



ЕЩЁ РАЗ О КОЛЛЕКТИВНОМ МЕХАНИЗМЕ LENR

**Уруцкоев Л.И., Филиппов Д.В.
23 марта 2022**

ПЛАН ДОКЛАДА

I Что мы сегодня знаем о LENR

II Методическая часть

- Ядро и электронная оболочка – две составляющих одной системы: **АТОМ**
- Необходимое и достаточное условие стабильности ядер на изобаре: **минимум массы атома.**

III Феноменологическая модель

- Норма Филиппова
- Роль слабых ядерных взаимодействий
- Сравнение расчетов с экспериментом
- Коллективный характер LENR

IV Магнитный монополяр?

ЧАСТЬ I

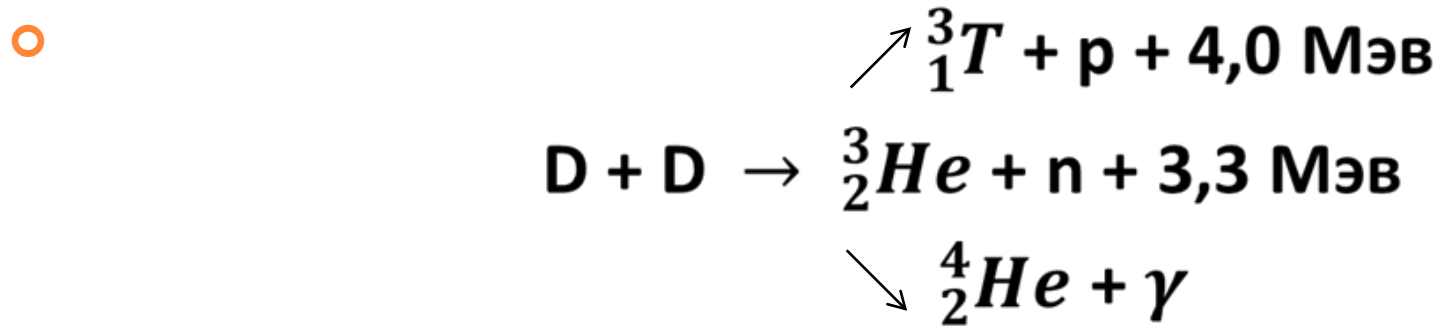
- Открытие естественной радиоактивности – Беккерель 1896 г.
- Первая ядерная реакция – Резерфорд 1919 г.
$${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{p}$$
- Период радиоактивного распада не зависит от внешних условий.

Резерфорд, Кюри, Чедвиг, Эллис

- В 20-х годах при пропускании мощного тока через расплав или пары вещества наблюдалась появление новых хим. элементов.
- *Smits A. and Karssen A. (Naturwiss, 1925), Nagaoka H. (Nature, 1925), Miethe A. and Stammreich H. (Naturwiss, 1924), Irion and Wendt (Amer Chem Soc 44, 1922)*



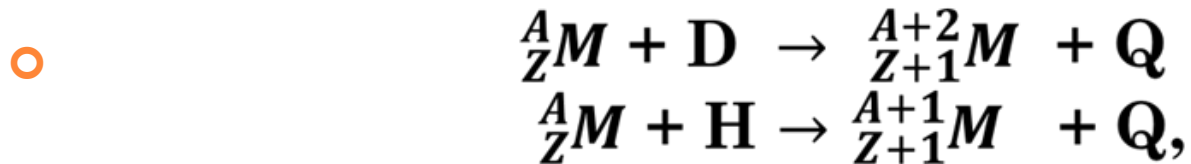
«КЛАССИЧЕСКОГО СИНТЕЗА»
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО НЕ НАБЛЮДАЕТСЯ



M. Fleischmann, S. Pons and M. Hawkins, J. Electroanal. Chem., 261 (1989), p. 301

Царев В.А. УФН, Т.160 (1990), в.11, 4-53;
Т.162 (1992), в.10, 63-91.

АНОМАЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ЭФФЕКТЫ В «НАВОДОРОЖЕННЫХ» МЕТАЛЛАХ



Где A_ZM - изотоп металла переходной группы (Pd, Ti, Ni...)

Твердо установленных фактов не так много:

1. Наблюдается аномальное выделение тепла ($\because Q > 0$), происхождение которого сложно объяснить химическими реакциями;

2. возникновение изотопного искажения материнских ядер и появление «новых» химических элементов

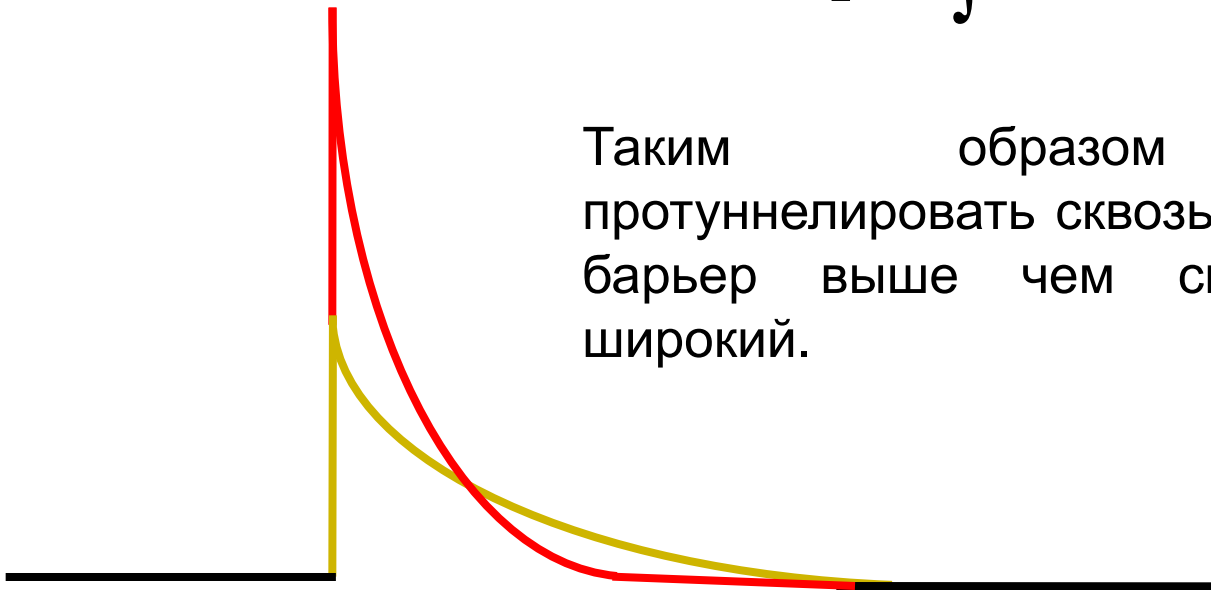
3. Не наблюдается остаточной радиоактивности (\because все дочерние ядра стабильны)

μ — КАТАЛИЗ ЛЕЖИТ В ОСНОВЕ ИДЕИ
«ХОЛОДНОГО» СИНТЕЗА:

Высокое давление, глубокие орбиты атома
водорода, «тяжелый» электрон

$$D \sim \exp\left(-\int \sqrt{E} dx\right)$$

Таким образом вероятность протуннелировать сквозь узкий, но высокий, барьер выше чем сквозь низкий, но широкий.



СЛАБЫЕ ЯДЕРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ (β^+ , β^- РАСПАД И К-ЗАХВАТ)

Позднее стало ясно, что, ядерные и атомные явления тесно связаны. Были получены надежные экспериментальные результаты, в которых зарегистрированы изменения периодов полураспада вследствие деформации атомных электронных оболочек в различных химических соединениях.

${}^7\text{Be}$



Segrè E., Wiegand C. E.

Phys. Rev., 1949. v.75. №1. p. 39.

Phys. Rev., 1949. v.76. №7. p. 897.

${}^7\text{Be}$ (53.12 дн)

Be, BeO, BeF₂

${}^{99}\text{Tc}^m$

Bainbridge K.T., Goldhaber M.

Phys.Rev., 1951. v.84. №6. p. 1260.

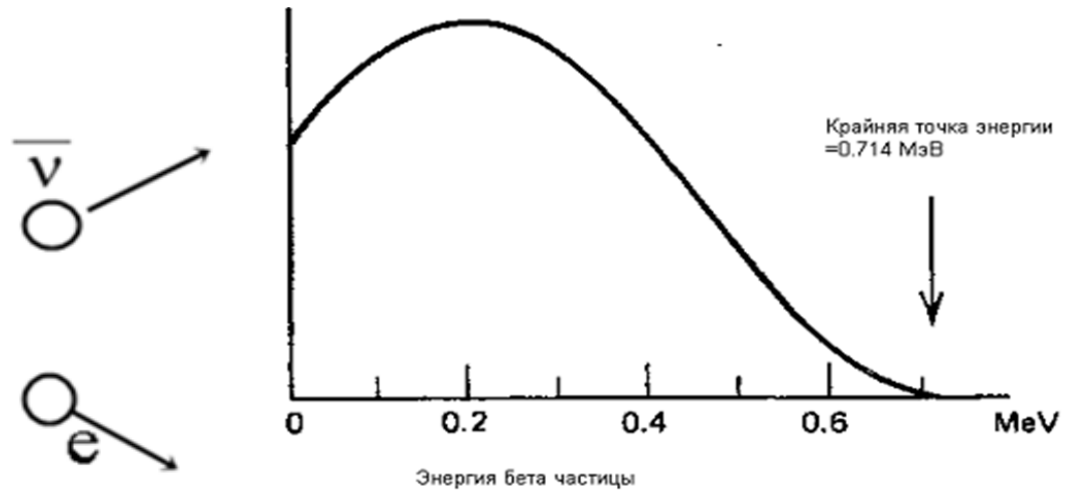
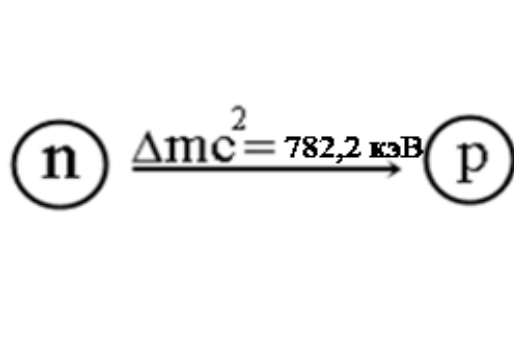
${}^{99}\text{Tc}^m$ (6.01 ч.)

$$\frac{\lambda(\text{KTcO}_4)}{\lambda(\text{Tc})} = 1.0030 \pm 0.0001$$



ТЕОРИЯ БЕТА-РАСПАДА

Fermi E. Versucheiner Theorie der β -Strahlen // Zs. f. Phys. 88, 161–171 (1934); Ферми Э. К теории β -лучей / В сб.: Ферми Э. Научные труды, т. 1. – М.: Наука, 1971. – с. 525–541.



Теория β -распада в связанное состояние и влияние ионизации на ядерные процессы (60-е годы)

Bahall J.N. Theory of bound-state beta decay // Phys. Rev. 124, №2, 495-499 (1961).

Takahashi K., Yokoi K. Nuclear β -decays of highly ionized heavy atoms in stellar interiors // Nucl. Phys. A 404, №3, 578-598 (1983).

Учет канала распада в связанное состояние

β -распад трития

$Q = 18,61$ кэВ

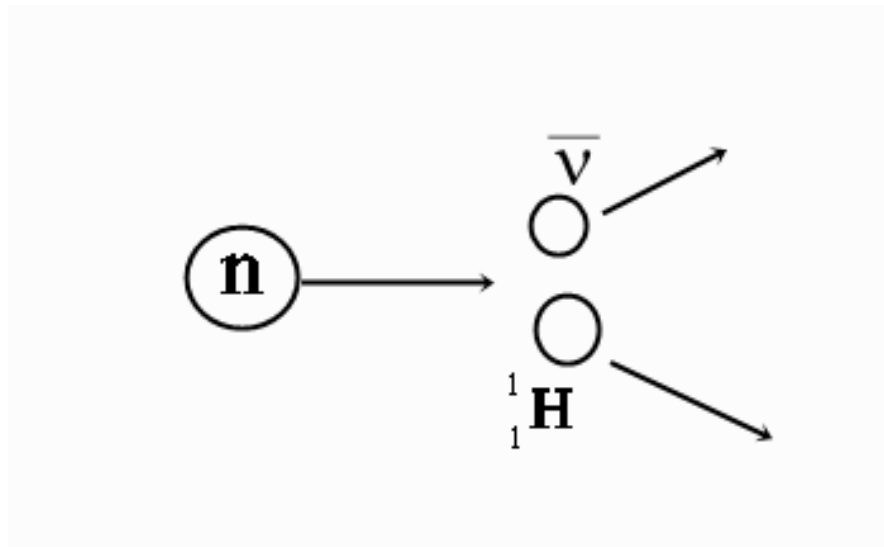
Распад	$\lambda/\lambda_0, \%$
${}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He}^+$	λ_0
${}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He}$	$0,62 \pm 0,07$
${}^3\text{H}^+ \rightarrow {}^3\text{He}^+$	$1,07 \pm 0,04$

В. А. Акулов, Б. А. Мамырин, УФН, 173, 1187 (2003)

Б. А. Мамырин, В. А. Акулов, УФН, 174, 791 (2004)



$${}^1_0n \rightarrow {}^1_1H + \bar{\nu}_e \quad \frac{\lambda}{\lambda_0} = 2,9 \times 10^{-4} \%$$



Спектр антинейтрино моноэнергетичен

$$E_{\bar{\nu}} = 782,3 \text{кэВ}$$

ИЗМЕНЕНИЕ ПЕРИОДА ПОЛУРАСПАДА ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ АТОМОВ

Jung M., Bosch F., Beekert K., et al.

Phys. Rev. Lett., 1992. v. 69. №15. p. 2164.



$$\lambda({}^{163}\text{Dy}^{66+} \rightarrow {}^{163}\text{Ho}^{66+}) = 47 \pm 5 \text{ дн}$$

Диспрозий \rightarrow Гольмий

Bosch F., Faestermann T., Friese J., et al.

Phys. Rev. Lett., 1996. v. 77. №26. p. 5190.

$$\lambda({}^{187}\text{Re}^{75+}) = 33 \text{ года}$$

$$\lambda({}^{187}\text{Re}) = 4.3 \cdot 10^{10} \text{ лет}$$



ЧТО МЫ НАДЕЖНО ЗНАЕМ О LENR

- **Наличие ядерных превращений, изотопные искажения.**
- **Отсутствие остаточной радиоактивности.**
- **В некоторых экспериментах регистрируется «странное» излучение.**

○ Даже если вынести вопрос о механизме преодоления кулоновского барьера за скобки рассмотрения, то для идеи ядерного синтеза остаётся, по крайней мере два противоречия с экспериментом:

○ Большая часть стабильных ядер претерпевших протонный захват является - нестабильными;

○ Средняя связи $E_{\text{св}} \sim 6-8 \text{ Мев/нуклон}$.

Добавка 1 или 2 нуклонов к исходному стабильному ядру должна приводить к излучению энергичных γ -квантов или остаточной радиоактивности.

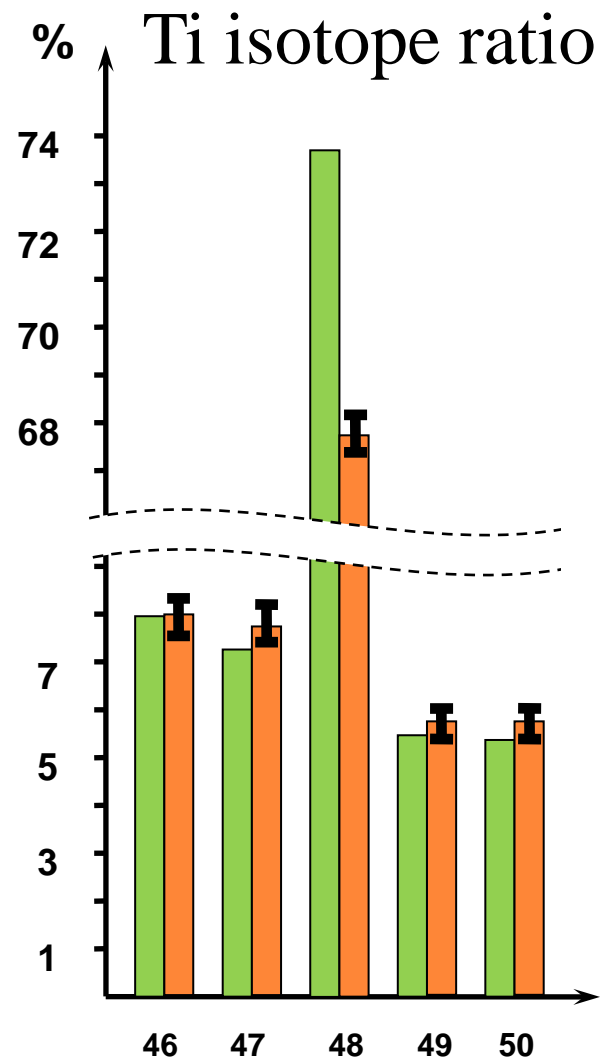
Те же аргументы справедливы и для рассмотрения возможности протекания реакции деления при LENR.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

1. Относительное содержание изотопа Ti^{48} ~65% вместо природных 73.8%
2. Количество «исчезнувших» атомов Ti^{48} ~ 10^{19-20}
3. Энергозапас батареи $E=50$ КJ

∴ Энергии хватает только на частичную ионизацию

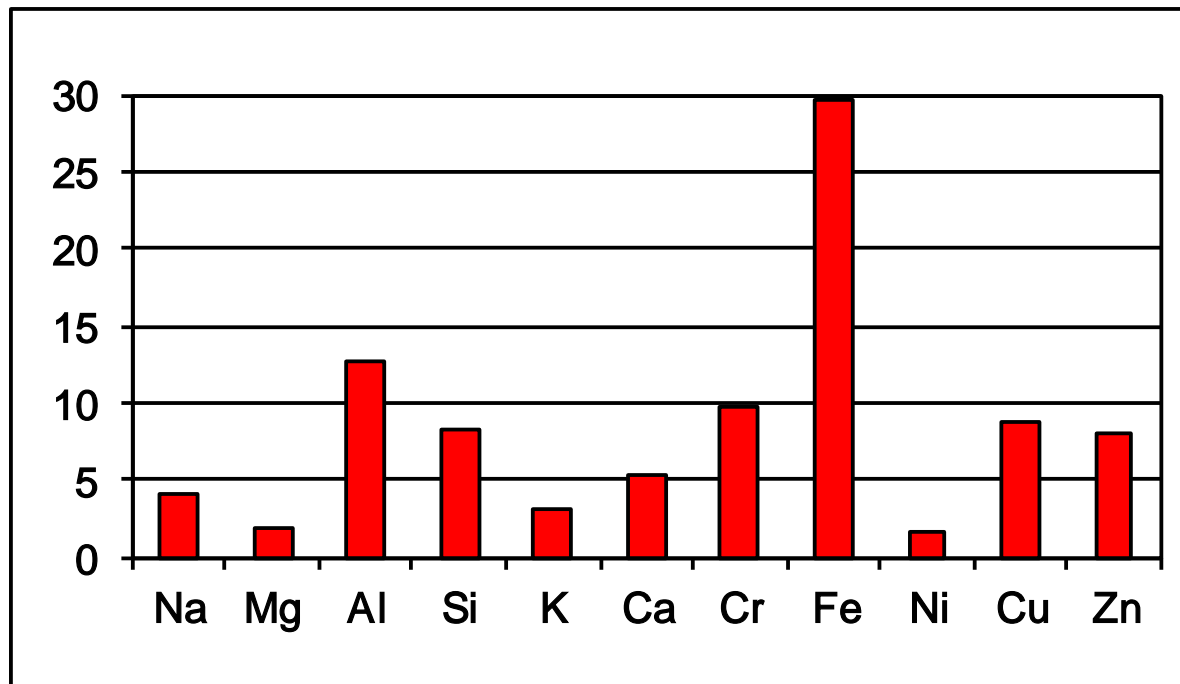
L.I. Urutskoev, V.I. Liksonov,
V.G. Tsinoev, *Ann. Fond. L.
de Broglie* 27, 701 (2002).



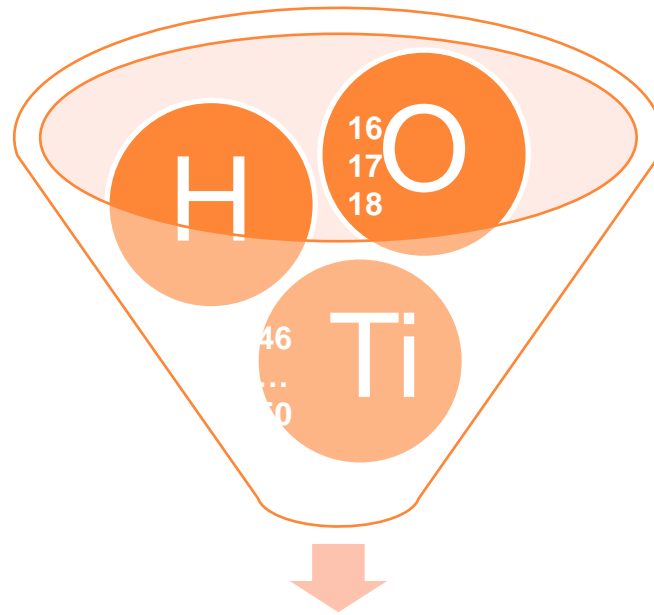
Основной вывод:

Такой энергии не должно хватать для инициирования: ни синтеза, ни деления.

Но,

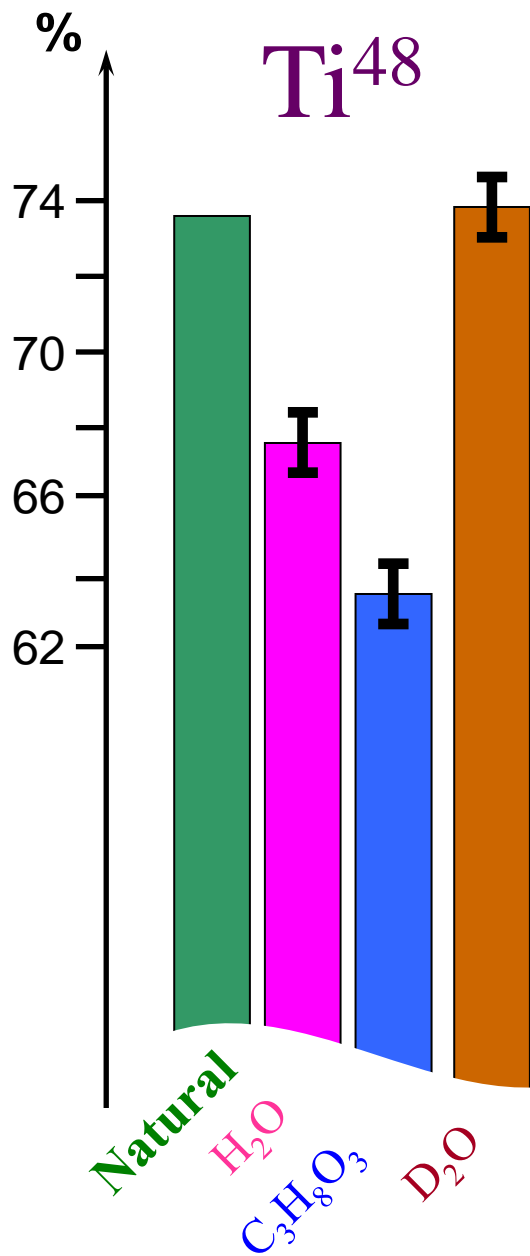


Поскольку энергия вкладывается в плазменный канал, то наглядно процесс можно представить:



Na, Mg, Al, Si, K, Ca, ..., Zn

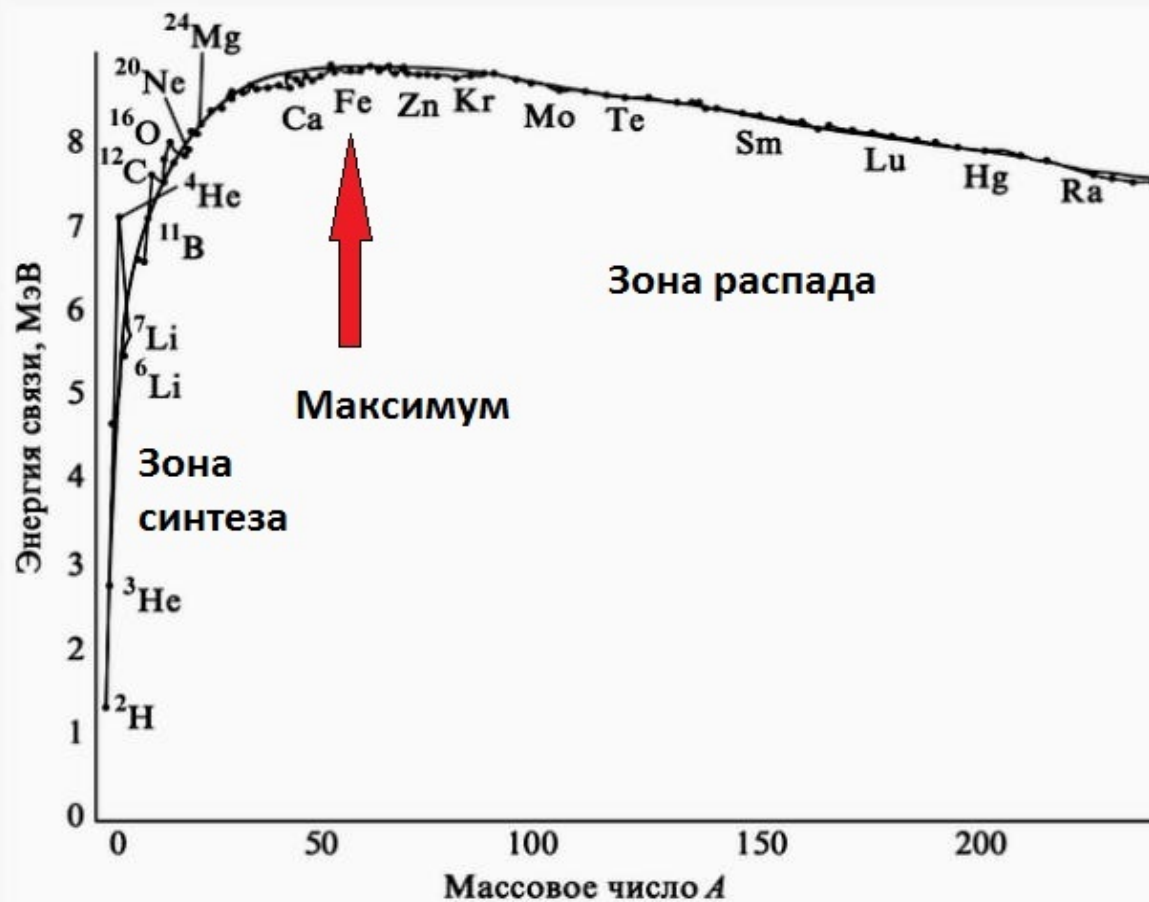
Мы **полностью** согласны с мнением наших оппонентов о том, что в **рамках сегодняшних представлений ядерной физики** вероятность протекания таких реакций пренебрежимо мала.



«ПОИСК РУЧКИ»

1. Уруцкоев Л И, Ликсонов В И, Циноев В Г *Прикладная физика* (4) 83 (2000)
2. Kuznetsov V D et al. *Ann. Fond. L. de Broglie* 28 173 (2003)
3. Priem D, Racineux G, Lochak G, et al. *Ann. Fond. L. de Broglie* 33 129 (2008)
4. Ivoilov N G et al. *Ann. Fond. L. de Broglie* 35 1 (2010)





Экспериментальная зависимость удельной энергии связи (энергии связи, приходящейся на один нуклон) от массового числа A

○ Даже если вынести вопрос о механизме преодоления кулоновского барьера за скобки рассмотрения, то для идеи ядерного синтеза остаётся, по крайней мере два противоречия с экспериментом:

○ Большая часть стабильных ядер претерпевших протонный захват является - нестабильными;

○ Средняя связи $E_{\text{св}} \sim 6-8 \text{ Мев/нуклон}$.

Добавка 1 или 2 нуклонов к исходному стабильному ядру должна приводить к излучению энергичных γ -квантов или остаточной радиоактивности.

Те же аргументы справедливы и для рассмотрения возможности протекания реакции деления при LENR.

II МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- **В ядерной физике принято считать энергию электронной оболочки пренебрежимо малой,**
- **в физике плазмы принято считать ядра точками.**

В ядерной реакции участвует АТОМ – единая система, включающая ядро и атомную оболочку

ПРИМЕР

Ядра ^{163}Dy , ^{193}Ir , ^{205}Tl – абсолютно стабильные в нейтральном атоме становятся β^- -активными при полной ионизации атома.

Jung M, Bosch F, Beckert K, et al.

Phys. Rev. Lett. 69 2164 (1992)

W. Henning et al., AIP Conf. Proc. 126 (1985) 203

НЕКОТОРЫЕ «ЛЕГЕНДЫ» ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

- Считается что чем больше $E_{\text{св}}$ ядра, тем оно стабильней, но это не так.

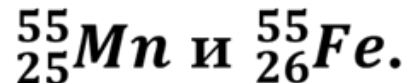
Для ${}^3\text{H}$: $E_{\text{св.}} = 8,5 \text{ МэВ}$;

для ${}^3\text{He}$: $E_{\text{св.}} = 7,7 \text{ МэВ}$,

но стабильным является именно ${}^3\text{He}$.

- Считается, что стабильными являются ядра с минимальной массой на изобаре.

Чтобы убедиться, что это не так возьмем ядра



Энергии связи ${}^{55}_{25}\text{Mn}$ и ${}^{55}_{26}\text{Fe}$ равны:

$$E_{\text{Mn}} \approx 482,070 \text{ МэВ} \text{ и } E_{\text{Fe}} \approx 481,057 \text{ МэВ}$$

По определению:

$$E_{\text{св}} = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - M_N(A, Z),$$

$$M_N({}^{55}_{25}\text{Mn}) = 25m_p + 30m_n - 482 \text{ МэВ}$$

$$M_N({}^{55}_{26}\text{Fe}) = 26m_p + 29m_n - 481 \text{ МэВ}$$

$$M_N({}^{55}_{25}\text{Mn}) - M_N({}^{55}_{26}\text{Fe}) = m_n - m_p - 1 \text{ МэВ} \approx 300 \text{ кэВ.}$$

Таким образом, ядро ${}^{55}_{25}\text{Mn}$ тяжелее и стабильным должно быть ядро ${}^{55}_{26}\text{Fe}$.

Однако стабильным является именно атом ${}^{55}_{25}\text{Mn}$.

Атом ${}^{55}_{26}\text{Fe}$ нестабилен по отношению к-захвату и распадается в ${}^{55}_{25}\text{Mn}$ с периодом 2,9 года.

В чём дело?

Нужно учесть электронную оболочку, а поскольку у железа на один электрон больше ($m_e = 511$ кэВ), то масса атома $M_A(^{55}_{25}\text{Mn})$ оказывается на ≈ 200 кэВ легче чем масса атома $M_N(^{55}_{26}\text{Fe})$.

Таким образом, стабильным является атом с меньшей массой.

Необходимым и достаточным условием стабильности ЯДРА является условие минимума массы АТОМА на изобаре.

Более 30 изотопов, реализующих минимум массы ядра на изобаре являются

 **нестабильными по отношению к электронному захвату.**

Уруцкоев Л. И., Филиппов Д. В.

Условие beta-стабильности ядер нейтральных атомов

УФН, 2004, т. 174, №12, с. 1355–1358

НОРМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ

- Ядерная физика, как правило оперирует высокими энергиями и энергией электронной оболочки справедливо пренебрегают.
- Мы себе такой «роскоши» позволить не можем и должны учитывать энергию связи электронов.

НОРМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ

○ $E_{\text{св}}$ ядра, $M_{\text{яд}}$ и $\Delta_{\text{яд}}$

Для расчета двух-частичных ядерных реакций высоких энергий можно пользоваться любой.

А законы сохранения барионного, лептонного и электрического зарядов – подбирать «руками».

В нашей постановке, требуется автоматическое соблюдение законов сохранения. Кроме того:

А. $E_{\text{св}} = 0$ для p и n , хотя это совершенно различные объекты

В. $\Delta_{\text{яд}} = 0$ для C^{12} хотя это не соответствует физической реальности

III ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Отличие в постановке задачи

В традиционной ядерной физике:

взаимодействуют два ядра → легко подобрать дочерние ядра;

в LERN взаимодействует ансамбль атомов, т.е. процесс коллективный, дочерние ядра, без создания алгоритма, подобрать не удаётся.

Только благодаря содержанию в таблице Менделеева конечного числа изотопов, такая постановка задачи в принципе возможна.

ЗАМЕЧАНИЕ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

Мы будем придерживаться термина - «трансформация», вместо часто используемого термина «трансмутация» чтобы подчеркнуть:

- 1. коллективный (обменный) характер рассматриваемых гипотетических ядерных реакций;**
- 2. в привычных ядерных реакциях материнское ядро трансмутирует в другое ядро, а при трансформации исходный ансамбль атомов переходит в дочерний ансамбль атомов;**
- 3. термин взят из теории групп, в надежде, что в будущем этот новый класс ядерных реакций будет описан в рамках теоретико-группового подхода.**

Модель основана на введении новой нормы (Д.Филиппов):

$$\|X_i\| = W_i + (Z_i - A_i) \cdot (m_n - m_H),$$

для множества ядер $\{X_i\}$:

$$\|\{X_i\}\| = \sum_i^N \|X_i\|,$$

где W_i – энергия необходимая для разделения нейтрального атома на протоны нейтроны и электроны атомной оболочки; Z_i и A_i – заряд и масса ядра X_i ; m_n и m_H – масса нейтрона и атома водорода.

$$m_n - m_H = 782.3 \text{ Kev}$$

Фактически это энергия β -распада в связанное состояние электрона (т.е. нейтрон переходит в нейтральный водород)

○ Таким образом норма $\|X_i\|$ является энергией, необходимой для разделения нейтрального атома на нейтральные атомы водорода и нейтроны, с последующим распадом всех нейтронов в нейтральные атомы водорода.

Это и означает, что ноль нормы выбран на множестве ядер, состоящем из нейтральных атомов водорода.

В этом состоит отличие введенной нормы от связи ядра, которая подразумевает «разбор» ядер на протоны и нейтроны.

Для определения выделяющейся энергии необходимо из нормы конечного множества вычесть норму начального множества.

При этом все законы сохранения электрического и барионного зарядов уже учтены в норме и будут выполнены автоматически.

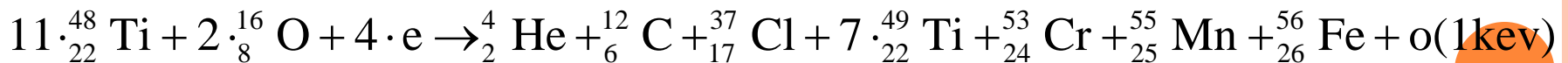
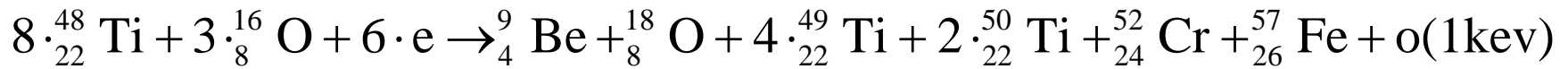
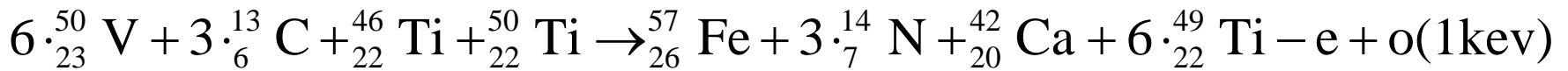
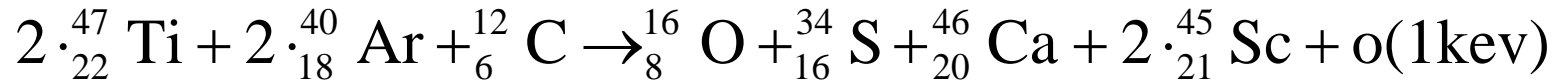
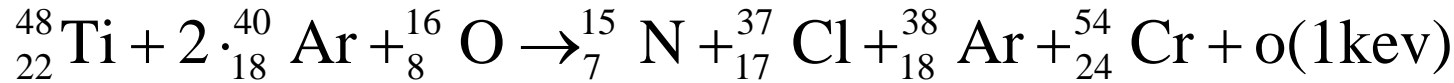
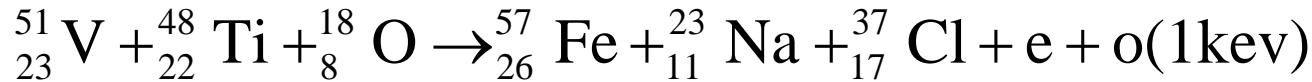
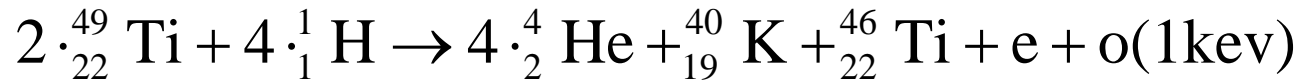
Filippov D.V., Urutskoev L.I., // Annales de la Fondation Louis de Broglie. V 29, № 3, 1187-1205 (2004).

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

1. Не удастся подобрать комбинации дочерних атомов с приемлемым уровнем энерговыделения без «включения» слабых взаимодействий ($n \rightarrow p + e + \bar{\nu}$). Это важный результат, говорящий о принципиальной роли участия слабых взаимодействий в LENR.

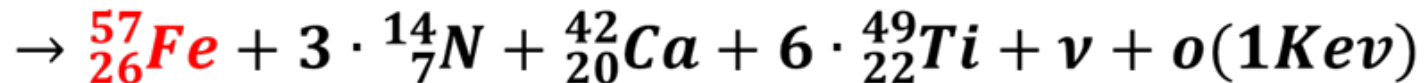
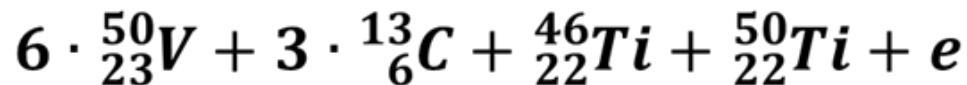
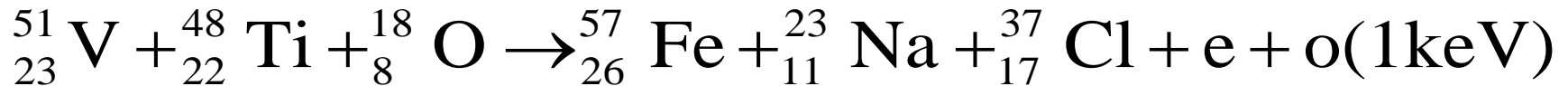
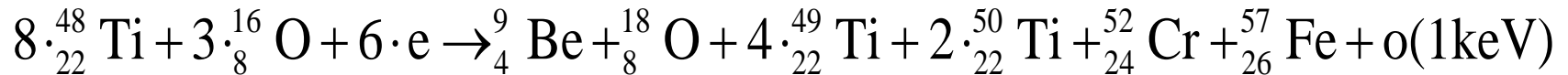
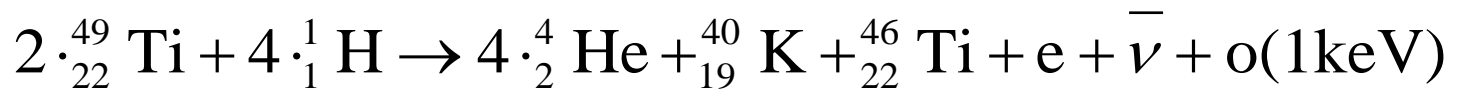
Kuznetsov V.D., Mishinsky G.V., Penkov F.M., Arbuzov V.I., Zemenik V.I. // Low Energy Transmutation of Atomic Nuclei of Chemical Elements // Ann. Fond. L.de Broglie, V 28, №2, 173 – 213 (2002)

2. Из материнских атомов Ti, O и H не подбираются приемлемые комбинации дочерних атомов «тяжелее» Zn. Этот факт находится в согласии с нашим экспериментом.

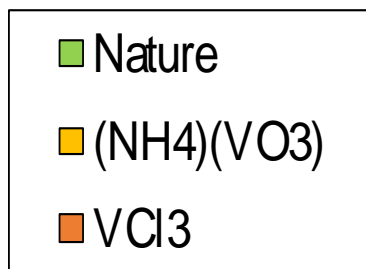
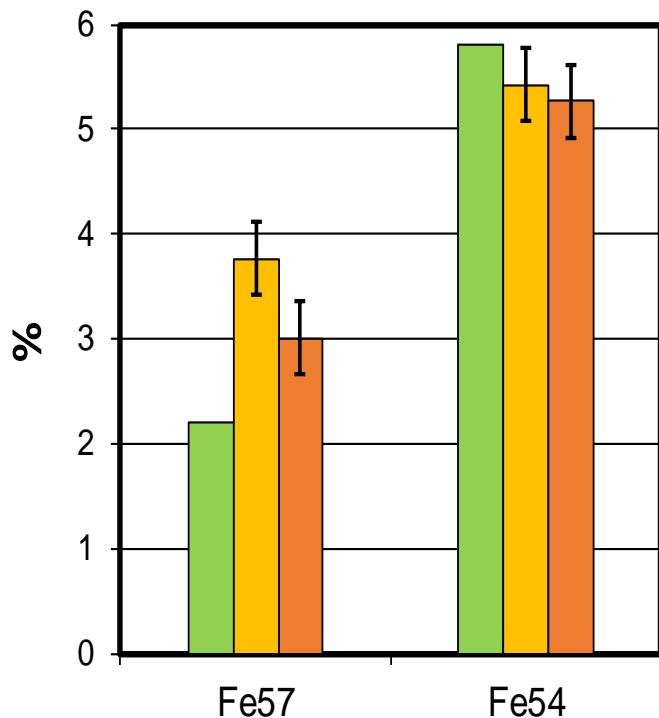


ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ПРЕДСКАЗАНИЙ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Численные примеры:



Для проверки были проведены два типа экспериментов



1. Электровзрыв производился в 40% водном растворе глицерина, а нагрузкой служил «сэндвич», состоящий из Ti и V фольг.

2. Электровзрыв титановой фольги осуществлялся в водных растворах солей ванадия: (NH₄VO₃) и (VCl₃)

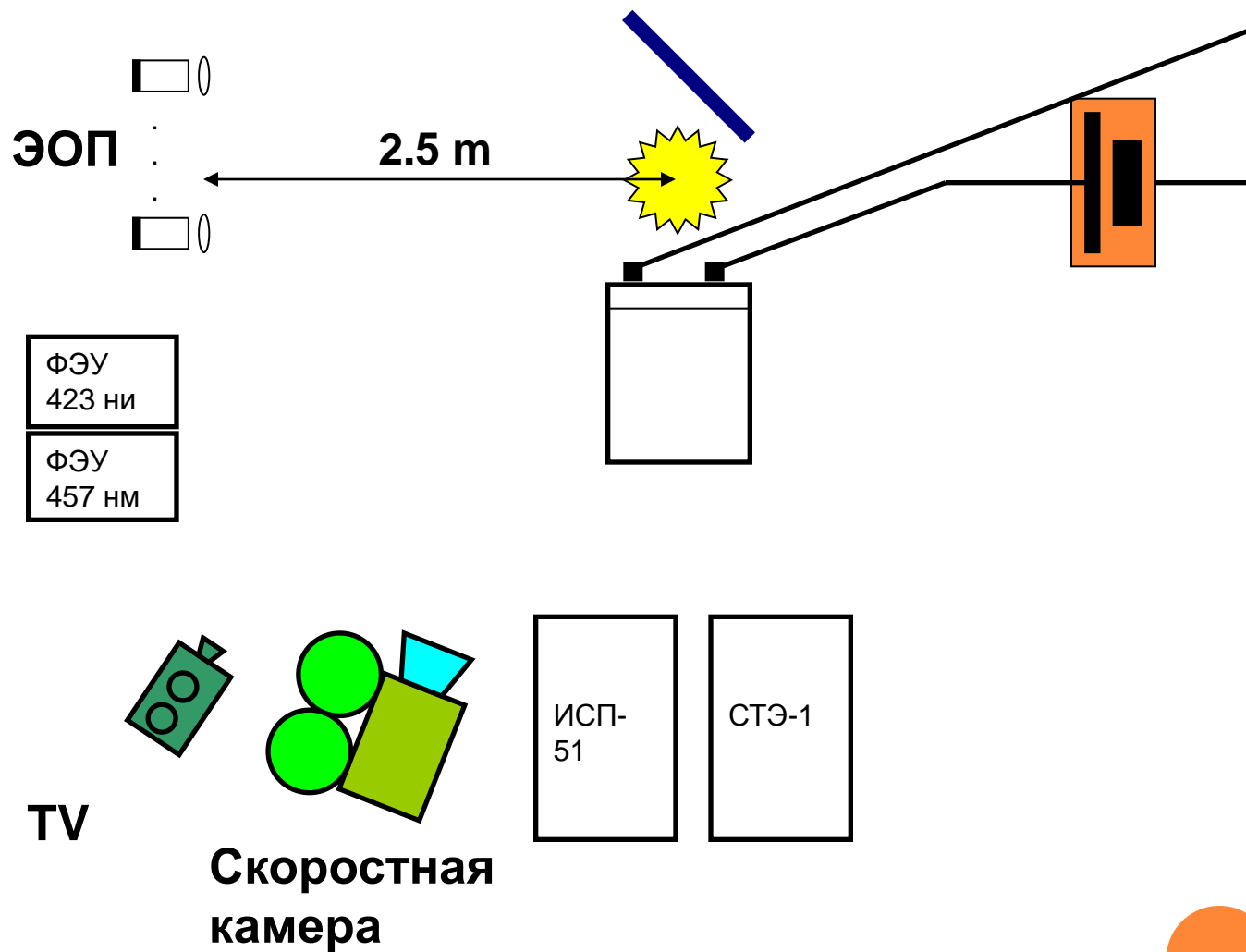
Таким образом, появление избыточного количества ⁵⁷Fe заронило надежду о принципиальной правильности выбранного подхода.

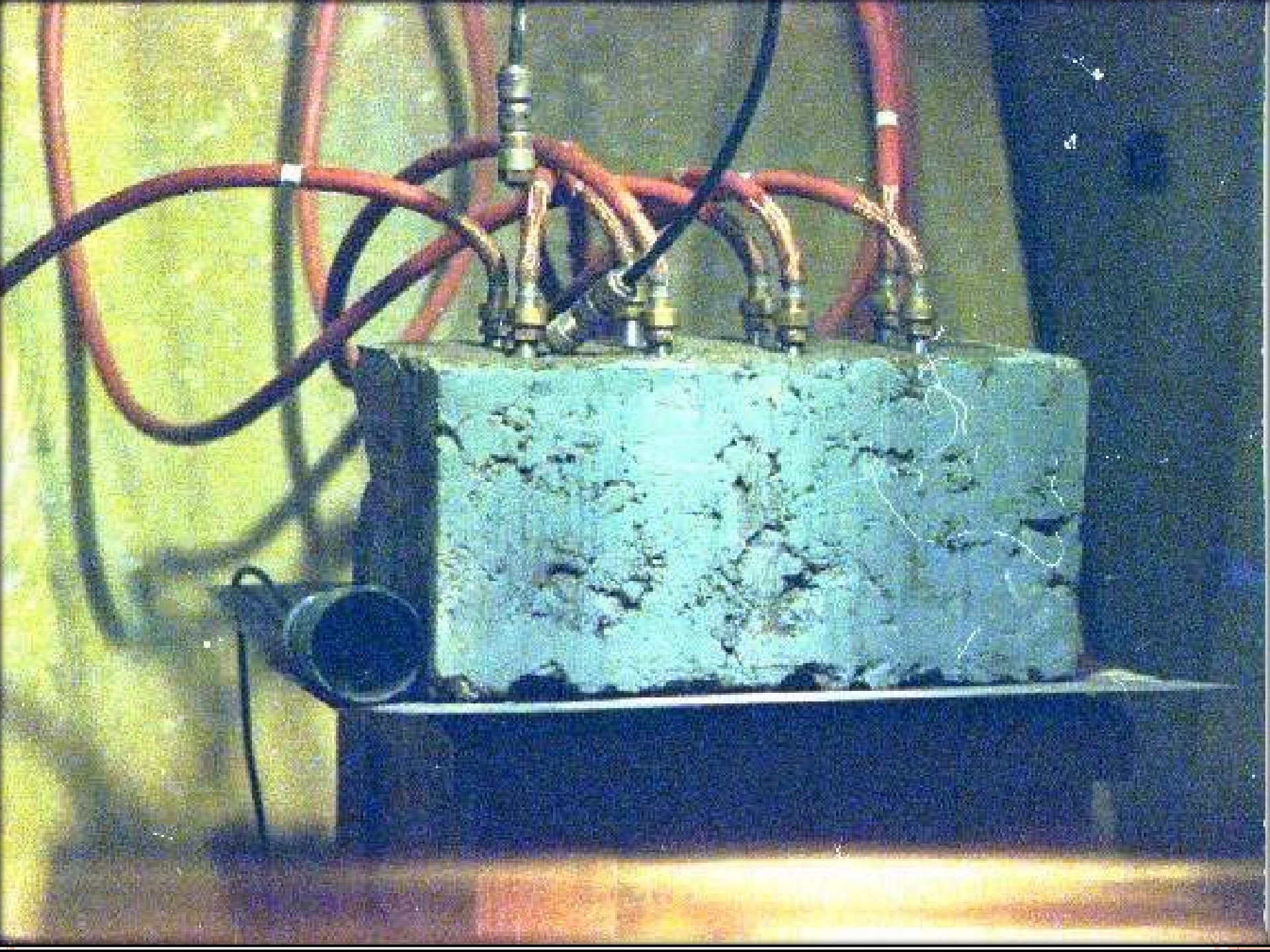
КАКИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ БЫЛИ ПОЛУЧЕНЫ С ПОМОЩЬЮ ЧИСЛЕННЫХ РАСЧЁТОВ?

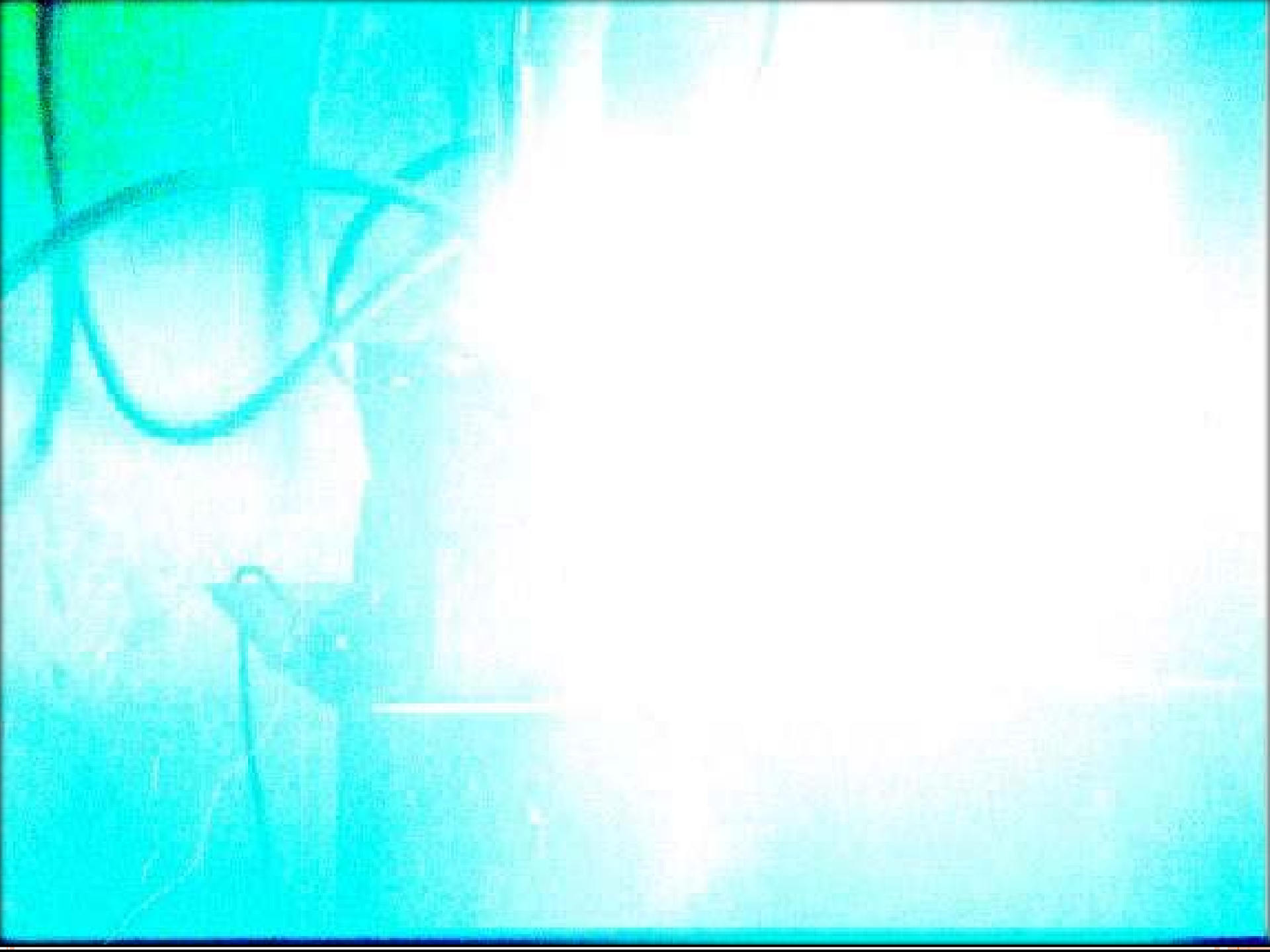
Выяснилось что экспериментально реализуются те каналы LENR, при которых :

- выделение энергии в акте реакции Q – минимально (в обычной ядерной физике всё наоборот);**
- вероятность протекания ядерной реакции по двух-частичному каналу ниже чем по много-частичному (к вопросу о «холодном синтезе»);**
- конечно же должен существовать «радиус Дебая»**

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА



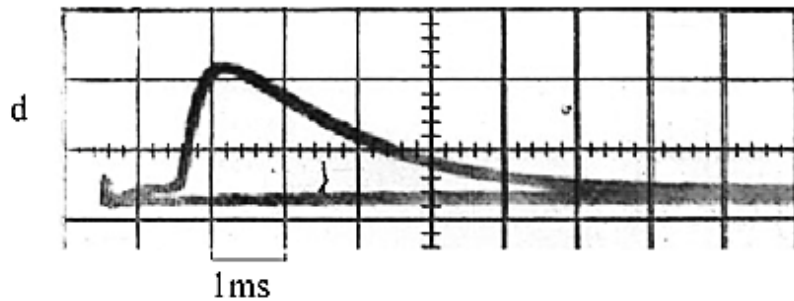
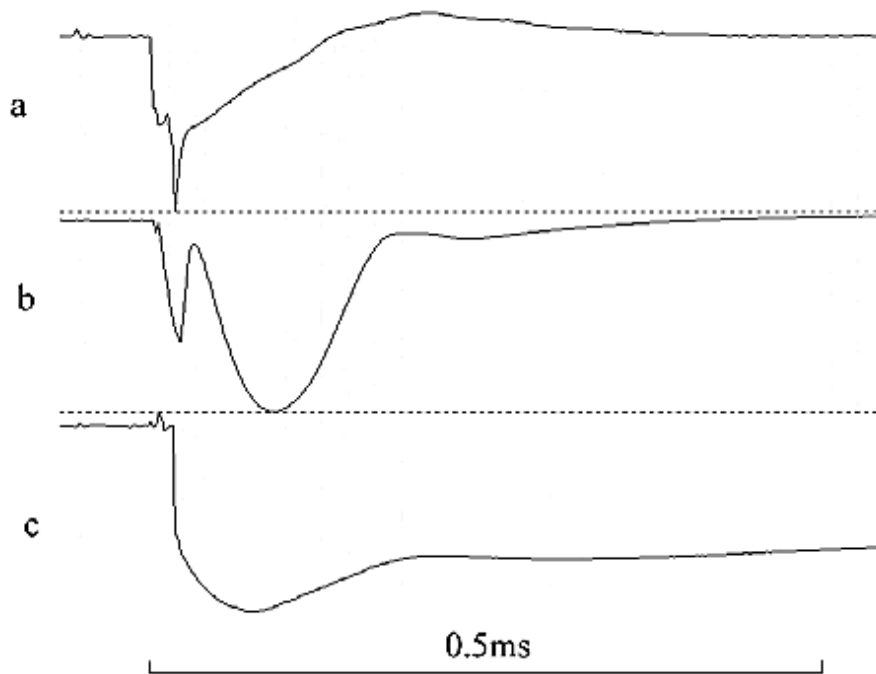








ОСЦИЛЛОГРАММЫ



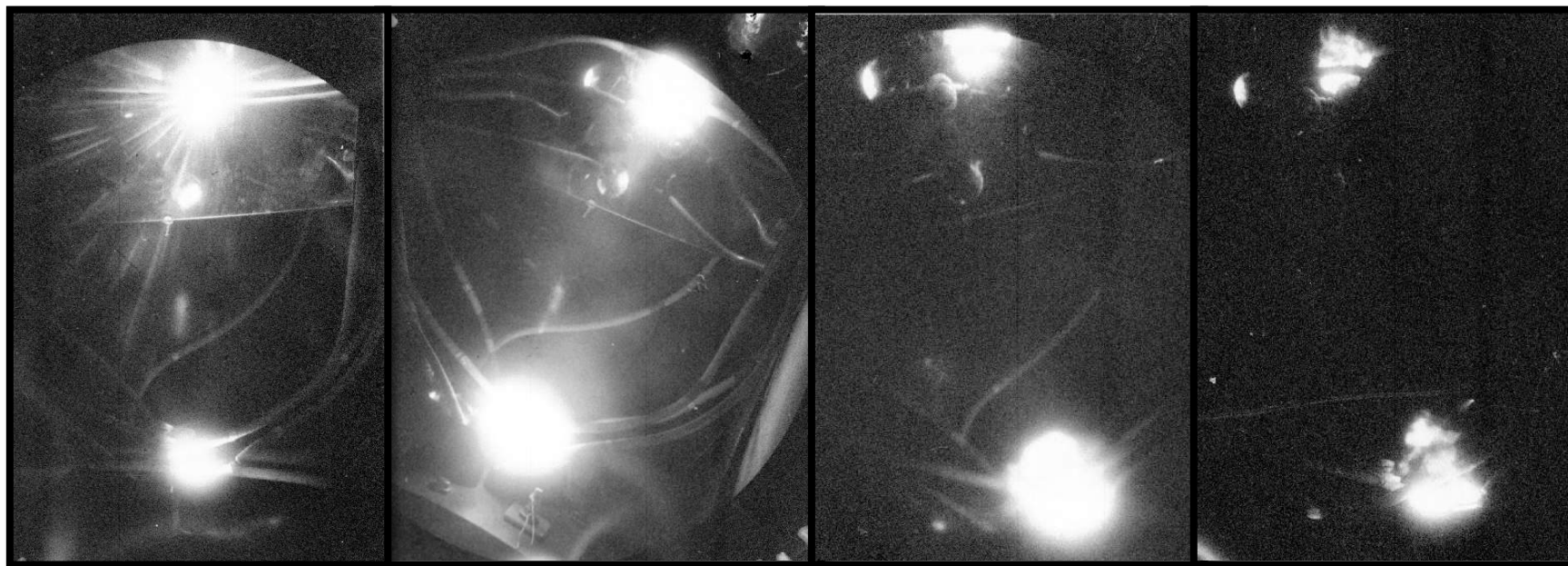
- a. Напряжение
- b. Сила тока
- c. Сигнал с фотодиода
- d. Сигнал ФЭУ-35 за интерференционным фильтром $\lambda=432$ нм



Э О П



ВРЕМЯ ЭКСПОЗИЦИИ ~ 100 мкс



1 мс

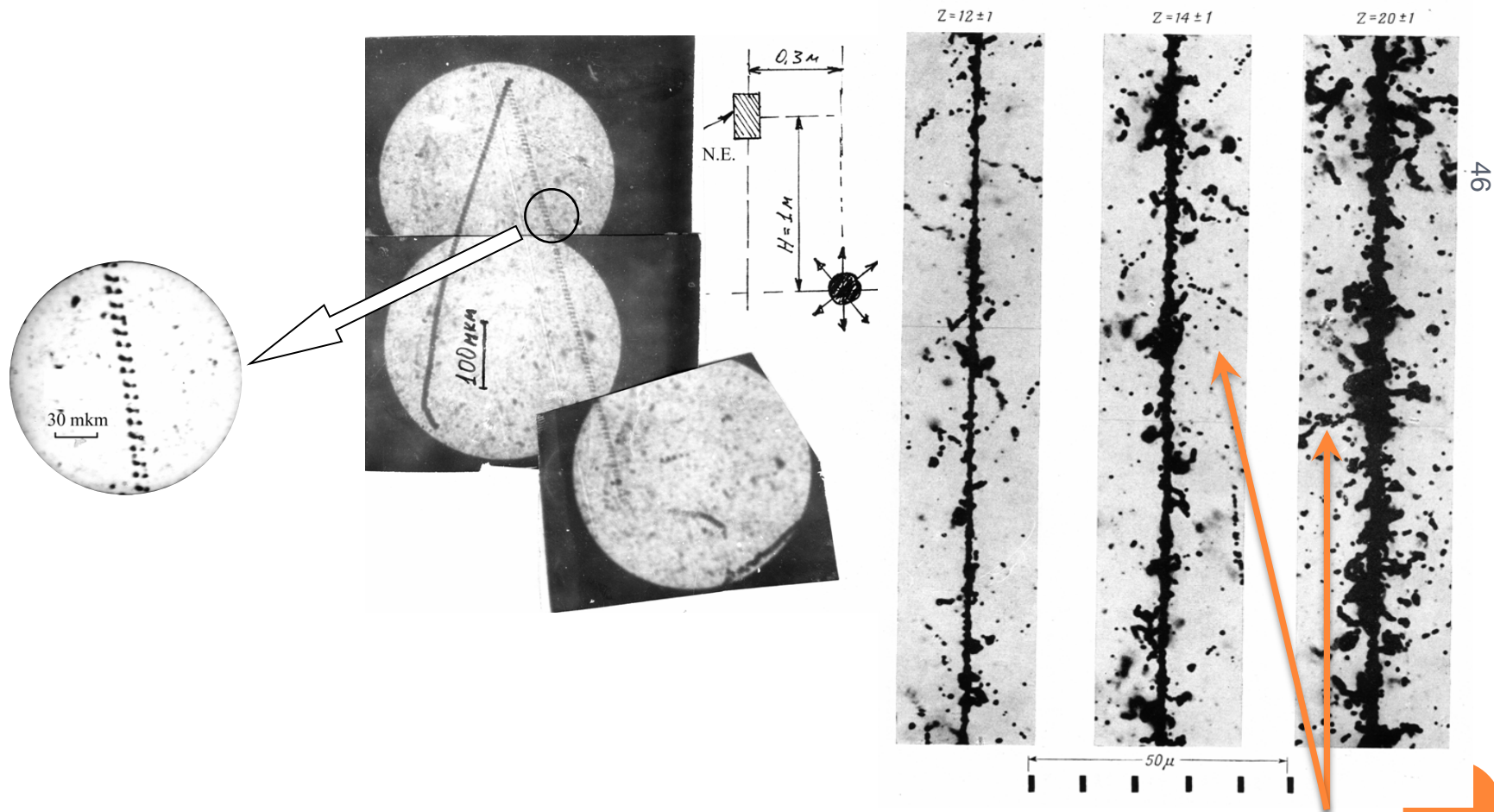
2 мс

3 мс

4 мс

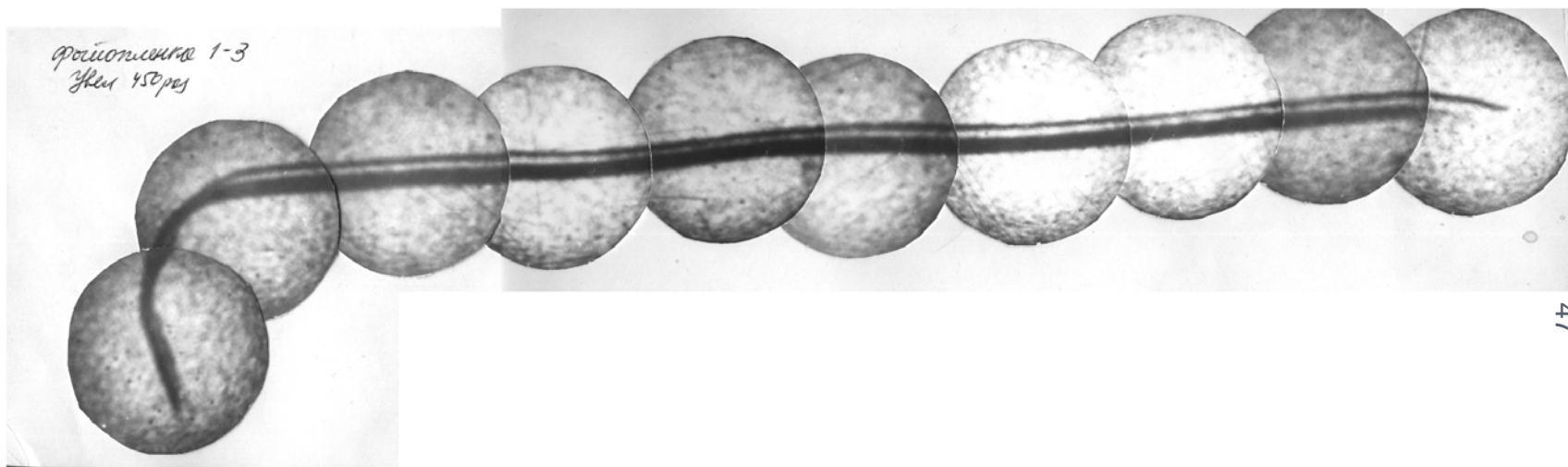


ПОИСК ИЗЛУЧЕНИЯ

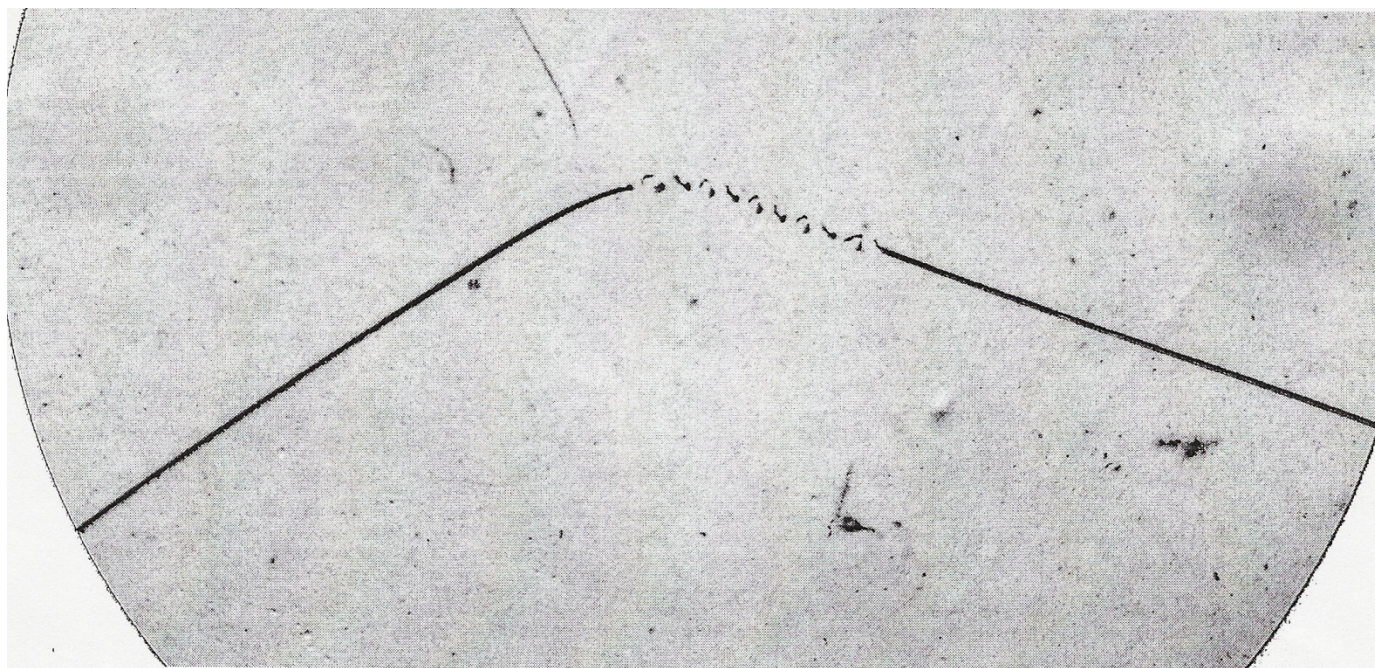


δ -электроны

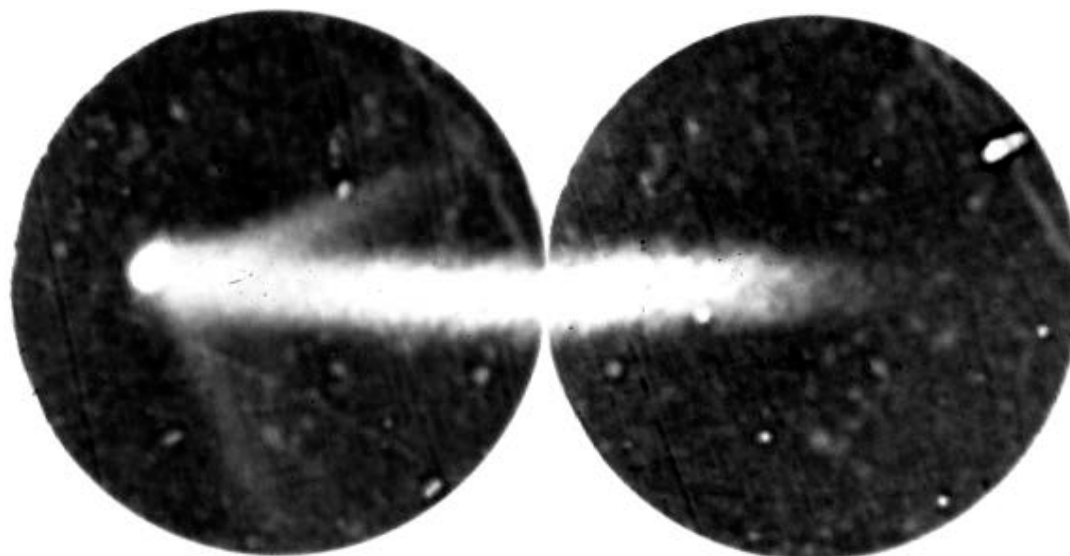
ПЛЕНКА РФ-3



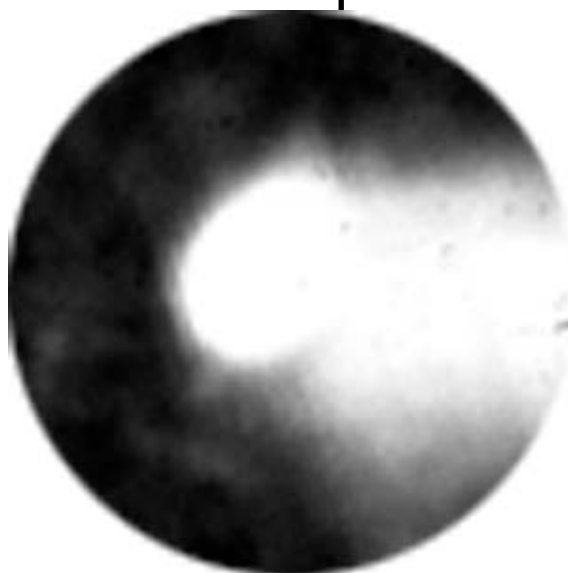
47



ЯДЕРНЫЕ ЭМУЛЬСИИ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ



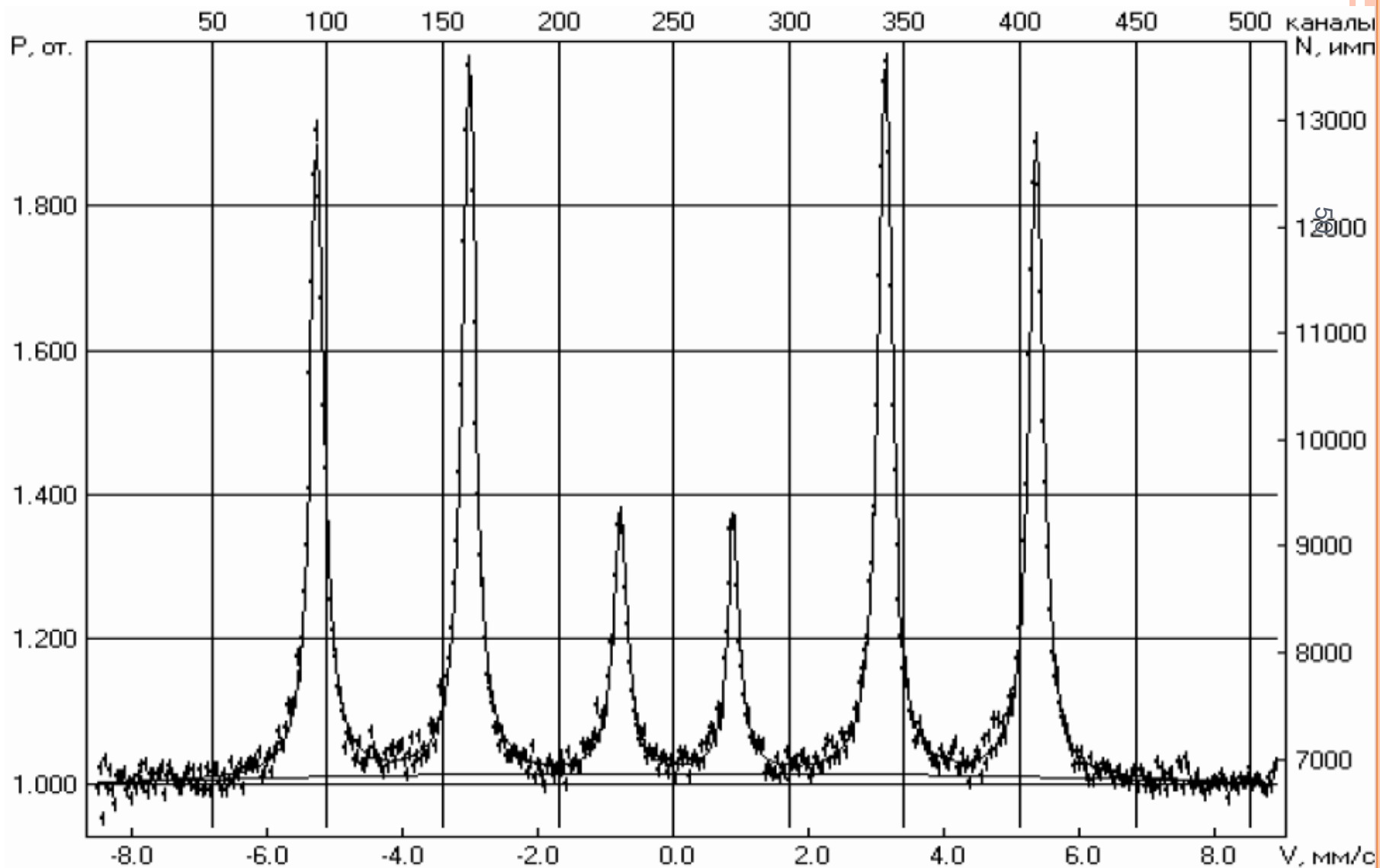
500 мкм



ПОИСК МАГНИТНЫХ МОНОПОЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ДОМЕНОВ (НИКОЛАЙ ИВОЙЛОВ)

- Martemjanov V.P., Hakimov S.H. The inhibition of Dirac monopole into metals and ferromagnetics. Sov. J.Exp.Theor.Phys., 1972, v.62, 35-41.
- Ivoilov N.G., Urutskoev L.I. The influence of “strange” radiation on Mossbauer spectrum of Fe57 in metallic foils. Rus Applied Physics, 2004, no 5.

МЕССБАУЭРОВСКИЙ СПЕКТР КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОЛЬГИ Fe57

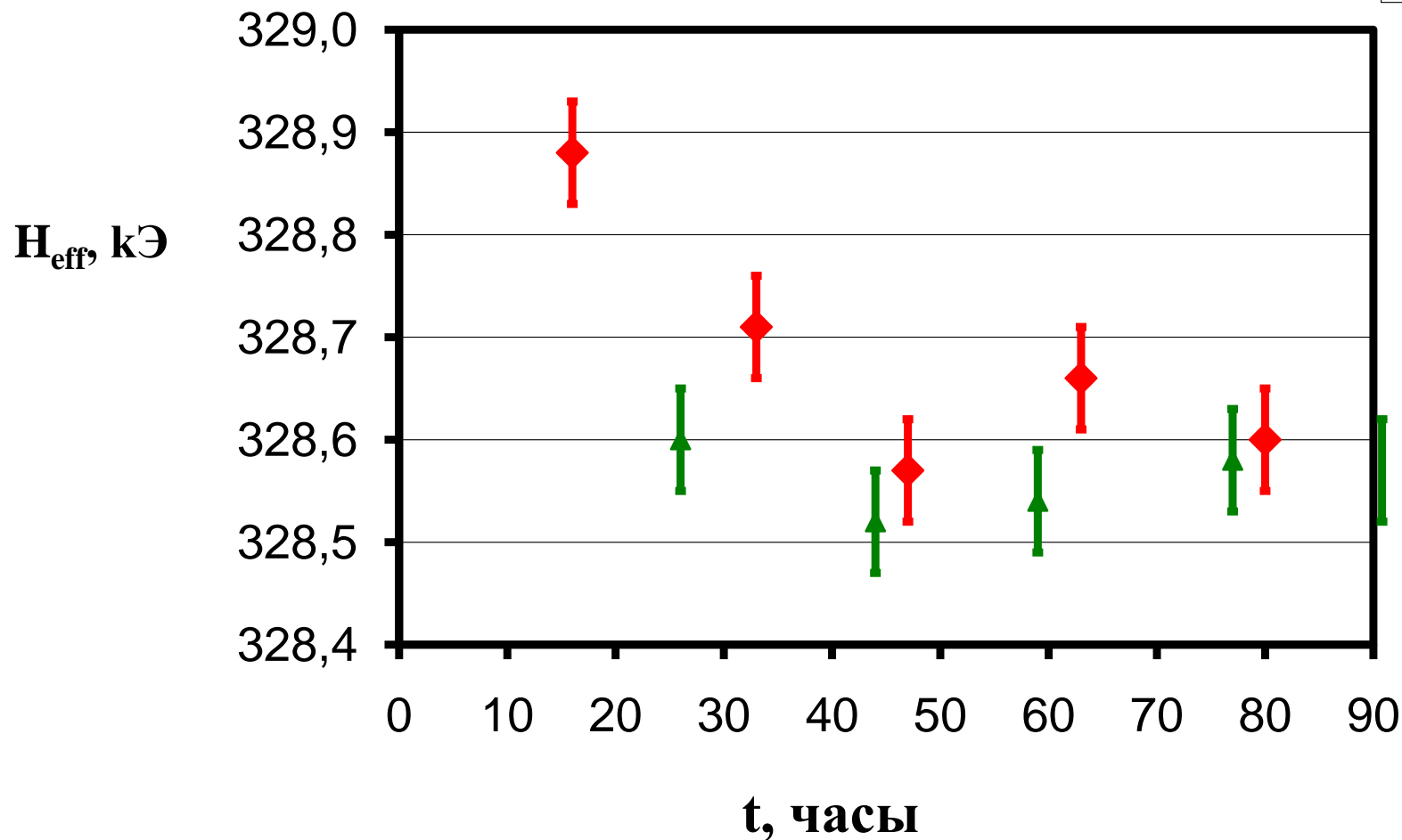


ВРЕМЕННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ N НА ЯДРАХ $Fe-57$ ДЛЯ ОБЛУЧЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФОЛЫГ В СРАВНЕНИИ С КОНТРОЛЬНЫМ ОБРАЗЦОМ

Образец № 6 (N)

◆ № 6

▲ № 1



ЛЕПТОННЫЙ МАГНИТНЫЙ МОНОПОЛЬ?

Квантово-электродинамический подход
(Жорж Лошак)

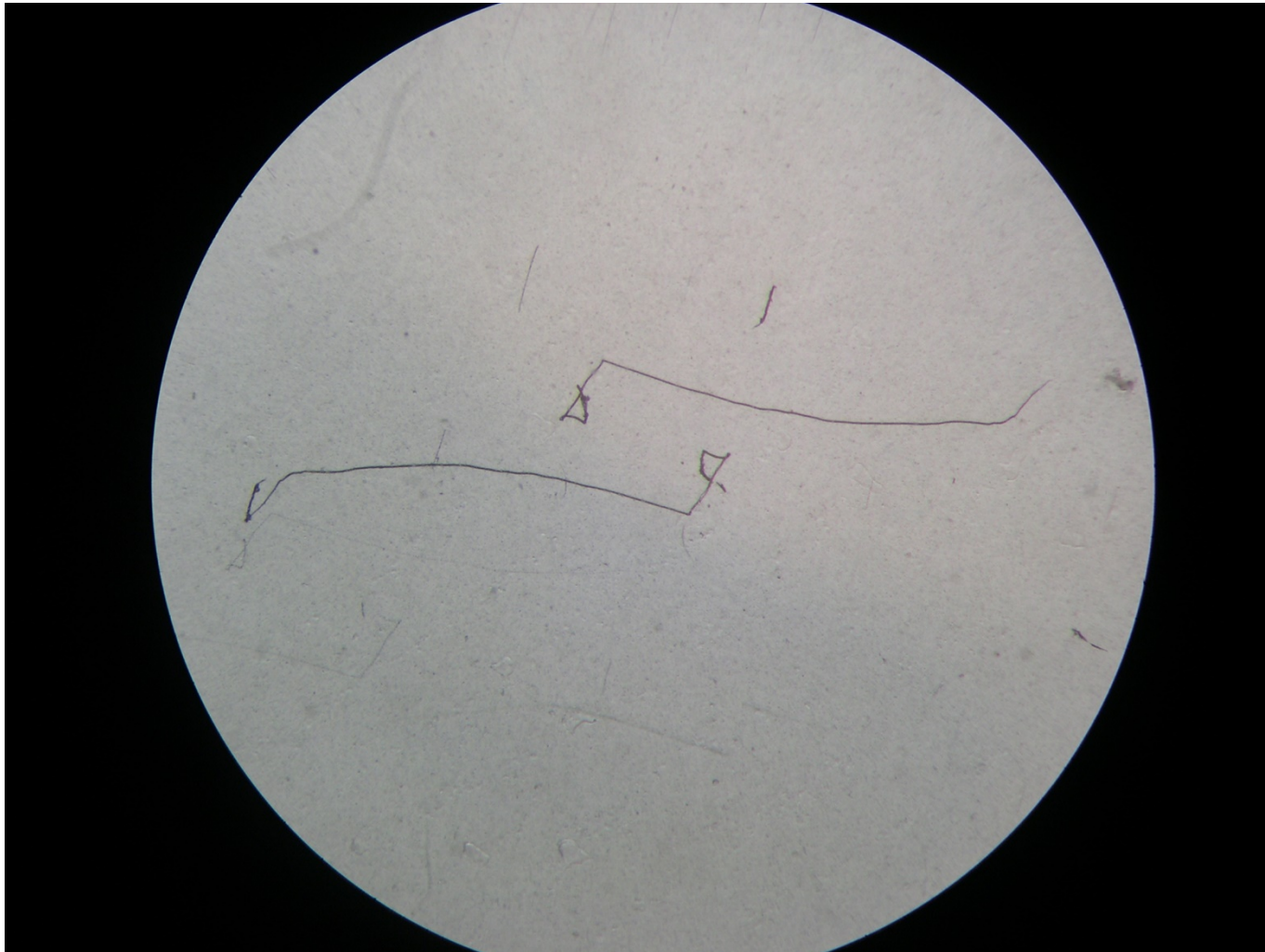
1. Магнитный монополю – лептон (магнитно возбуждённое состояние нейтрино):
 - а) малая масса
 - б) участник слабых ядерных взаимодействий
2. Обладает киральной симметрией

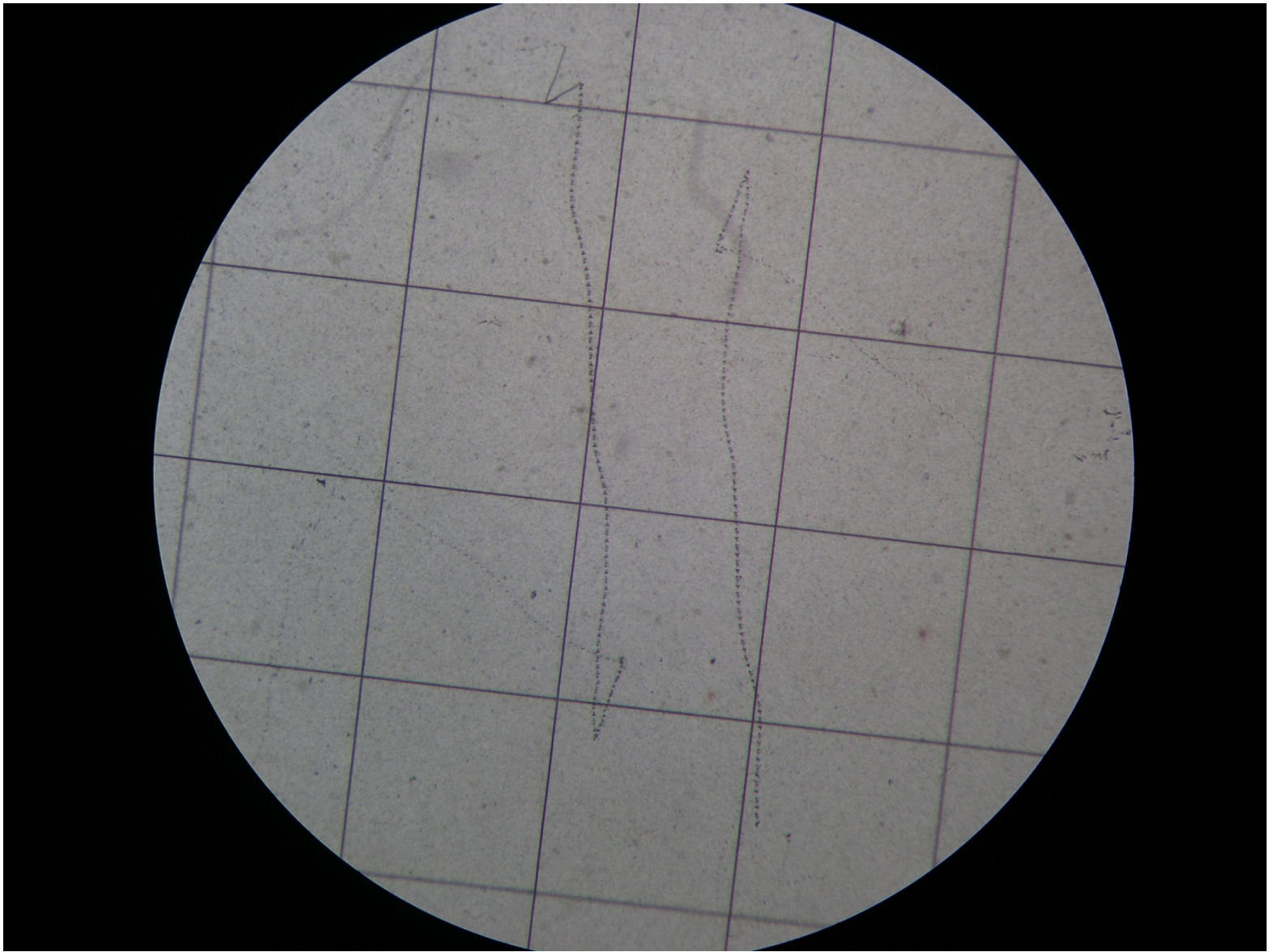
G.Lochak, Int.J.Theoretical Physics 24, 1019 (1985)

- G.Lochak, Ann.Fond.L.de Broglie 29, 1165 (2004)
- G.Lochak, Z.Naturforsch. 62a, 231 (2007)



N.G. IVOILOV, LOW ENERGY GENERATION OF THE "STRANGE"
RADIATION, ANNALES DE LA FONDATION LOUIS DE BROGLIE, VOLUME
31, NO 1, 2006





ЛЕПТОННЫЙ МОНОПОЛЬ И СТАНДАРТНАЯ МОДЕЛЬ (ХАРОЛЬД ШТУМПФ)

- Модель основана на квантовой теории поля

1. В Стандартную Модель введена магнитная симметрия и за счёт этого расширен лептонный сектор

2. Введены магнитные калибровочные W бозоны

- H.Stumpf, Z.Naturforsch. 66a, 205(2011)
- H.Stumpf, Z.Naturforsch. 66a, 329(2011)
- H.Stumpf, Z.Naturforsch. 67a, 173 (2012)