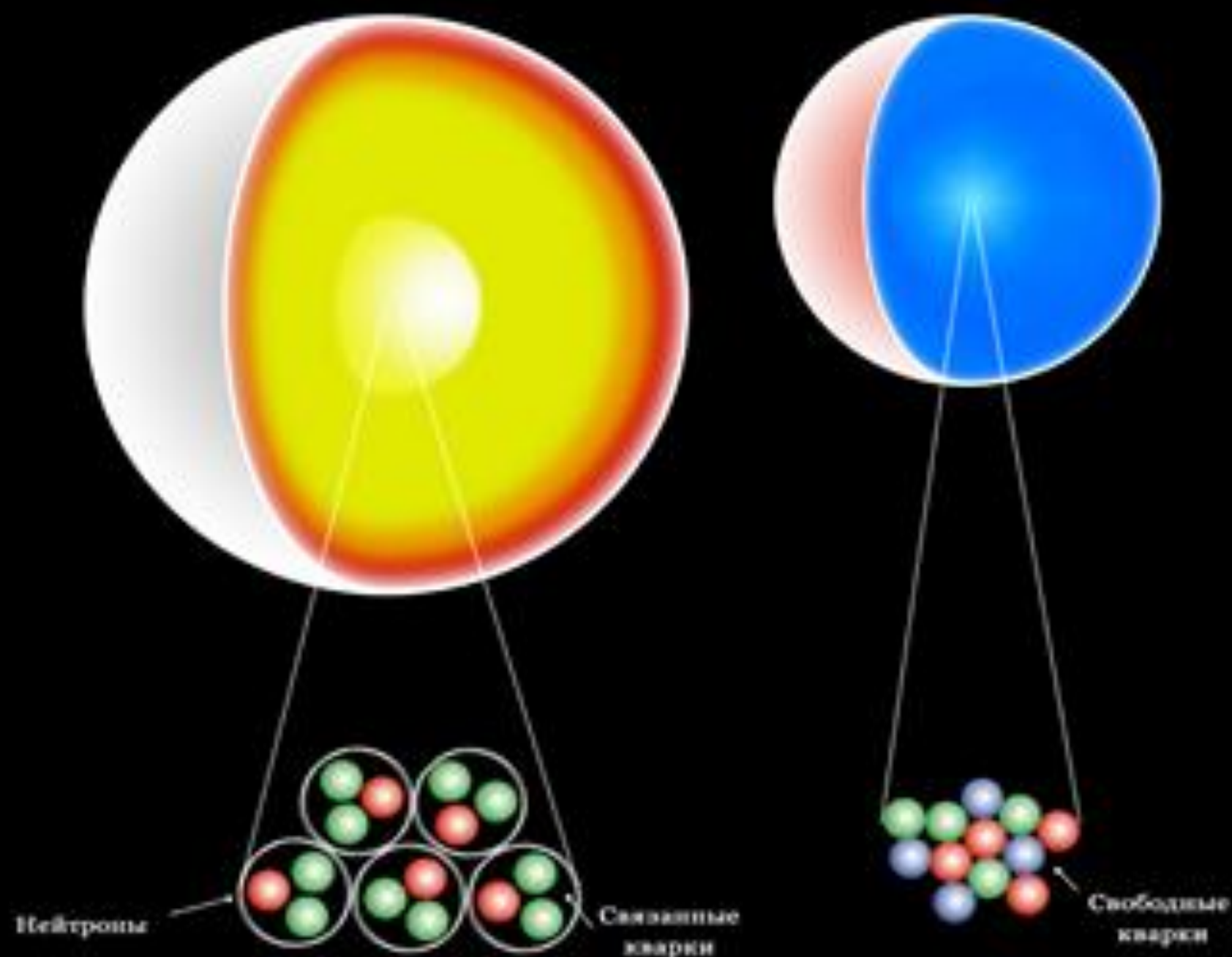


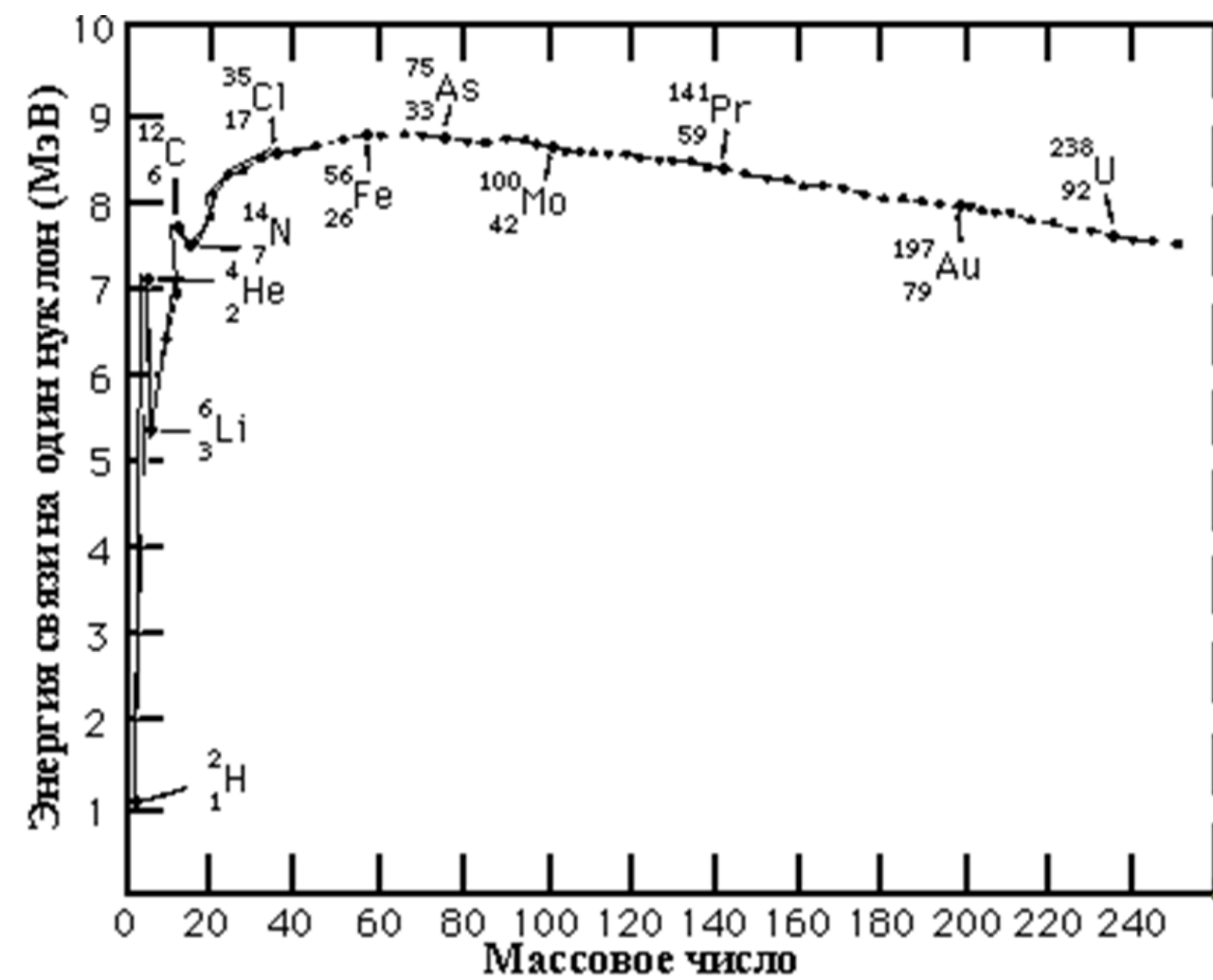
Рост плотности

	Белые карлики	Нейтронные звёзды	Кварковые звёзды	Преонные звёзды	Чёрные дыры
Диаметр	10 000 км	20 км	10 км	10 см	0
Плотность	10^6 г/см ³	10^{15} г/см ³	10^{17} г/см ³	10^{27} г/см ³	∞

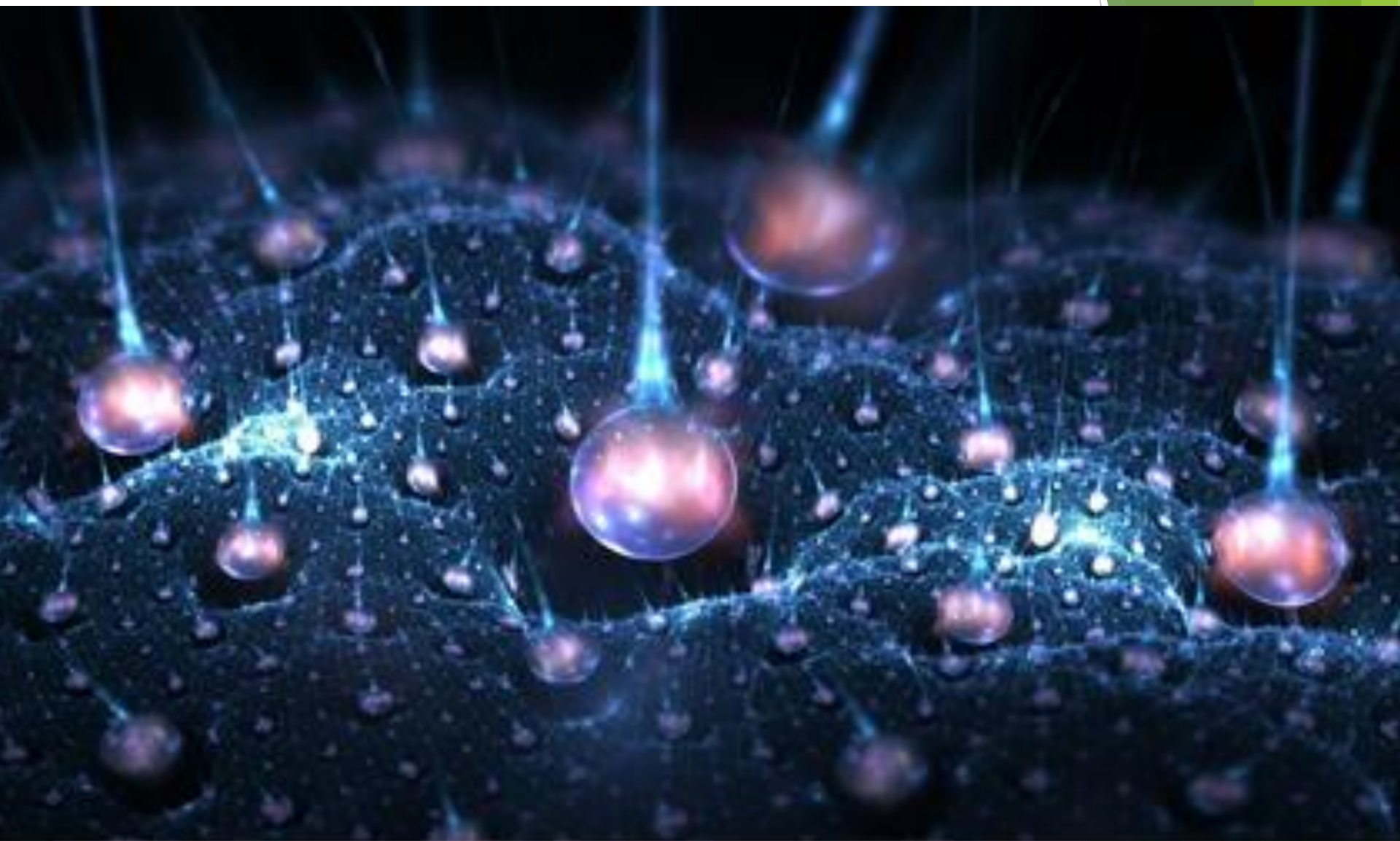
Нейтронная звезда

Кварковая звезда





N_n



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, нейтронное вещество в наше время - это вполне конкретная физическая реальность, настоятельно требующая своего законного места в ПС и изучения не только физических, но и химических, а возможно уже в недалеком будущем, и инженерно-технических свойств!

Нейтронным веществом, вернее элементом ему соответствующим, начинается (нулевой период) и заканчивается (закритические атомы)

Периодическая система элементов. Нейтронному веществу придается устойчивость уже на микро-уровне за счет Тамм-взаимодействия, а не только на макро-уровне за счет гравитационного взаимодействия, как сейчас считается в астрофизике.

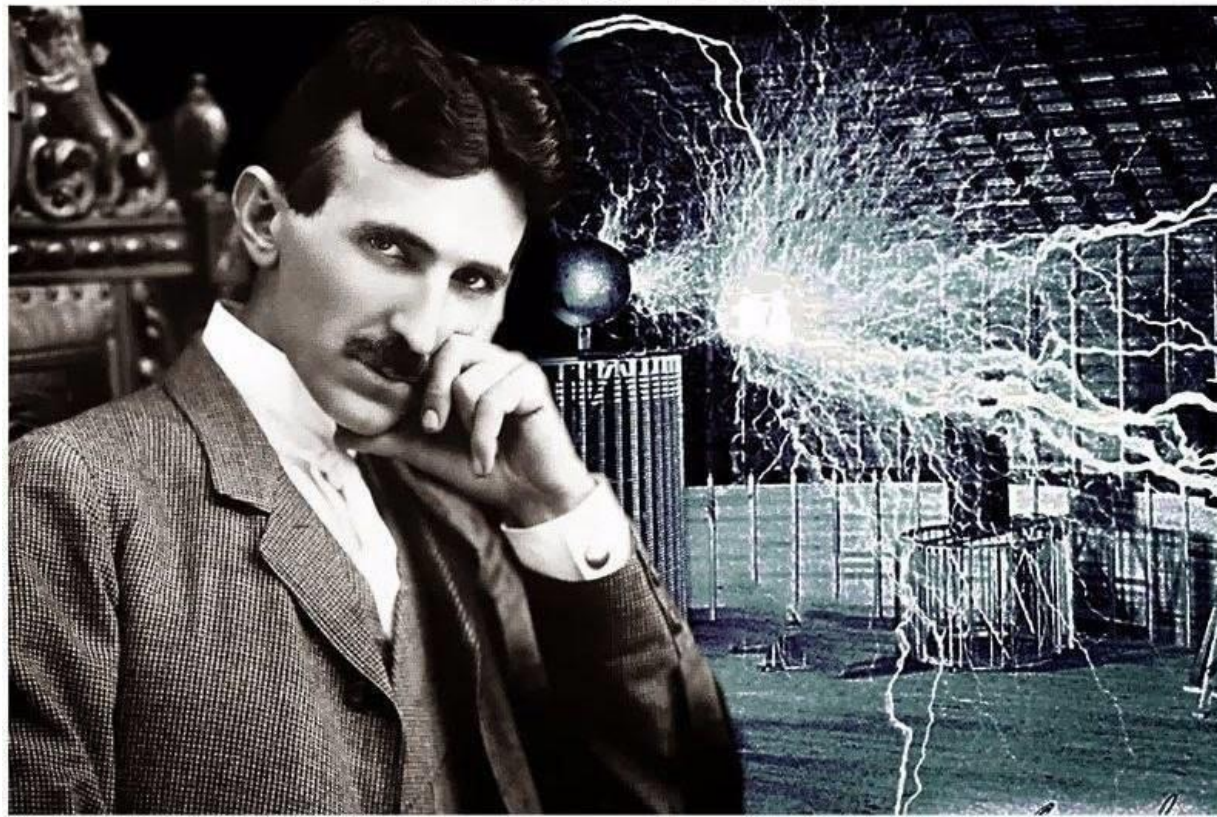
Показана возможность Нейтронизации не только из-за гравитационного взаимодействия, но и по другим механизмам (сверхкритическое увеличение порядкового номера элементов и конденсация УХН), таким образом, существует принципиальная возможность получения нейтронного вещества и в Земных условиях. Нейтронное вещество необходимое звено связывающее (перекидывающее мост) от микро - к макро- и мега-Миру, от свободного нейтрона до нейтронных Звезд и Черных дыр.

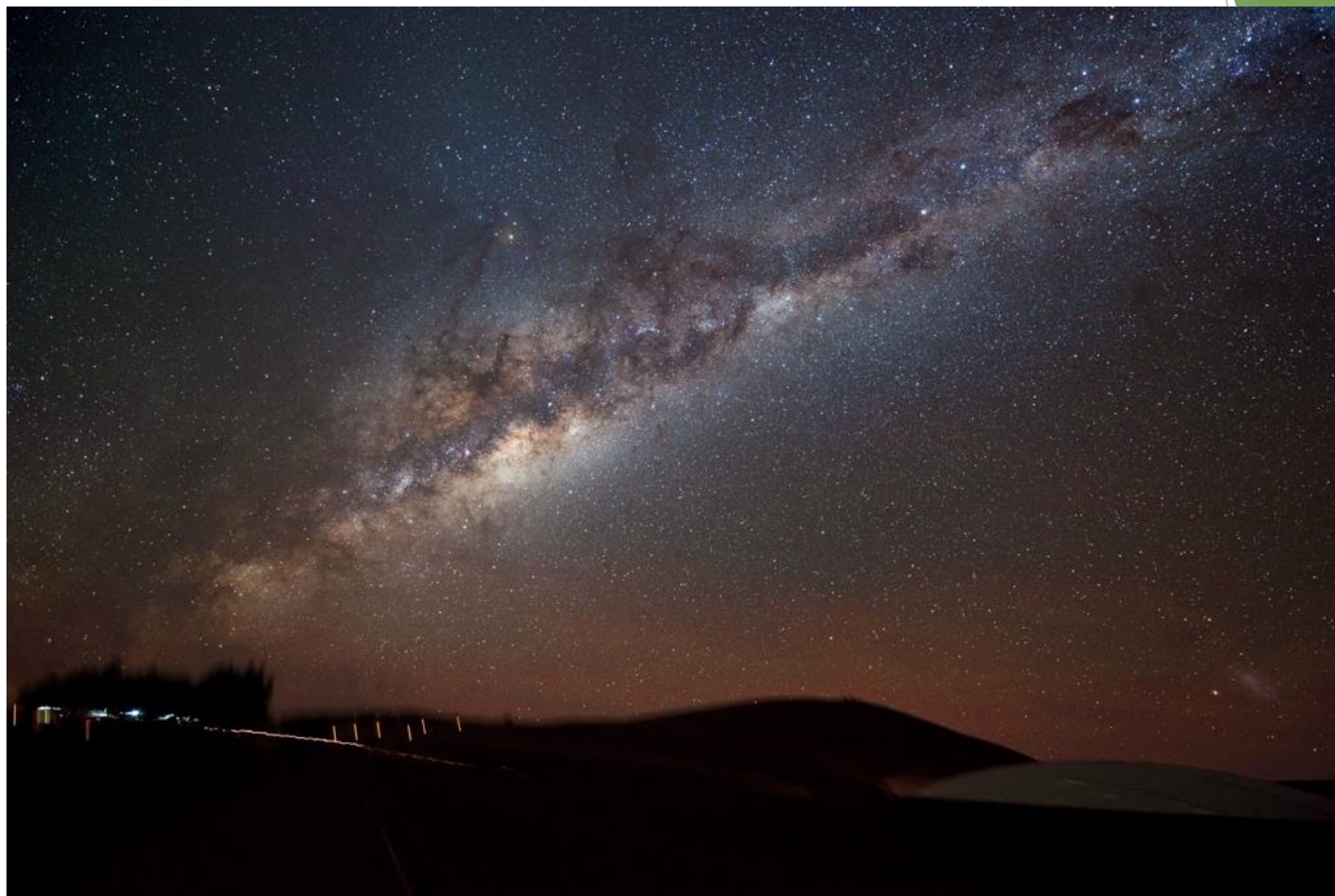
Нейтронное вещество
непротиворечиво
вписывается в
изначальную концепцию
Периодического закона и
системы выдвинутую
Дмитрием Ивановичем
Менделеевым!



Интуиция – это нечто такое, что опережает точное знание. Наш мозг обладает, без сомнения, очень чувствительными нервными клетками, что позволяет ощущать истину, даже когда она еще недоступна логическим выводам или другим умственным усилиям.

© Никола Тесла



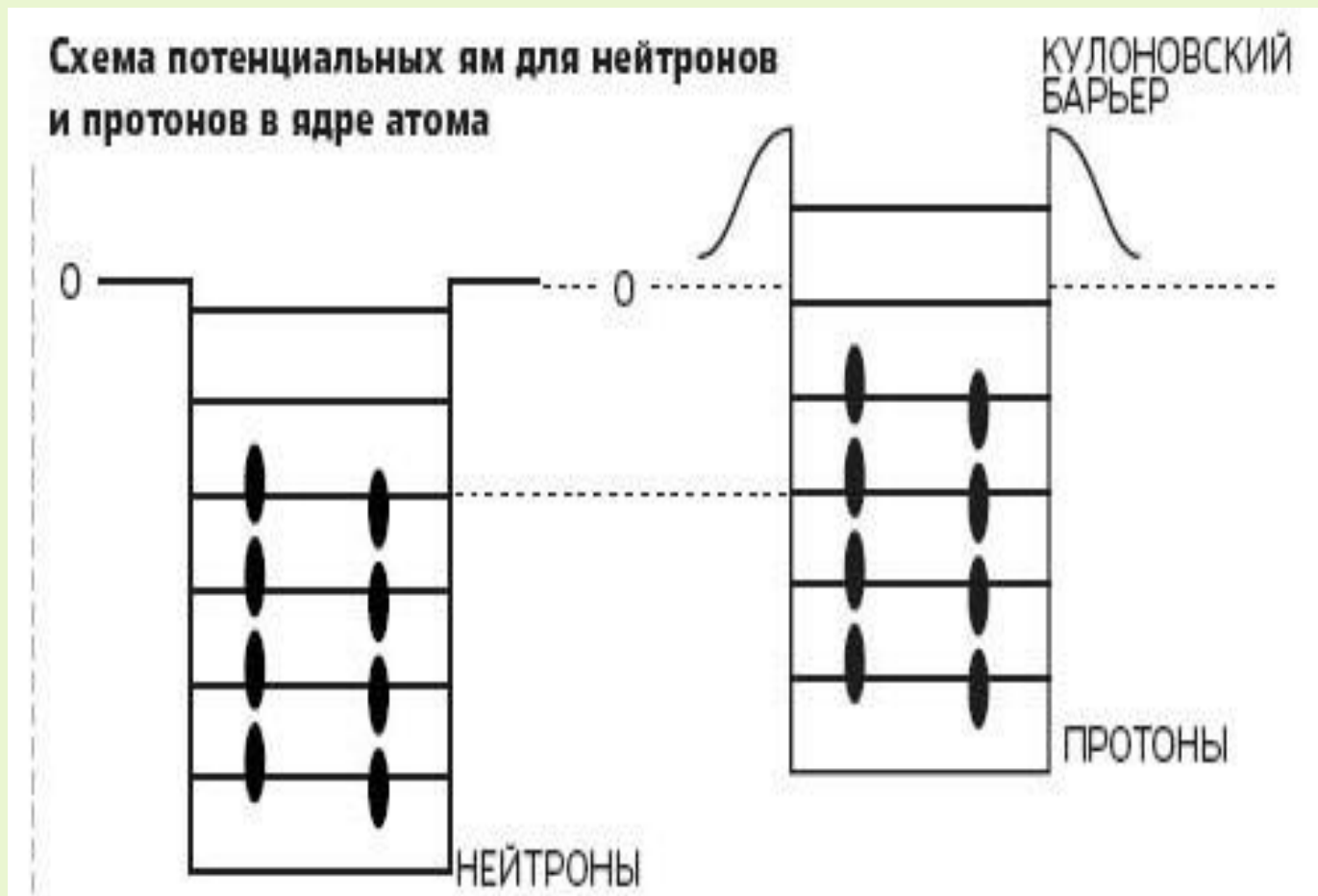




Контакты

- ▶ Московский государственный университет
- ▶ имени М.В. Ломоносова
- ▶ **+79167841650**
- ▶ **anis-mgu@mail.ru**

**БЛАГОДАРЮ
ЗА ВНИМАНИЕ!**



***Схема потенциальных ям для нейтронов
и протонов в ядре атома***

ЛИТЕРАТУРА

Динетрон

1. O. V. Bochkarev et al., JETP Lett. 42 (1985) 374.
2. K. K. Seth and B. Parker, Phys. Rev. Lett. 66 (1991) 2448.
3. A. Spyrou, Z. Kohley, T. Baumann, D. Bazin, B. A. Brown, G. Christian, P. A. DeYoung, J. E. Finck, N. Frank, E. Lunderberg, S. Mosby, W. A. Peters, A. Schiller, J. K. Smith, J. Snyder, M. J. Strongman, M. Thoennessen, and A. Volya First Observation of Ground State Dineutron Decay: ^{16}Be // Phys. Rev. Lett.— 2012—Т. 108.—С. 102501/[PhysRevLett.108.102501](#).
4. James P. Kneller and Gail C. McLaughlin. «The Effect of Bound Dineutrons upon BBN». [Phys.Rev. D70 \(2004\) 043512](#).
5. F. M. Marqués, N. A. Orr, N. L. Achouri, F. Delaunay, and J. Gibelin Comment on “First Observation of Ground State Dineutron Decay: ^{16}Be Phys. Rev. Lett.— 2012.—Т. 109.—С. 239201
6. Kazimierz Bodek A Method for Unambiguous Detection of a Hypothetical Bound Two-Neutron System// Few-Body Systems.— 2013.—Вып. December 2013..

Тетранейтрон

1. Cierjacks, S.; et al. (January 1965). «[Further Evidence for the Nonexistence of Particle-Stable Tetraneutrons](#)». [Physical Review](#) 137 (2B): pp. 345—346.[DOI:10.1103/PhysRev.137.B345](#).
- Marqués, F. M.; et al. (April 2002). «[Detection of neutron clusters](#)». [Physical Review C](#) 65 (4). [DOI:10.1103/PhysRevC.65.044006](#).
2. Sherrill, B. M.; C. A. Bertulani (February 2004). «[Proton-tetraneutron elastic scattering](#)». [Physical Review C](#) 69(2). [DOI:10.1103/PhysRevC.69.027601](#).
3. Aleksandrov, D. V.; et al. (2005). «[Search for Resonances in the Three- and Four-Neutron Systems in the \$^7\text{Li}\(^7\text{Li}, ^{11}\text{C}\)^3\text{n}\$ and \$^7\text{Li}\(^7\text{Li}, ^{10}\text{C}\)^4\text{n}\$ Reactions](#)». [JETP Letters](#) 81 (2): 43–46.[DOI:10.1134/1.1887912](#).
4. Bertulani, C. A.; V. G. Zelevinsky (2003). «[Tetraneutron as a dineutron-dineutron molecule](#)». [J. Phys. G](#) 29: 2431–2437. [DOI:10.1088/0954-3899/29/10/309](#)
5. Lazauskas, Rimantas; Jaume Carbonell (2005). «[Three-neutron resonance trajectories for realistic interaction models](#)». [Physical Review C](#) 71. [DOI:10.1103/PhysRevC.71.044004](#).[arXiv:nucl-th/0502037v2](#).
6. Arai, Koji (2003). «[Resonance states of \$^5\text{H}\$ and \$^5\text{Be}\$ in a microscopic three-cluster model](#)». [Physical Review C](#) 68(3). [DOI:10.1103/PhysRevC.68.034303](#).
7. Hemmdan, A.; W. Glöckle; H. Kamada (2002). «[Indications for the nonexistence of three-neutron resonances near the physical region](#)». [Physical Review C](#) 66(3). [DOI:10.1103/PhysRevC.66.054001](#). [arXiv:nucl-th/0208007](#).
8. Pieper, Steven C. (2003). «[Can Modern Nuclear Hamiltonians Tolerate a Bound Tetraneutron?](#)». [Physical Review](#) 9. [Letters](#) 90 (25). [DOI:10.1103/PhysRevLett.90.252501](#).[arXiv:nucl-th/0302048](#).
9. Kisaori K. et al. [Candidate Resonant Tetraneutron State Populated by the \$^4\text{He}\(^8\text{He}, ^8\text{Be}\)\$ Reaction](#)://[Phys. Rev. Lett.](#): журнал.— 2016.— Vol.116, no.5 (3 February).—[ISSN 0031-9007](#).—[DOI:10.1103/PhysRevLett.116.052501](#).
10. Orr N. [Viewpoint: Can Four Neutrons Tango?](#) // [Physics](#).— 2016.— 3 февраля.
11. [Японцы открыли тетранейтрон](#). [Lenta.ru](#) (04.02.2016).

ЛИТЕРАТУРА

1. Менделеев Д.И. Периодический закон // Сочинения. Л.-М.,Т.2, 1934.; Под редакцией А.Н. Баха, Б.Н. Выропаева, И.А. Каблукова и др. - Л.: Госхимтехиздат.- 520с.

2. Рязанцев Г.Б., Лавренченко Г.К. Современный взгляд на «нулевые» в Периодической системе элементов Д.И. Менделеева // Технические газы. – 2014.-№1.-С. 3-10.

3. von Antropoff A. Eine neue Form des periodischen Systems der Elementen. // Zeitschrift fur Angewandte Chemie 39 (23): 722-725. (1926) doi:10.1002/ange.19260392303.

4. Кикоин А. К. За пределы таблицы // Квант. — 1991. — № 1. — С. 38,39,42-44.

5. Marques F. M., Orr N. A., Achouri N. L., et al. Comment on “First Observation of Ground State Dineutron Decay” // 16Be Phys. Rev. Lett.— 2012.—Т. 109.—С. 239201

6. Aleksandrov D. V., Nikol'skii E. Yu., Novatskii B.G. et al. «Search for Resonances in the Three- and Four-Neutron Systems in the $7\text{Li}(7\text{Li},11\text{C})3\text{n}$ and $7\text{Li}(7\text{Li},10\text{C})4\text{n}$ Reactions»// JETP Letters - 2005. 81 (2): 43–46.DOI: 10.1134/1.1887912.

7. Зельдович Я.Б., Попов В.С. Электронная структура сверхтяжелых атомов // УФН 105 403–440 (1971)

8. Dirac P. A. M. The Quantum Theory of the Electron // Proc. Roy. Soc. 117, 610; 118, 341 (1928).

9. Pomeranchuk I.Ya., Smorodinsky Y.A. On energy levels in systems with > 137 // J. Phys. USSR 9, 97 (1945).

10. Gershtein S.S., Zel'dorovich Ya.B. Positron Production During the Mutual Approach of Heavy Nuclei and the Polarization of the Vacuum// Soviet Physics JETP. — 1970.— Vol. 30. — № 2 — P. 358–361.

11. Panchapakesan N. Charge Distribution Around a Nuc-leus with $Z>137$ // Phys. Lett. 35B, 522 (1971).

12. Тамм И.Е. Теория ядерных сил и атомного ядра // Собрание научных трудов, т.1, из-во «Наука», М., 1975, с. 283-326

13. Шапиро Ф.Л. Нейтронные исследования // Собрание трудов. Москва: Наука, 1976. Кн. 2: . - 1976. - 348 с

14. Игнатович В.К. Ультрахолодные нейтроны — открытие и исследование // УФН, т. 166, № 3, 1996, с.303-324
file:///C:/Documents%20and%20Settings/User/Мои%20документы/r963d%20(1).pdf

15. [Электронный ресурс]: Ультрахолодные нейтроны// http://femto.com.ua/articles/part_2/4211.html.

16. Serebrov A.P., Boldarev S.T., Erykalov A.N. et al. Supersource of ultracold neutrons at wr-m reactor in pnpi and the research program on fundamental physics // Physics Procedia. – 17. – (2011). – 251–258.

17. Лихошерстных Г. У. Что прочнее всего на свете // Химия и Жизнь №7, 1980 г., с. 31-33 <http://www.nts-lib.ru/Online/fiz/proch.html>

18. Савченко Вл. И. «Черные звезды», «Издательство Детской литературы», 1960 г.

19. [Электронный ресурс]: Нейтрид на Земле - сегодня, сейчас?// <http://forum.nsu.ru/viewtopic.php?t=14754>

20. Корнелл Э.А., Виман К.Э., Кеттерле В. "Нобелевские лекции по физике — 2001" // УФН 173 1319 <http://ufn.ru/ru/articles/2003/12/c/>

21. Рязанцев Г.Б., Лавренченко Г.К. НЕЙТРОННОЕ ВЕЩЕСТВО КАК «НАЧАЛО» И «КОНЕЦ» ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА // Технические газы. – 2016.-№4.-С. 41-49.

22. Рязанцев Г.Б. Проблема "нулевых" в работах Менделеева // Наука и жизнь, № 2, с. 76-80, 2014г.
<http://www.nkj.ru/archive/articles/23734/>

23. Ryazantsev G.B., Khaskov M.A., Beckman I.N.
CHEMICAL PROPERTIES OF THE NEUTRON MATTER AND ITS PLACE IN THE PERIODIC SYSTEM OF ELEMENTS // 24th International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei: "Fundamental Interactions & Neutrons, Nuclear Structure, Ultracold Neutrons, Related Topics" FRANK LABORATORY OF NEUTRON PHYSICS JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH, место издания JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH Dubna, Russia, тезисы, 2016 с. 71

Февраль 2014 г.

Том 184, № 2

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ И.Я. ПОМЕРАНЧУКА

**Новый метод решения проблемы " $Z > 137$ "
и определения уровней энергии водородоподобных атомов**

В.П. Незнамов, И.И. Сафронов

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ И.Я. ПОМЕРАНЧУКА

Новый метод решения проблемы " $Z > 137$ " определения уровней энергии водородоподобных атомов

В.П. Незнамов, И.И. Сафронов

"Катастрофа" в решении уравнения Дирака для электрона в поле точечного электрического заряда, возникающая для зарядовых номеров $Z > 137$, устраняется благодаря новому способу учёта конечных размеров ядер. Для этого на границе ядра в численных решениях уравнений для дираковских радиальных волновых функций вводится граничное условие, обнуляющее компоненты электронной плотности тока. В результате для всех ядер Периодической системы энергетические уровни, полученные в численных расчётах, практически совпадают с уровнями энергии в стандартных решениях уравнения Дирака во внешнем поле кулоновского потенциала точечного заряда. Далее для $Z > 105$ расчётные зависимости уровней энергии $E(Z)$ носят плавный и монотонный характер. Нижний энергетический уровень достигает энергии $E = -mc^2$ ("падение" электрона на ядро) при $Z_c = 178$. Предложенный метод учёта конечных размеров ядер может быть использован в численных расчётах уровней энергии многоэлектронных атомов.

Более чем сто лет назад, в 1913 г., Н. Бор сформулировал постулаты новой квантовой теории. Уже через три года А. Зоммерфельд [1] на основе теории боровских орбит получил формулу тонкой структуры для энергетических уровней водородоподобных атомов

$$E = mc^2 \left(1 + \frac{\alpha_{\text{em}}^2 Z^2}{(n - |\kappa| + \sqrt{\kappa^2 - \alpha_{\text{em}}^2 Z^2})^2} \right)^{-1/2}. \quad (1)$$

Здесь m — масса электрона, c — скорость света, $\alpha_{\text{em}} = e^2/(\hbar c)$ — электромагнитная постоянная тонкой

Названная фундаментальная
постоянная микромира: $\alpha \approx 1/137$
была введена в физику в 20-е годы
Арнольдом Зоммерфельдом для
описания энергетических
подуровней, обнаруженных
экспериментально в спектрах
излучения атомов.



$$\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$$

$$\begin{aligned}\alpha &= 7,2973525664(17) \cdot 10^{-3} \\ &= 1/137,035\,999\,139(31)\end{aligned}$$

О значимости же поставленного вопроса можно судить из шуточного высказывания знаменитого физика с мировым именем, Вольфганга Паули:

«Когда я умру, первым делом посчитаю спросить у дьявола, — каков смысл постоянной тонкой структуры?» Ну, а Ричард Фейнман считал сам факт существования этого загадочного числа «проклятием для всех физиков» и советовал хорошим теоретикам «зарубить его на стене и всегда думать над ним»!

мента электрона. В 1928 г. П.А.М. Дирак [2, 3], Г. Дарвин [4] и В. Гордон [5] получили выражение (1) в результате точного решения уравнения Дирака в кулоновском поле точечного заряда $(-Ze)$.

Формула (1) даёт комплексную величину при

$$Z > \frac{|K|}{\alpha_{em}} \sim 137|K|. \quad (3)$$

С точки зрения существования реальных ядер в Периодической системе Менделеева, соответствующих выражению (3), интерес представляют состояния электрона

4. Результаты численных расчётов по определению энергетического спектра водородоподобных атомов с эффективными учётом конечных размеров ядер

В расчётах размер ядер определялся из соотношения

$$r_N = (0,836 A^{1/3} + 0,57) \times 10^{-13} \text{ см}, \quad A > 9$$

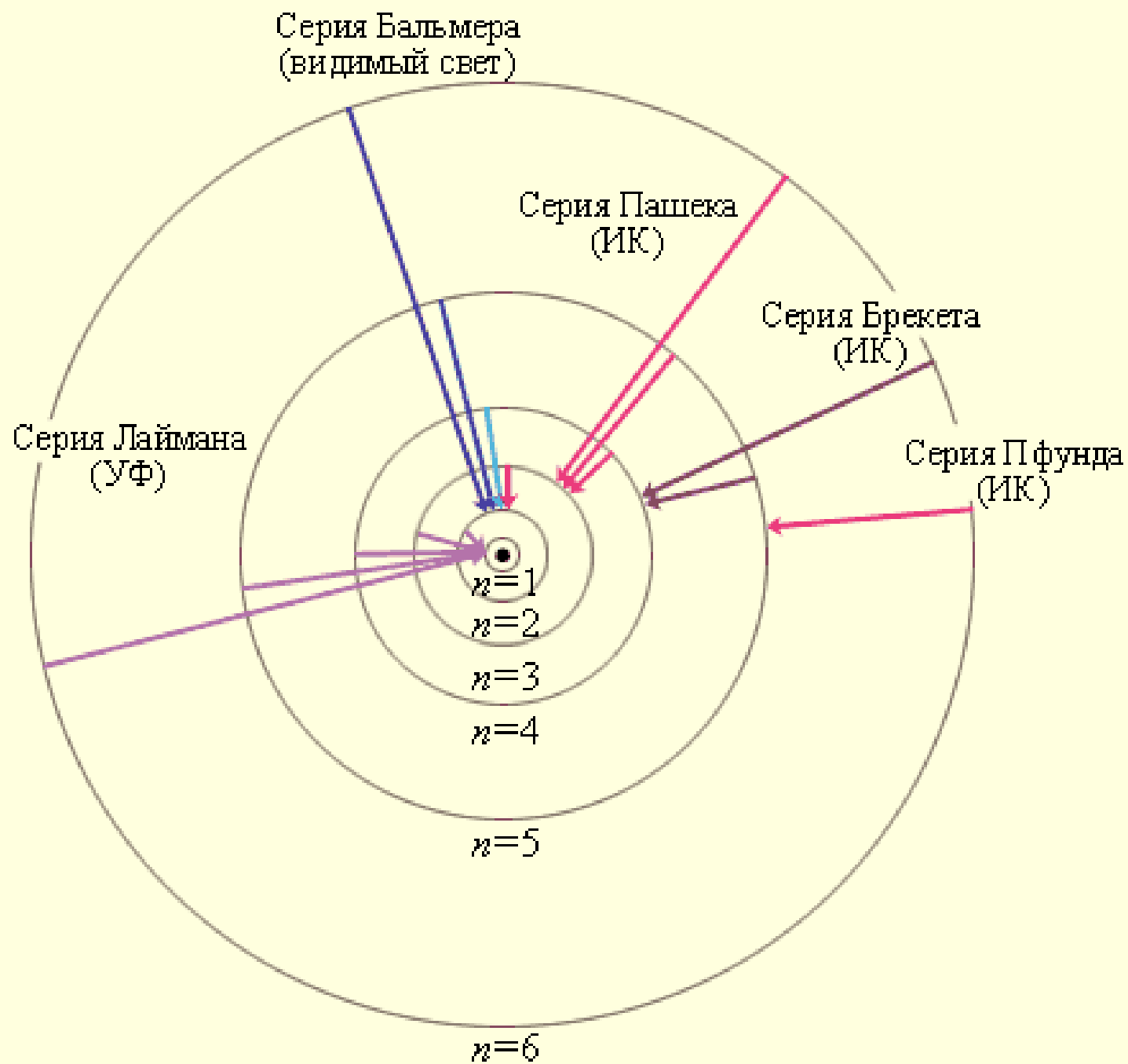
$$r_N = 1,3 \times 10^{-13} A^{1/3} \text{ см}, \quad A < 9,$$

где A — атомный вес ядра.

$$R_n = a_B \frac{n^2}{Z};$$

$$a_B = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{me^2}.$$

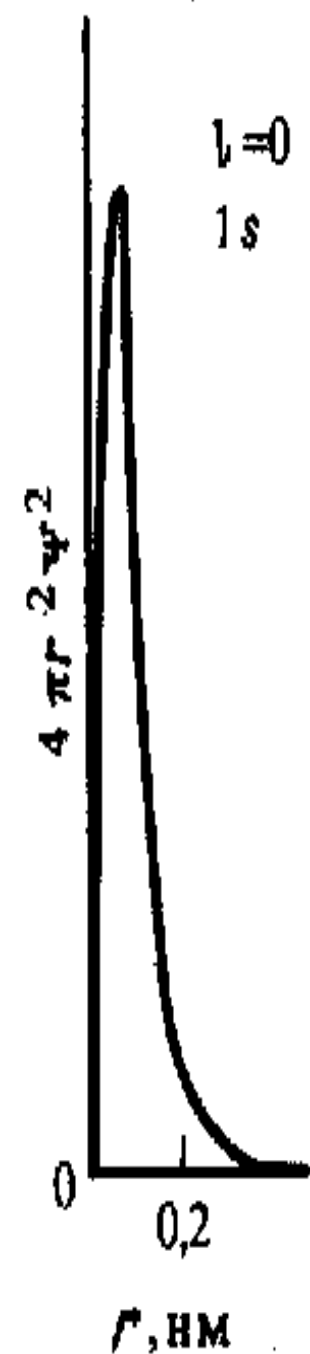
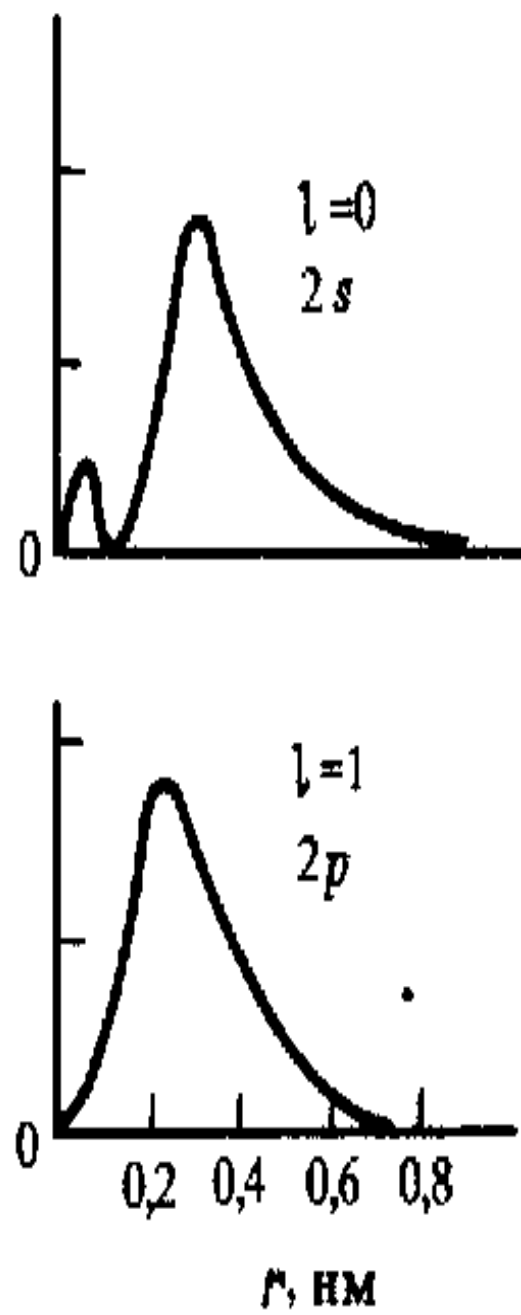
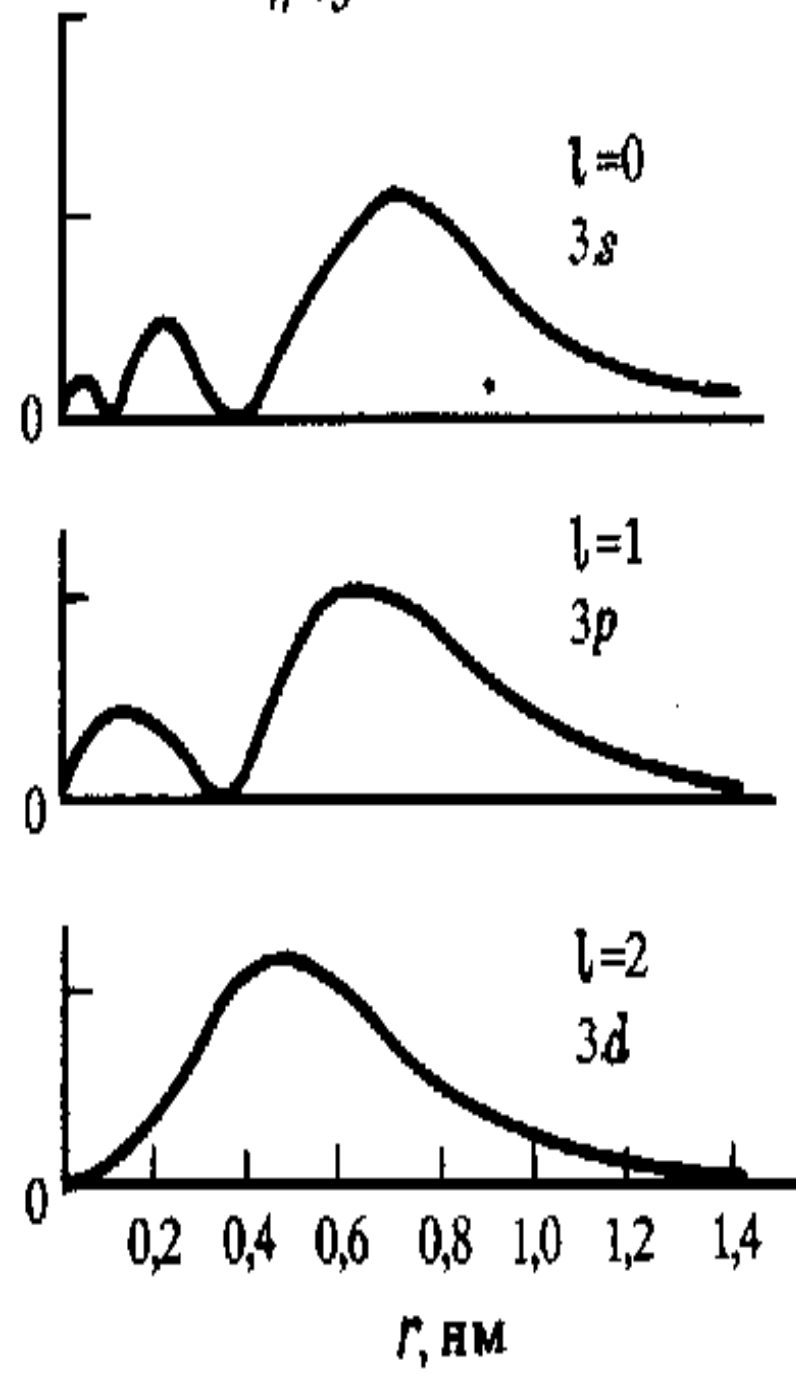


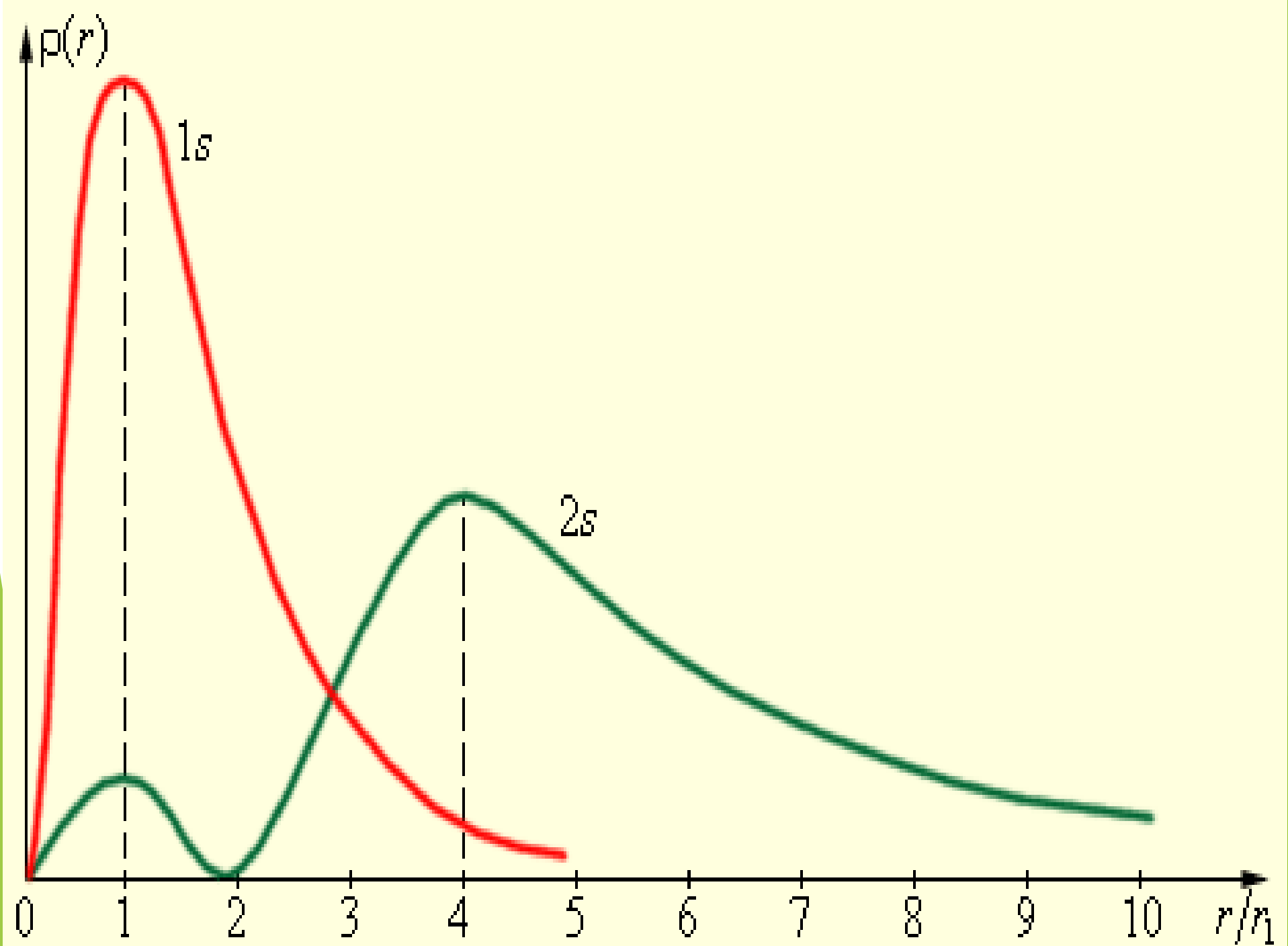


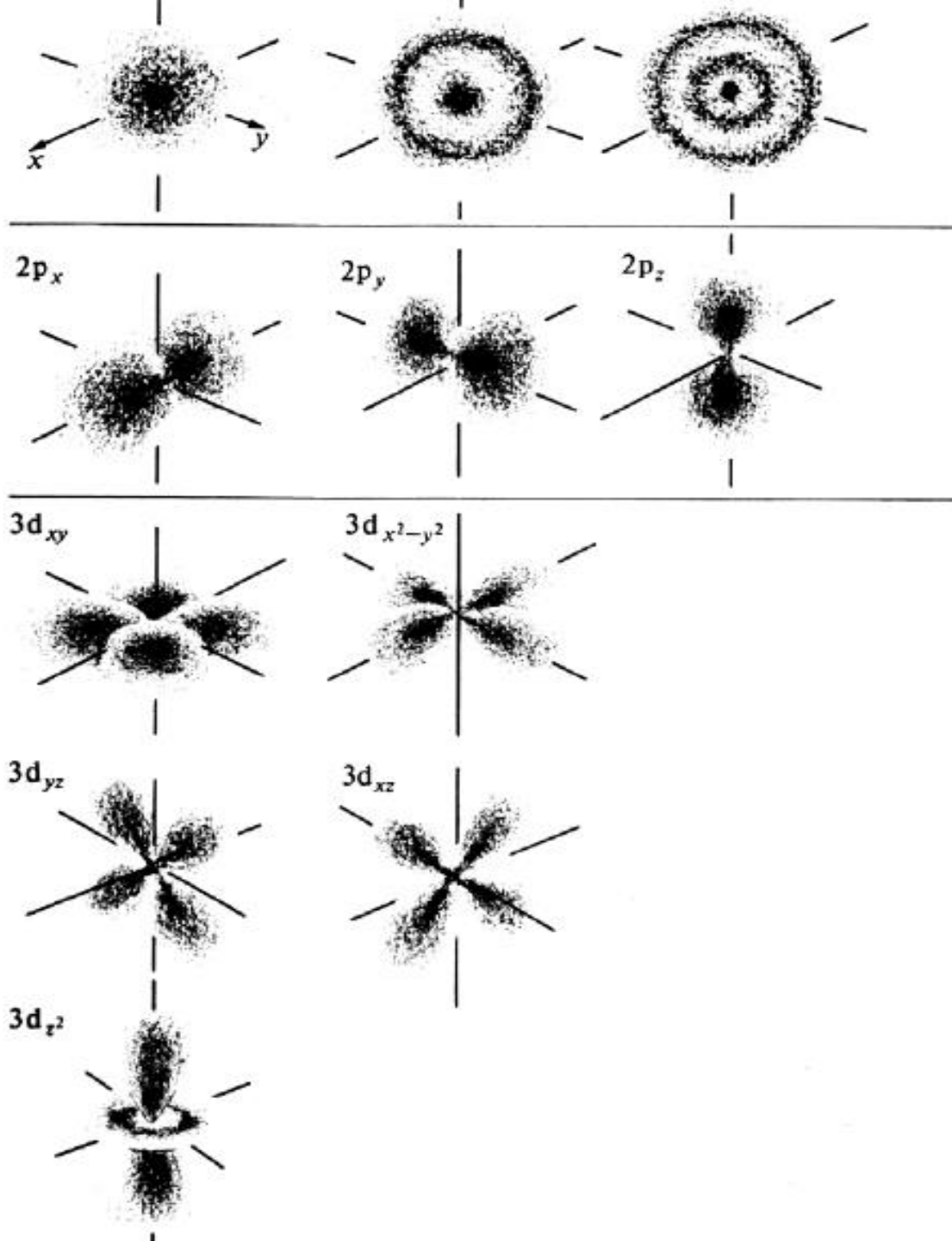


Обзор последующих работ, посвящённых структуре водородоподобных атомов при $Z\alpha > 1$, дан в работах [8–10]. В [8] для анализа структуры энергетических уровней, кроме (4), использовался потенциал, соответствующий потенциалу однородно заряженного шара,

$$U_1 = \begin{cases} \frac{Ze^2}{r_N} \left[-\frac{3}{2} + \frac{1}{2} \left(\frac{r}{r_N} \right)^2 \right] & \text{для } r \leq r_N, \\ -\frac{Ze^2}{r} & \text{для } r > r_N. \end{cases} \quad (6)$$

$\eta=1$  $\eta=2$  $\eta=3$ 





и взаимодействия между частицами на
ведение составленной ими системы.

ца, интересующиеся точными решениями, могут найти
т на этот вопрос, заглянув в историю. Для ньютоновской
аники XVIII века задача трех тел была
разрешимой. С рождением общей теории
сительности (где-то около 1910 г.) и квантовой
родинамики (1930 г.) стали неразрешимыми задачи
тел и одного
. В современной квантовой теории поля неразрешимой
ывается задача нуля тел
(ума). Так что если мы интересуемся точными
ениями, то ни одного тела – это уже много.»

тук Р.,

ановские диаграммы в проблеме многих тел, Мир, М., 1969.

Экспериментаторы, не склонные к излишним усилиям, утешают себя рассуждением такого типа:

«Для меня достаточно качественного понимания, а строгие расчеты- это дело теоретиков.» В результате сложилась парадоксальная ситуация , при которой большая часть экспериментаторов не в состоянии прочесть теоретическую статью и ограничивается аннотацией, введением и заключением. При этом масса экспериментаторов подразделяется на два сообщества. Члены первого из них твердо уверены, что никакие сложные вычисления в принципе не нужны, все можно понять **«на пальцах»** или, в крайнем случае, пользуясь теорией возмущений в двух нижних порядках. Вторая часть сообщества экспериментаторов, напротив, склонна верить теоретикам (особенно с заслуженными именами) буквально до последней запятой, не обращая внимания ни на приближенность модели, ни на принципиальную неточность использованных методов. Эта часть, в случае расхождения эксперимента с теорией, всегда готова списать эти расхождения на неточность или неудачность эксперимента и **полностью лишена критического отношения к теории.**