

МЕХАНИЗМЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

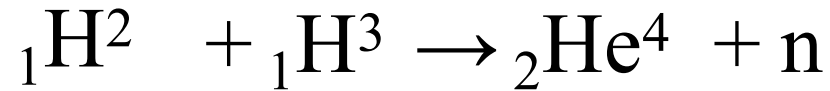
Кащенко М.П.^{1, 2}, Кащенко Н.М.¹

¹Уральский федеральный университет

²Уральский государственный
лесотехнический университет

Екатеринбург 2022

О вариантах синтеза гелия [1, 2]



1. Термоядерный вариант: при $T \sim 10^7$ К «голые» ядра сближаются до критического расстояния $R_c \sim 10^{-13}$ м и туннелируют.
2. Мюонный катализ : в ионизованной молекуле водорода вместо электрона –мюон ($m_\mu \approx 207 m_e$); вместо протонов - ${}_1\text{H}^2$ и ${}_1\text{H}^3$, которые сближаются (при обычных температурах $T \sim 10^2$ К) до $R_c \sim 10^{-13}$ м и туннелируют.

ГЕНЕРАЛЬНАЯ ПРЕДПОСЫЛКА

Эксперименты свидетельствуют о наличии низкотемпературного ядерного синтеза не только легких, но и массивных ядер.

Хорошо известны примеры синтеза элементов:
-при плазменном электролизе воды (установки Вачаева-Иванова, Кузьмина-Панькова...),
-при вакуумном плавлении металлов электронным пучком и взрывах проволок и фольг при пропускании импульсов электрического тока (Солин, Уруцкоев...)

Необходимость дополнения теории «горячего» синтеза ядер

1. Традиционный подход к объяснению синтеза массивных ядер требует гигантских температур для преодоления кулоновского отталкивания «голых» ядер вплоть до достижения критического сближения (расстояния $R \leq R_S$), при котором преобладает короткодействующее сильное взаимодействие.
2. Наличие низкотемпературного синтеза свидетельствует о наличии механизма сближения ядер до расстояния $R \leq R_S$ при обычных температурах, когда ядра находятся в составе атомов, то есть окружены электронными оболочками.
3. Очевидно, что при наличии массивного отрицательного заряда, локализованного в межъядерном пространстве, возможно сближение ядер до расстояния $R \leq R_S$ за счет притяжения к отрицательному заряду, и проблема преодоления кулоновского отталкивания утрачивает актуальность.

ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АДРОННОЙ МЕХАНИКИ [3]

1. Нейтрон - связанное контактным взаимодействием состояние электрона и протона

2. π^0 – мезон - связанное контактным взаимодействием состояние электрона и позитрона

3. Электроны на адронном (ядерном) масштабе $R_N \sim 10^{-15}$ м испытывают сильное контактное взаимодействие притяжения, превышающее кулоновское отталкивание.

Электронные пары с противоположными спинами являются, как известно, бозевскими частицами

Базовые положения

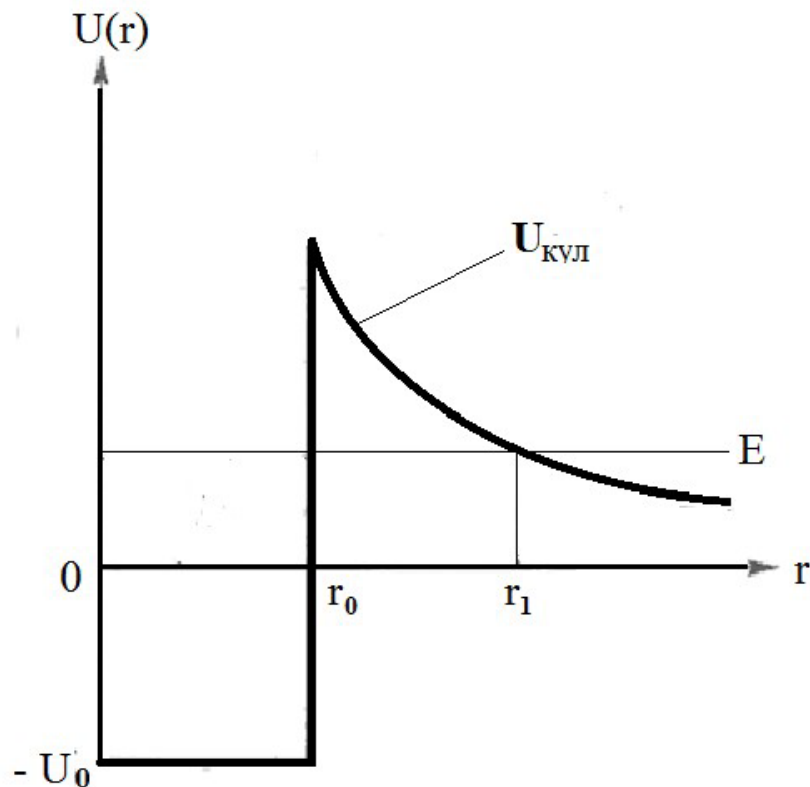
1. Существуют квазинейтронные состояния ($p+e$), промежуточные между двумя крайними состояниями: нейтрон и атом водорода [4].

2. Сильное ядерное взаимодействие начинается с обмена электрон – позитронными парами, что соответствует предельному случаю обмена π^0 – мезонами, так что радиус сильного взаимодействия R_S на два порядка превышает R_N :

$$R_S \approx 10^2 R_N \approx R_C \approx 10^{-13} \text{ м}$$

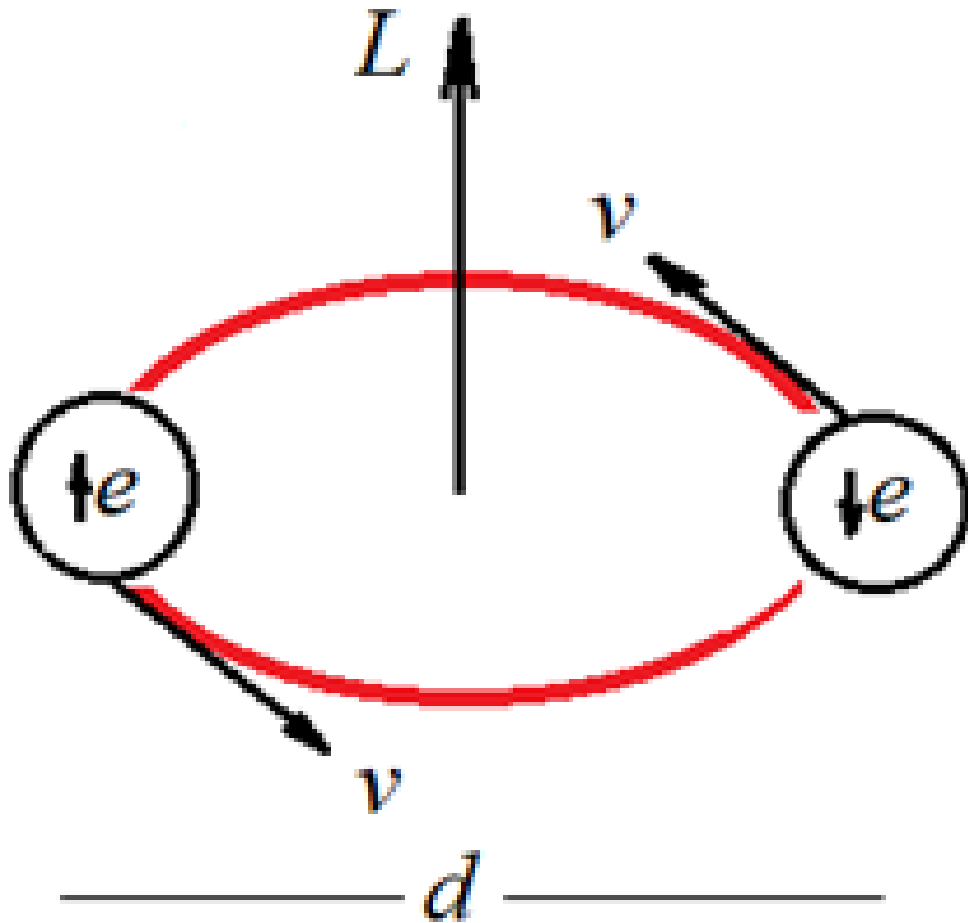
3. При взаимодействии с потоками электронов ионы химических элементов могут насыщаться электронными парами, что обеспечивает сближение ядер ионов до расстояний R_S , приводя к синтезу новых элементов

Оценка [5] энергии электрона, необходимой для образования электронной пары адронного масштаба



$r_0 = R_N = 10^{-15} \text{ м}$, $r_1 \sim (10^{-11} - 10^{-10}) \text{ м}$,
 $E \sim (10 - 50) \text{ эВ}$, коэффициент
прозрачности барьера $D \sim 0.01 - 0.1$
приемлем для эффективного
формирования связанных
электронных пар. Значит, при
наборе внешними электронами (в
составе электрического тока)
энергии от 10 эВ до 50 эВ следует
ожидать появления ионов (в
частности, кислорода), содержащих
электронные пары, подчиняющиеся
статистике Бозе-Эйнштейна.

Структурная модель, сопоставляемая паре электронов, связанных контактным взаимодействием на адронном масштабе



$$L = \hbar$$

$$d = 1 \text{ фм}$$

$$v = 0.99999967c$$

$$E^* = 400 \text{ МэВ}$$

Принципиальные замечания

Квантовая механика : линейна, локальна, потенциальна

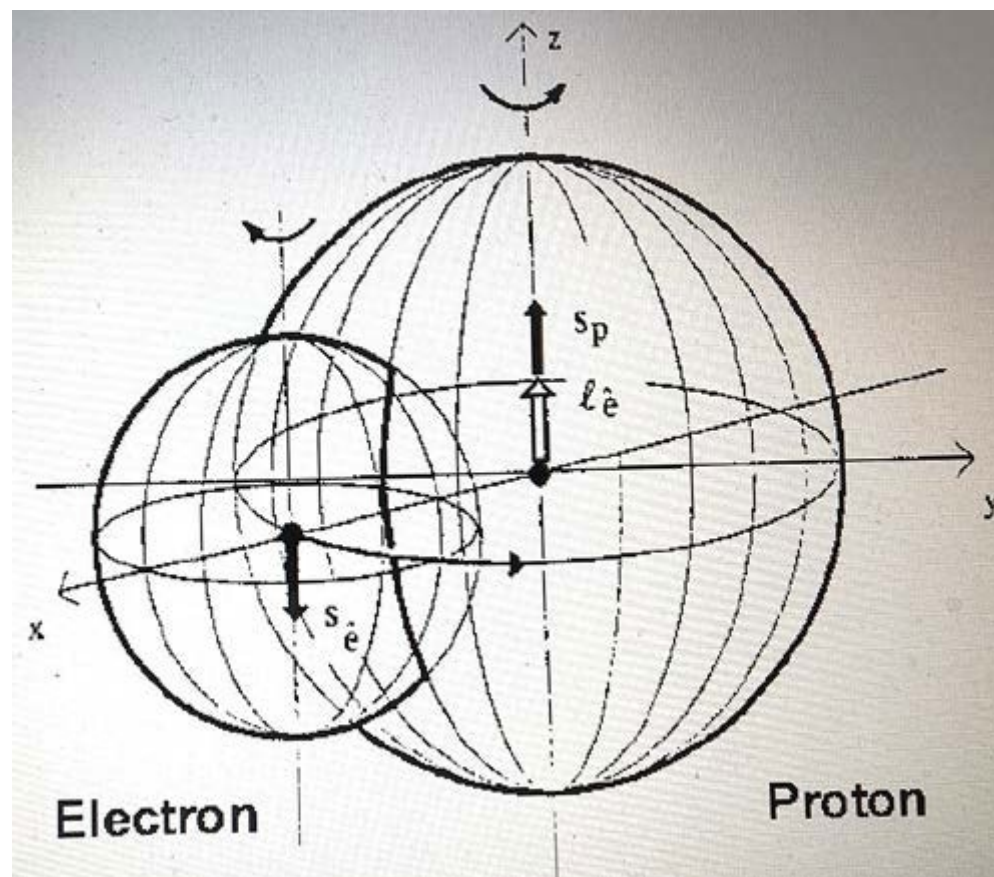
Адронная механика: нелинейна, нелокальна, непотенциальна

Понятие изолированной системы - удобная идеализация, не существует изолированных от физического вакуума (ФВ) систем.

При контактном взаимодействии (нелинейном, нелокальном, непотенциальном) реализуется положительная энергия связи с нарастанием массы покоя по отношению к исходным частицам. Это естественно интерпретировать как захват части энергии ФВ из области перекрытия волновых пакетов.

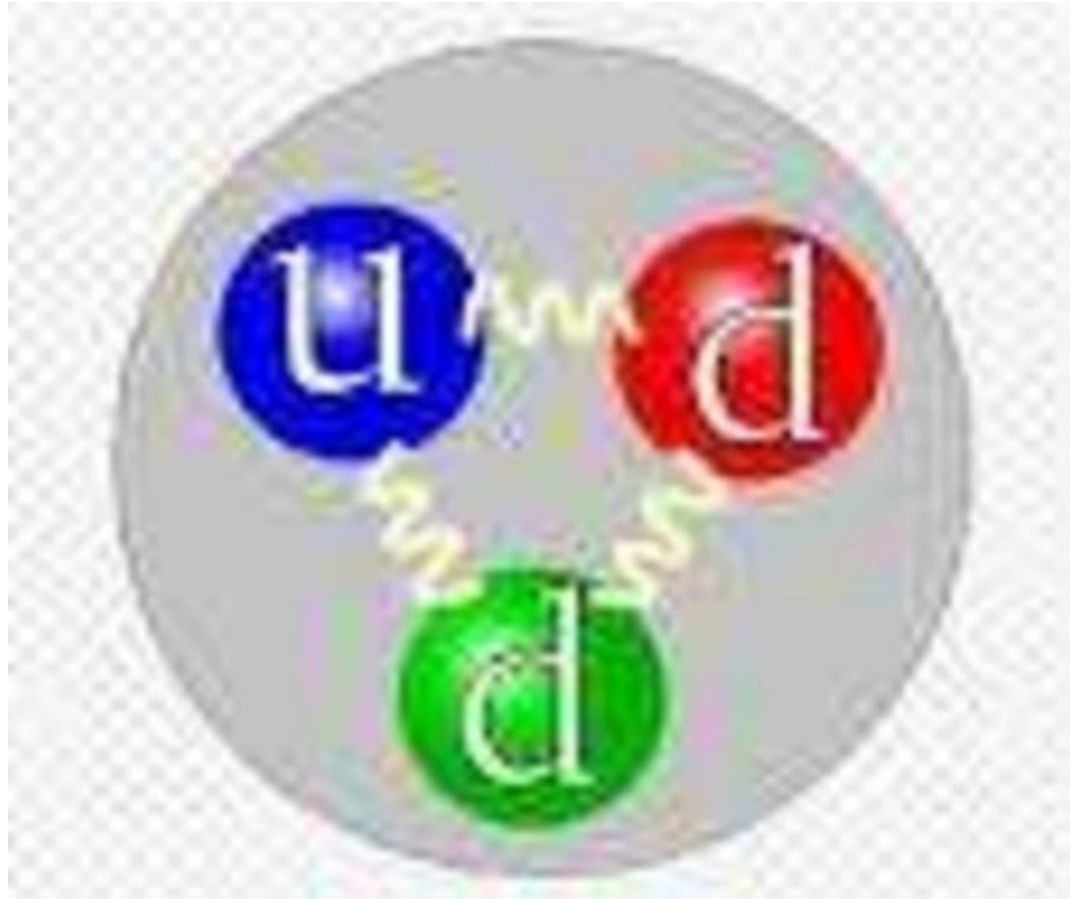
В результате, (е \bar{e})-пары - метастабильно устойчивый (солитоноподобный) объект, органично связанный с ФВ.

Структурная модель нейтрона в адронной механике

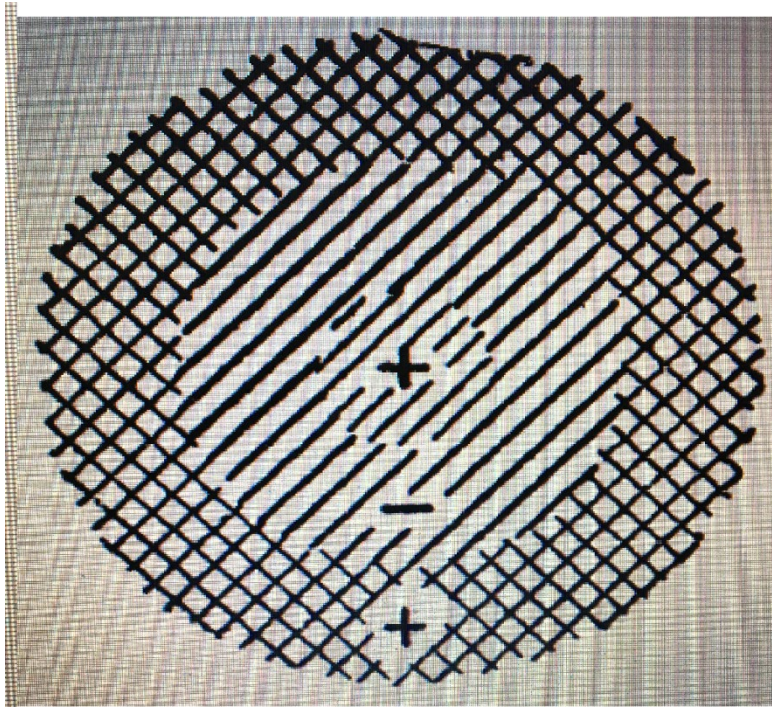


Нейтрон интерпретируется, в соответствии с качественным утверждением Резерфорда, как сильно сжатый атом водорода. Полезно напомнить, что масса покоя нейтрона превышает сумму масс покоя электрона и протона, т. е., как и в случае π^0 -мезона, имеет место положительная энергия связи

**Структура нейтрона в стандартной модели
заряд u –кварка $(2/3)e$, d –кварка $-(1/3)e$**



Структура нейтрона по данным о рассеянии высокоэнергетических электронов (2ГэВ)



Нейтрон состоит из тяжёлой сердцевины (керна) радиусом $\approx 0,25 \cdot 10^{-13}$ см, с высокой плотностью массы и заряда, которая имеет общий заряд $\approx +0,35 e$, и окружающей его относительно разреженной оболочки («мезонной шубы»). На расстоянии от $\approx 0,25 \cdot 10^{-13}$ до $\approx 1,4 \cdot 10^{-13}$ см эта оболочка состоит в основном из виртуальных ρ - и π -мезонов и обладает общим зарядом $\approx -0,50 e$. Дальше расстояния $\approx 2,5 \cdot 10^{-13}$ см от центра простирается оболочка из виртуальных ω - и π -мезонов, несущих суммарный заряд около $+0,15 e$

Рисунок взят из

К.И. Щелкин . Физика микромира. — М.: Атомиздат, 1965. — с. 245.

МОДЕЛЬ КВАЗИМОЛЕКУЛЯРНОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ СБЛИЖЕНИЯ ЯДЕР [6]

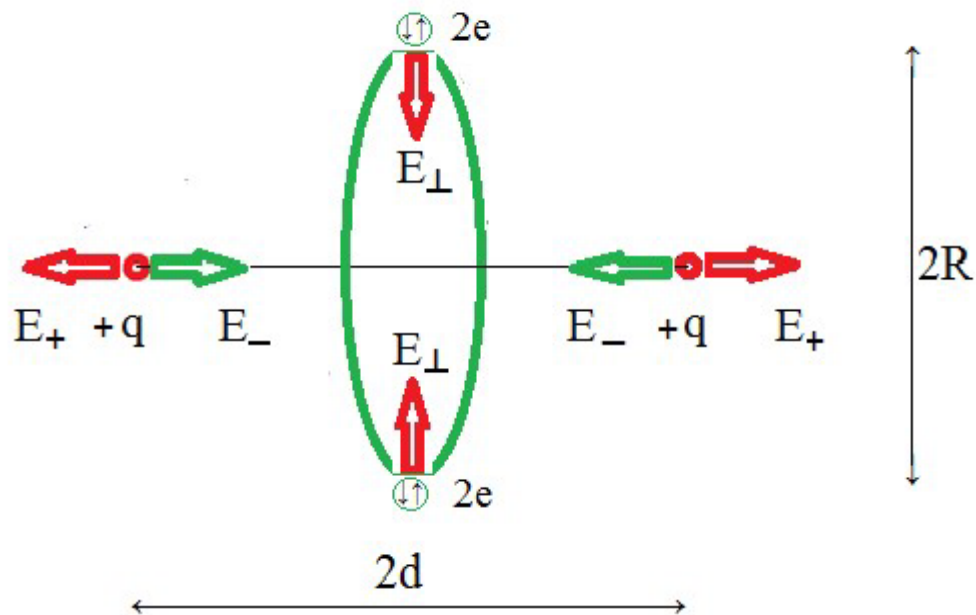
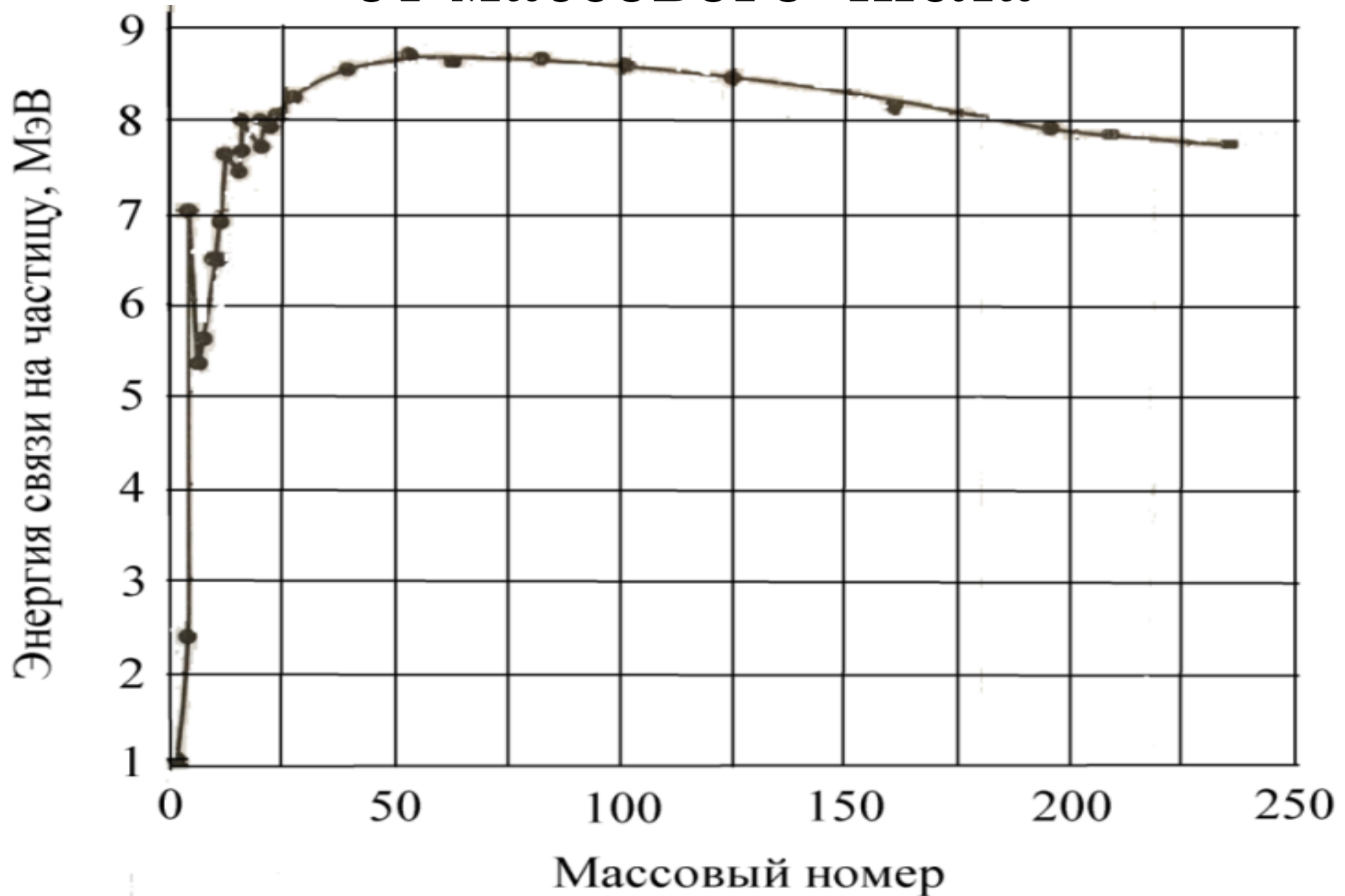


Схема простейшей модели ПКС в состоянии электростатического равновесия (отношение R/d уменьшено по сравнению с расчетным значением $(3)^{1/2}$).

$$2d_{\min} \approx R_S$$

Формированию квазимолекулярного состояния способствует электронная составляющая тока, инициирующая образование связанных электронных пар.

Зависимость удельной энергии связи от массового числа



Эксперименты, свидетельствующие в пользу концепции существования квазинейтронов

В экспериментах с электрическими разрядами в воде при использовании медных электродов в частицах порошка, возникшего из экстрагированного материала электродов, обнаружено значительное содержание цинка [7].

Простейший вариант синтеза соответствует процессу захвата протонов ядрами материала электродов. В случае захвата протона проблема преодоления кулоновского барьера снимается при учете существования квазинейтронных состояний $(p+e)$ [4, 5]:



Более того, поскольку в природе имеется два стабильных изотопа меди



можно ожидать, что отношение количества изотопа Zn-66 к Zn-64 будет близким к соотношению долей соответствующих изотопов меди в природе, то есть

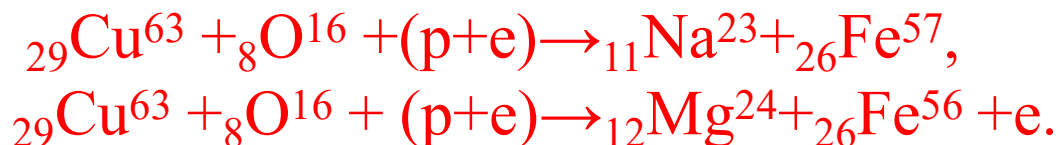
$$\text{Zn-66} / \text{Zn-64} \approx \text{Cu-65} / \text{Cu-63} \approx 0.446$$

Ядерные реакции с участием материала электродов

В экспериментах с электрическими разрядами в воде (или в водных растворах солей) следует ожидать эффективных реакций с участием, наряду с квазинейтронами, комбинаций типа $[p+O]$ и $[3p+O]$, насыщенных связанными электронными парами.

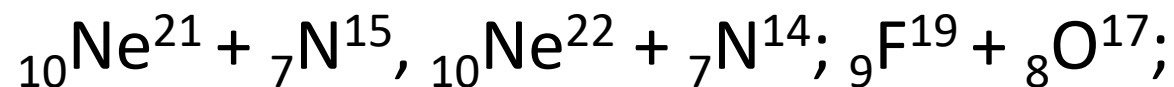
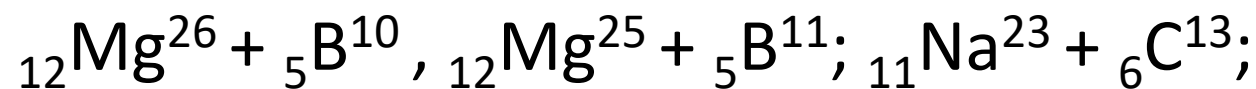
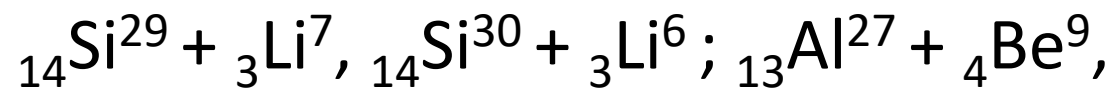
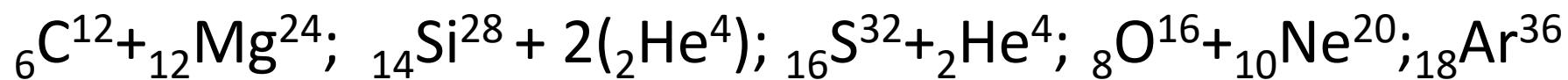
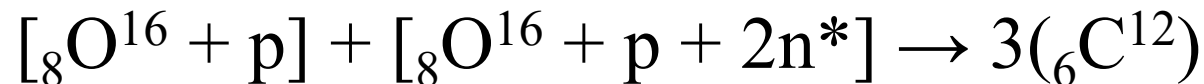
Эти комбинации соответствуют основанию $(OH)^-$, возникающему при диссоциации молекулы воды, и состоянию $(H_2O)H^+$, соответствующему ассоциации H^+ с полярной молекулой воды.

В частности, при взаимодействии $[p+O]$ с ядрами Cu медных электродов **должны возникать ядра железа, натрия и магния**, например, в экзотермических реакциях со стабильными изотопами:



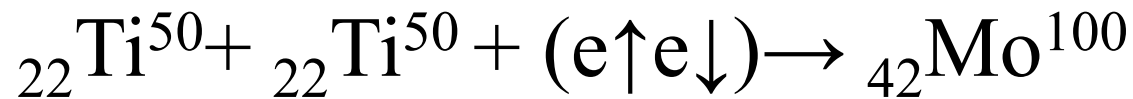
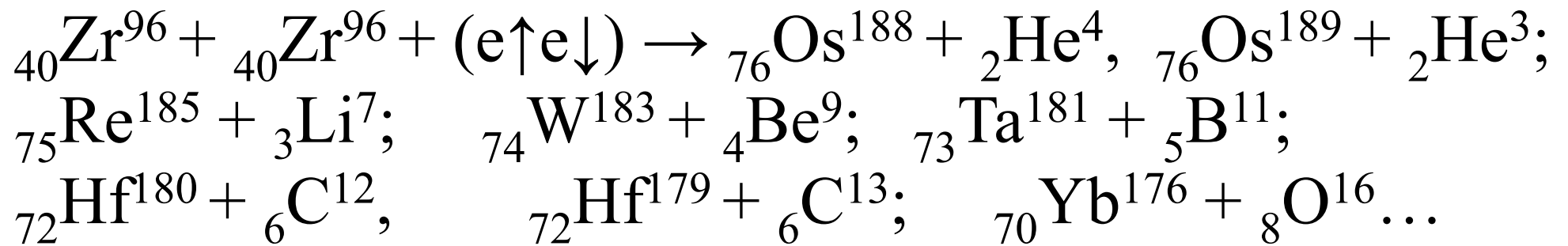
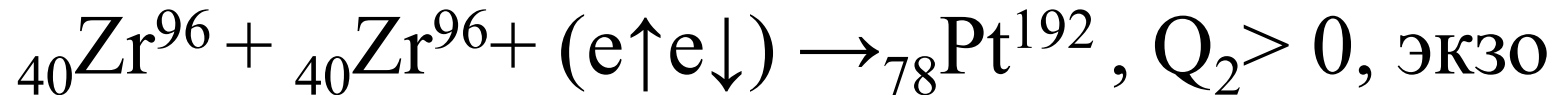
Указанные реакции более вероятны, чем обсуждавшиеся в [8], можно ожидать также, что отношение долей изотопов ${}_{26}\text{Fe}^{57}/{}_{26}\text{Fe}^{56}$ будет заметно превышать наблюдаемое в природе (≈ 0.023)

Реакции при взаимодействии комплексов [p + O]_{ee} и [3p + O]_{ee}



.

Синтез массивных элементов при захвате (еe)-пар



**Схема захвата (еe)-пары сливающимися ядрами
(розовый цвет), серым цветом условно показаны
сильно поляризованные облака
несвязанных контактно электронов**

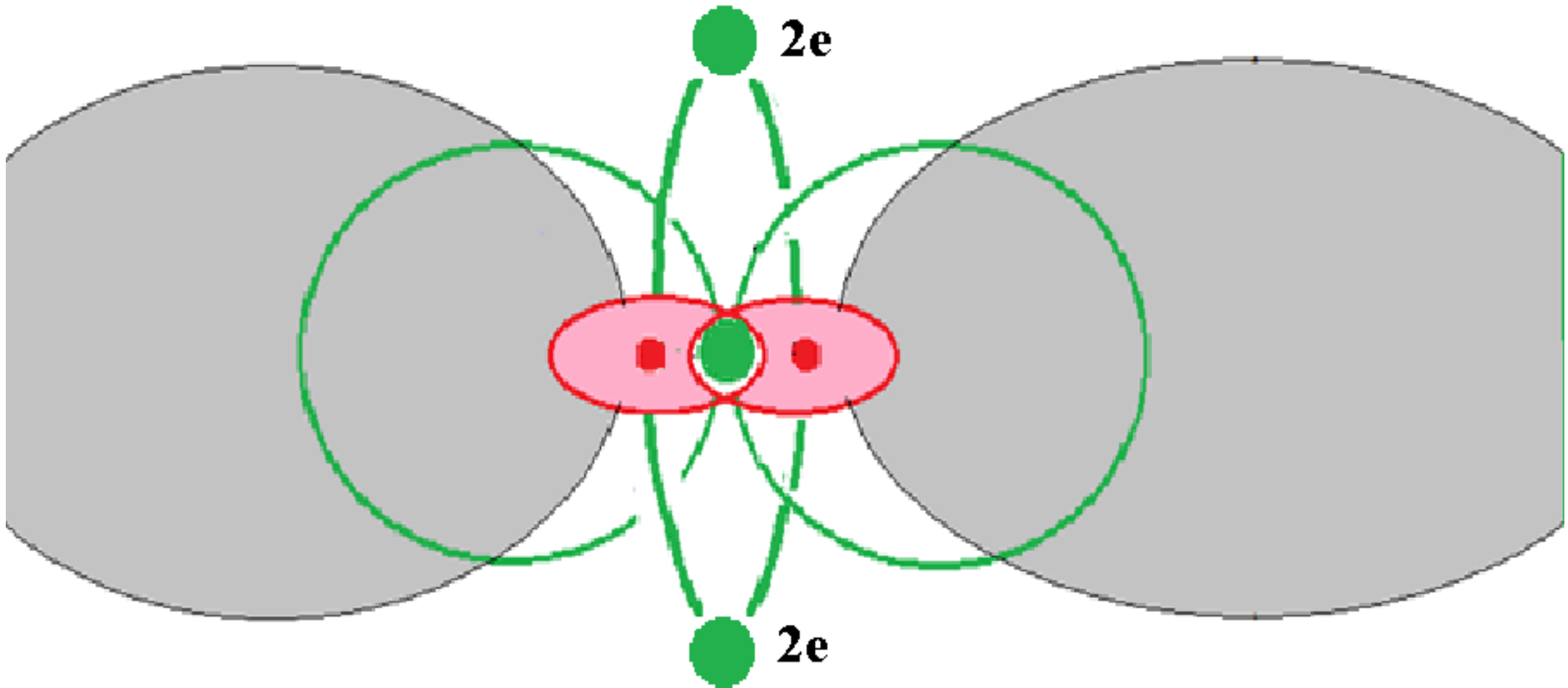
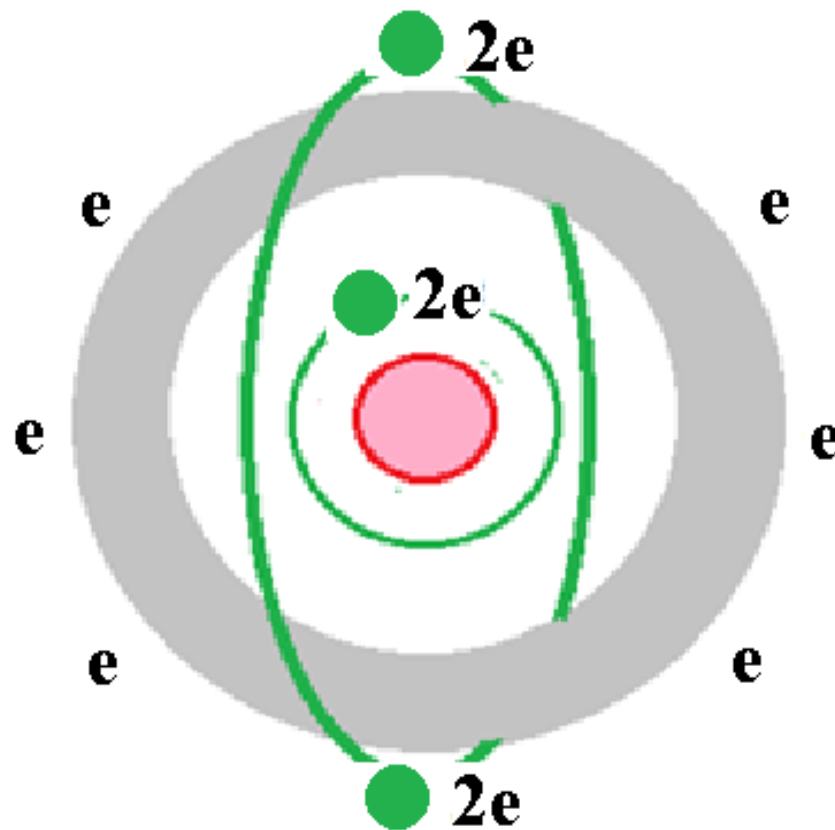
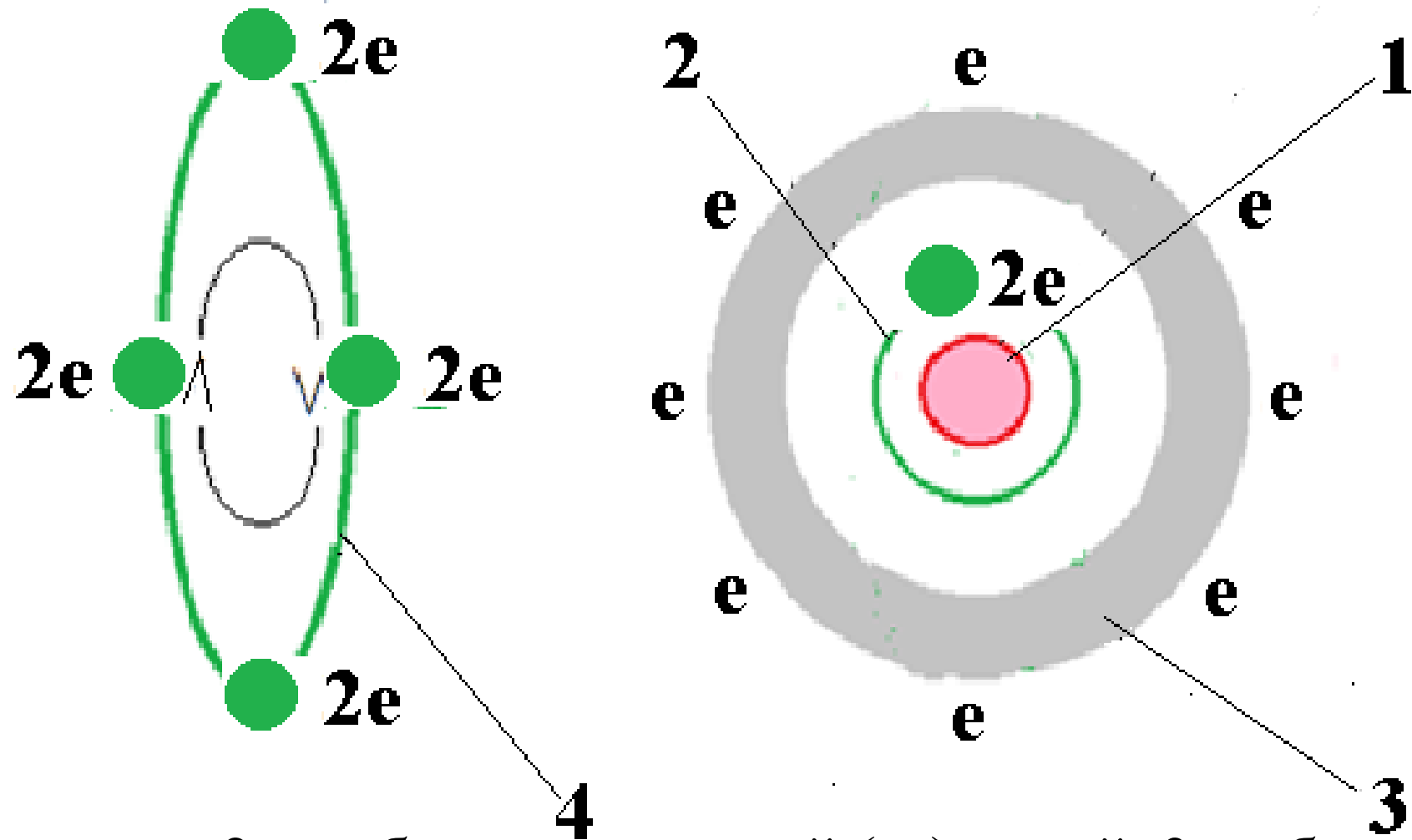


Схема завершения формирования атома синтезированного элемента: ядро атома расположено в центре кольцевой орбиты с контактно связанными электронами. Орбита с малым радиусом соответствует единственной (еe)-паре в электронной оболочке атома. Остальным несвязанным контактно электронам соответствует серый слой

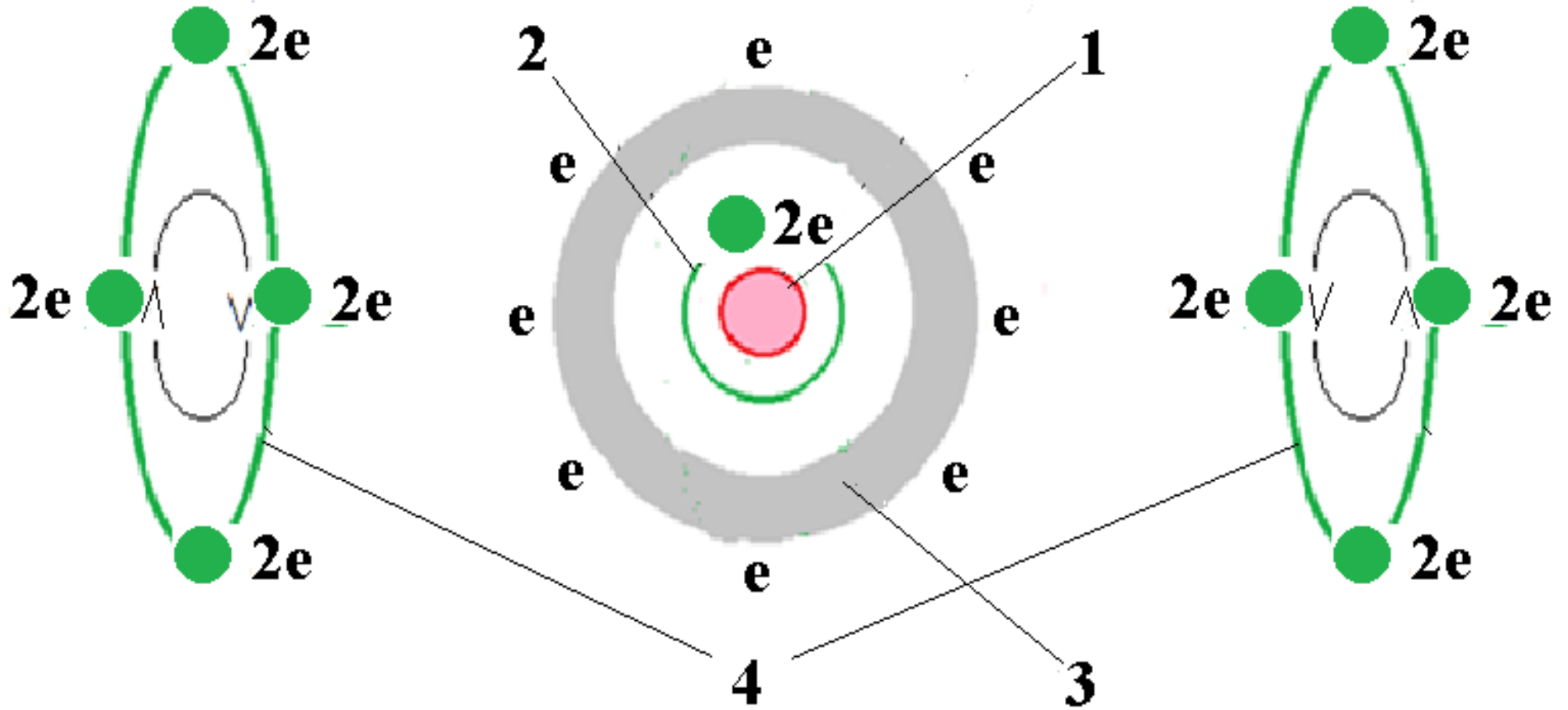


Схема, иллюстрирующая окончание синтеза атома и рождение свободного катализирующего кольца с (ee)-парами



1 – ядро атома, 2 – орбита с массивной (ee)-парой, 3 – оболочка из обычных электронов, 4 – катализирующие синтез ядер орбиты с (ee)-парами

**Схема, иллюстрирующая окончание синтеза атома
и рождение двух
катализирующих колец с (еe)-парами**



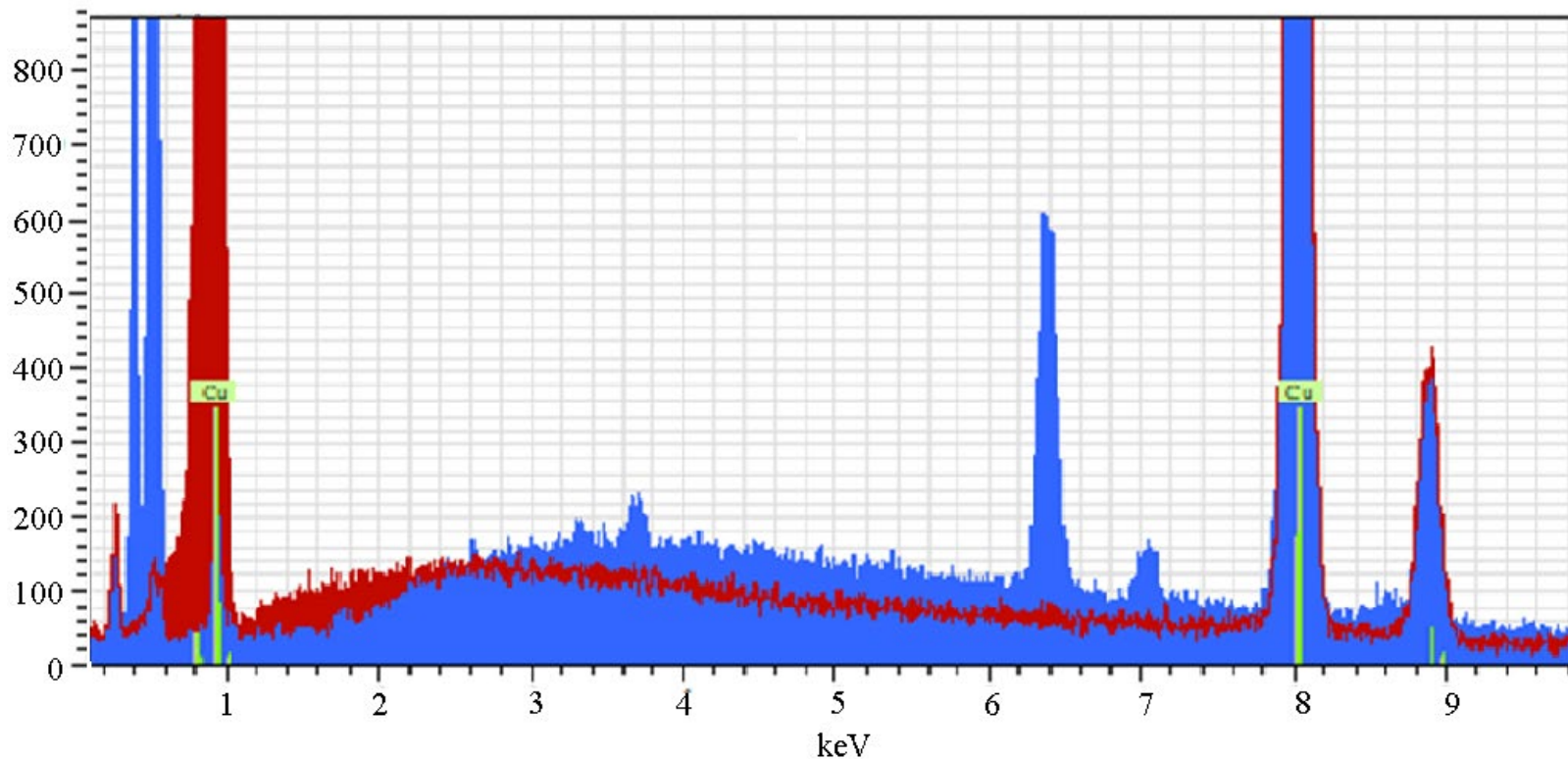
Зависимость характеристического рентгеновского спектра атомов от числа (ee)-пар k в электронных оболочках

Дополнительные (синие) пики в спектре меди \square идентифицируются при модификация закона Мозли, учитывающей наличие (ee)-пар

$h\nu_{K\alpha}(k) \approx 10,22 (z - 1 - 2k)^2$ эВ - при одной вакансии в К-оболочке

$h\nu_{K\alpha}(k) \approx 10,22 (z - 2k)^2$ эВ - при двух вакансиях в К-оболочке

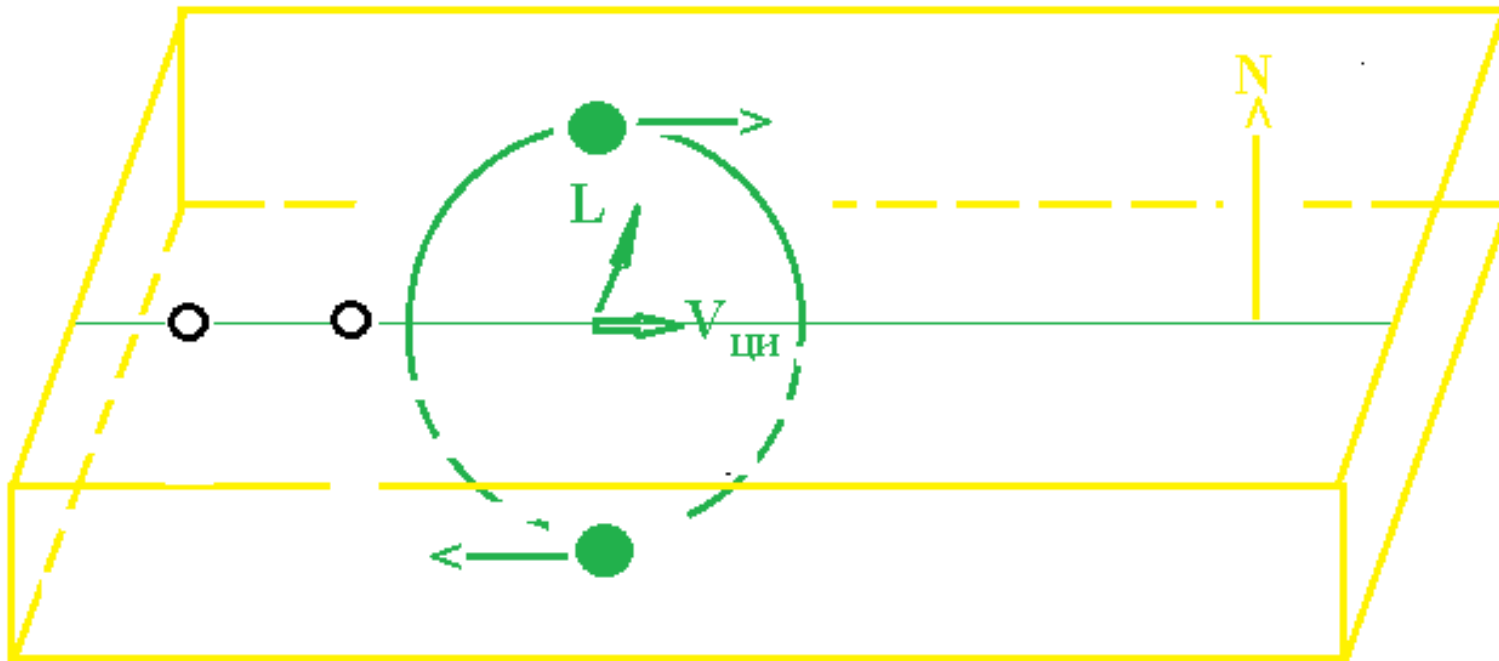
x 0.001 cps /eV



О возможной природе «странного излучения» (СИ)

1. Излучается электрически нейтральный комплекс, включающий катализирующее кольцо из (е^e)-пар (КК или КК-активатор) и «ионную» составляющую из пары сблизившихся ядер (или уже слившихся ядер) с искаженными и не полностью заполненными электронными оболочками.
2. В процессе столкновения с детектором комплекс распадается на положительно заряженную ионную составляющую, остающуюся в материале детектора, и свободный КК-активатор, который быстро расширяется за счет отталкивания (е^e)-пар.
3. За формирование треков (в фотодетекторах) отвечает распространение КК-активаторов. Именно им (за исключением свойства электронейтральности) присущи наблюдаемые особенности СИ. Отдавая дань использовавшейся ранее терминологии, термин СИ условно используется, наряду с термином «КК-активатор».

Базовый вариант 1 движения КК-активатора относительно фотодетектора $V_{\text{ци}} \perp N \perp L$



L – момент импульса КК

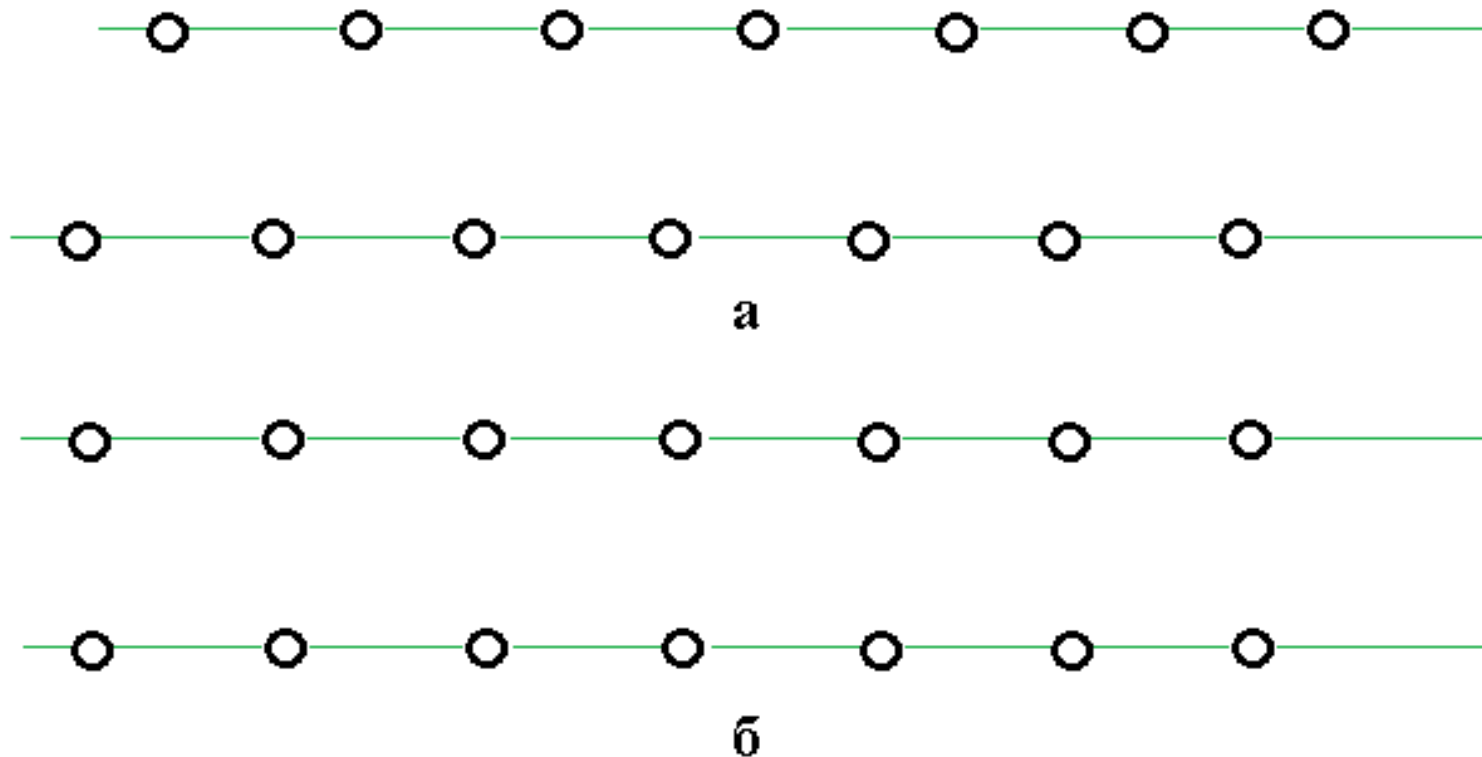
$V_{\text{ци}}$ – скорость центра инерции КК

N – нормаль к поверхности ФД



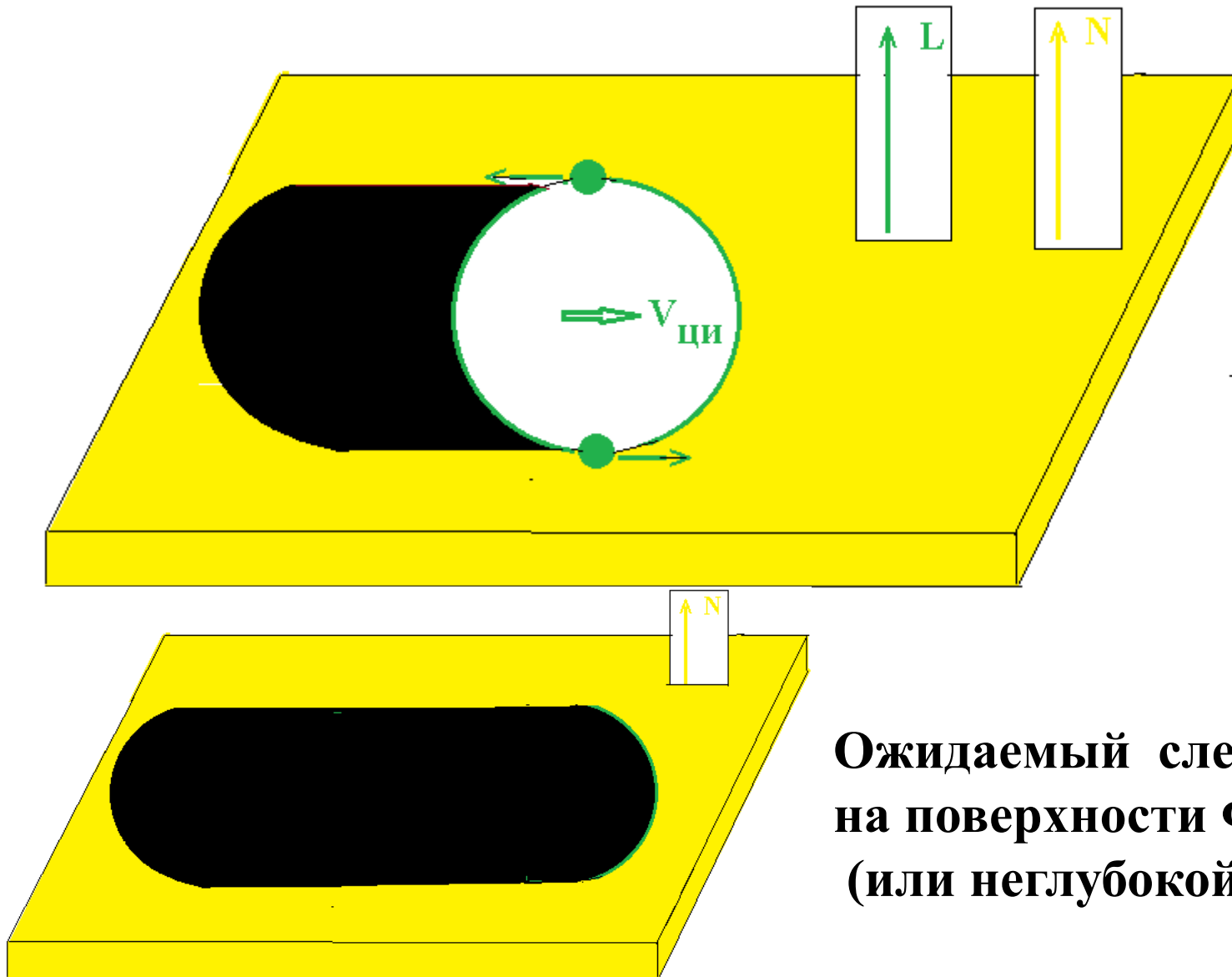
Ожидаемая периодичность следов засвечивания на поверхности ФД

Базовый вариант 2 движения КК-активатора относительно фотодетектора $V_{ци} \parallel L \perp N$



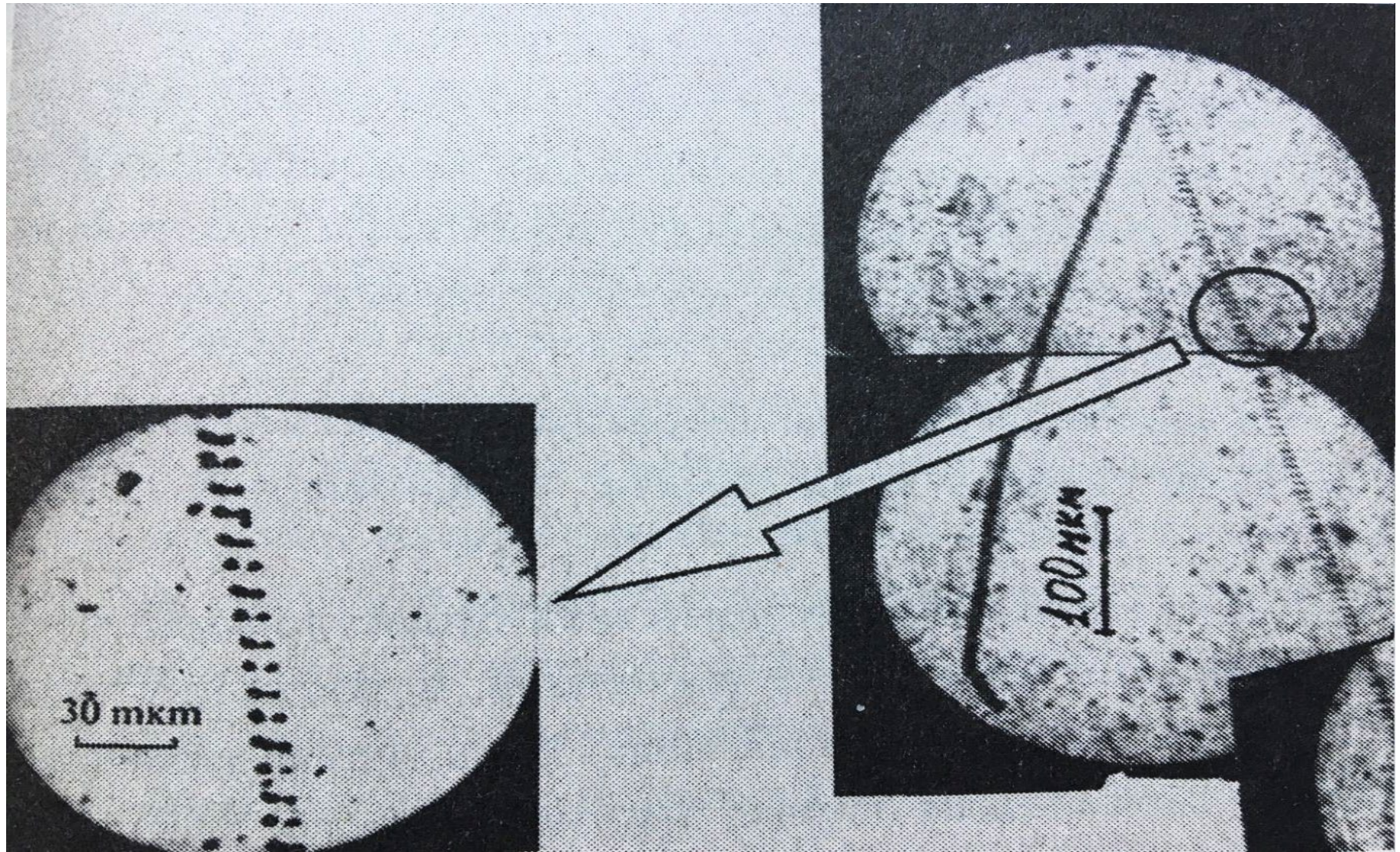
Ожидаемая периодичность следов засвечивания на поверхности ФД: при нечетном (а) и четном (б) числе (еe)-пар в КК-активаторе

Базовый вариант 3 движения КК-активатора относительно фотодетектора $V_{ци} \perp L \parallel N$



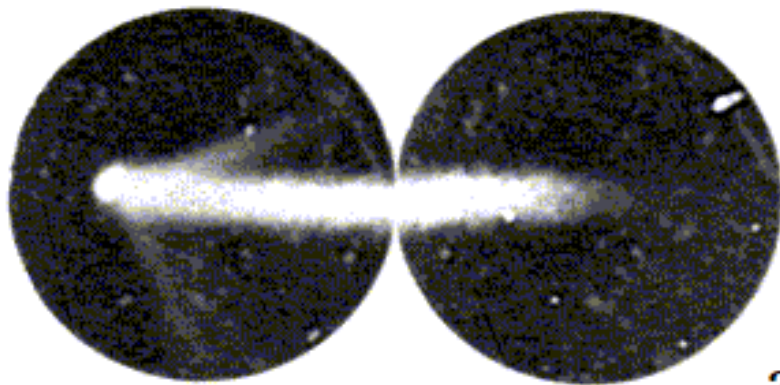
Ожидаемый след засвечивания на поверхности ФД в виде полосы (или неглубокой «царапины»)

Примеры наблюдаемых треков СИ



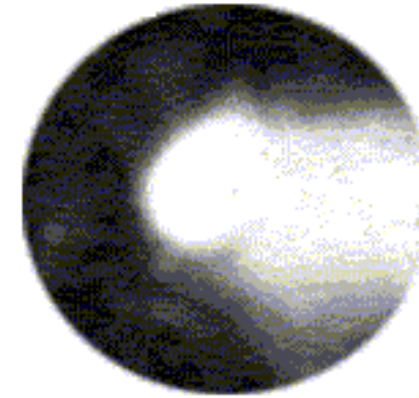
- Уруцкоев Л. И., Ликсонов В. И., Циноев В. Г. Экспериментальное обнаружение
- «странного» излучения и трансформация химических элементов
- // Прикладная физика. – 2000. – Вып. 4. – С. 83–100.

Примеры наблюдаемых треков СИ



а

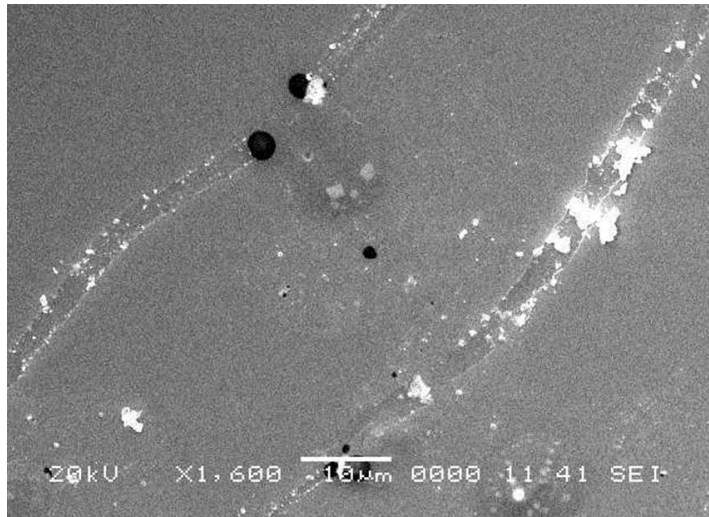
500 мкм



б

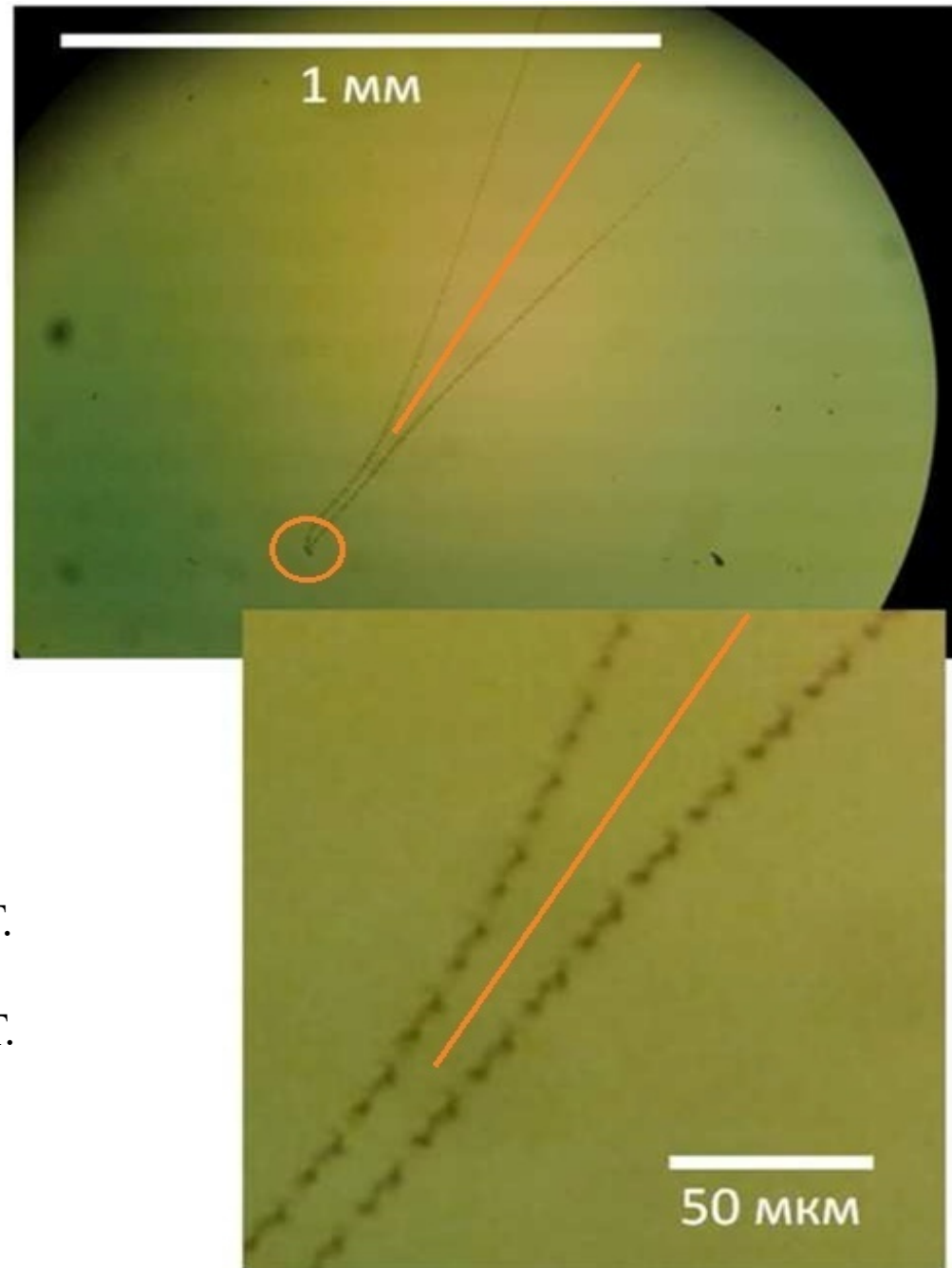
100 мкм

Уруцкоев Л. И., Ликсонов В. И., Циноев В. Г.



В.А. Жигалов, С.Н. Забавин, А.Г. Пархомов,
А.Г. Соболев, Т.Р. Тимербулатов // Журнал
формирующихся направлений науки. – 2018. –
Т. 21–22. – № 6. – С. 10–25.

Примеры наблюдаемых треков СИ



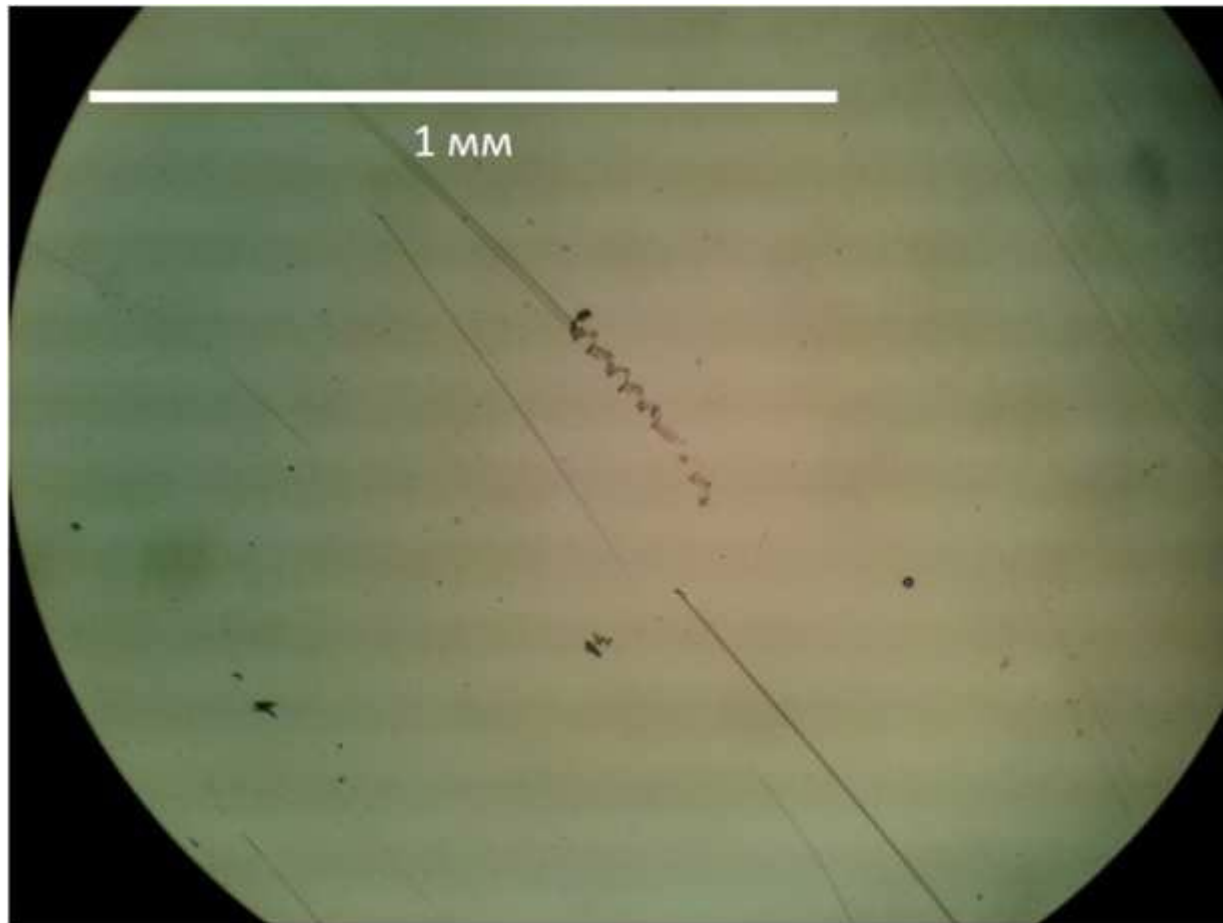
В.А. Жигалов, С.Н. Забавин, А.Г. Пархомов, А.Г. Соболев, Т.Р. Тимербулатов // Журнал формирующихся направлений науки. – 2018. – Т. 21–22. – № 6. – С. 10–25.

Примеры наблюдаемых треков СИ



В.А. Жигалов, С.Н. Забавин, А.Г. Пархомов, А.Г. Соболев, Т.Р. Тимербулатов // Журнал формирующихся направлений науки. – 2018. – Т. 21–22. – № 6. – С. 10–25.

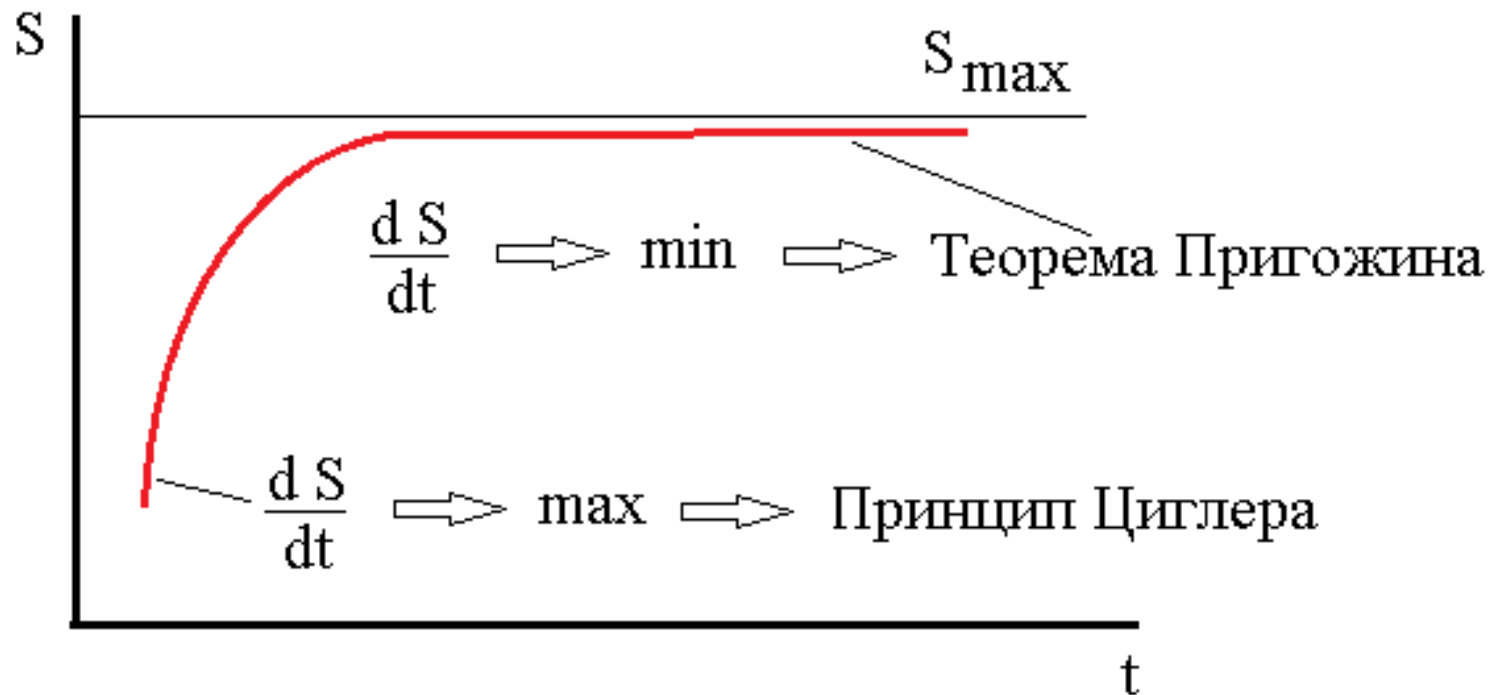
Примеры наблюдаемых треков СИ



В.А. Жигалов, С.Н. Забавин, А.Г. Пархомов, А.Г. Соболев, Т.Р. Тимербулатов // Журнал формирующихся направлений науки. – 2018. – Т. 21–22. – № 6. – С. 10–25.

Вывод: наблюдаемые треки можно интерпретировать, задавая варианты движения КК-активатора

Принцип Циглера и доминирование стабильных изотопов



При слиянии пар ядер имеется достаточно много вариантов продуктов со стабильными изотопами.

Варианты продуктов с нестабильными изотопами характеризуются меньшими значениями Q .

Принципу максимума производства энтропии (Циглер) удовлетворяет именно синтез со стабильными изотопами.

Концепция КК-активаторов

1. Концепция КК-активаторов позволяет объяснить практически все наблюдаемые особенности реакций СФ.
2. Концепция позволяет предложить перечень относительно простых экспериментов для проверки качественных выводов. В частности, данные по модификации спектра рентгеновского излучения свидетельствуют в пользу существования (е_e)-пар, являющихся основой КК-активаторов.
3. Интерпретация треков СИ согласуется с указанной концепцией. Можно утверждать, что результат процесса расширения КК-активатора уже практически визуализирован на полосовых треках, содержащих области, близкие к форме круга.
4. КК-активаторы, принявшие форму колец с диаметрами порядка 10 мкм, допускают квазиклассическое описание и исключительно удобны для постановки прямых наглядных проверочных экспериментов.
5. КК-активаторы – это реальные физические объекты, способные, по-видимому, использовать энергию физического вакуума.

Заключение

1. Идеология мюонного катализа для реакции холодного синтеза гелия может быть обобщена и распространена на низкотемпературный синтез массивных ядер.
2. Роль катализатора в реакциях низкотемпературного синтеза химических элементов с широким спектром зарядовых и массовых чисел играют КК-активаторы, представляющие собой расположенные на кольцевых орбитах компактные электронные (ee)-пары.
3. Компактность и устойчивость (ee)-пар обусловлена контактным взаимодействием электронов
4. Энергетический порог для образования (ee)-пар (порядка 10 -50 эВ), легко достижим при наличии электронных потоков в разреженных средах.
5. Большие массы (ee)-пар (порядка 100 МэВ) и ожидаемая высокая стабильность позволяют рассчитывать на реализацию нового состояния вещества, электронные оболочки атомов которого обогащены (а в пределе – насыщены) (ee)-парами.
6. Введение массивных ($e\uparrow e\downarrow$) электронных пар в число объектов, принципиально значимых для объяснения наблюдаемых эффективных реакций низкотемпературного ядерного синтеза, снимает теоретические проблемы, представлявшиеся труднопреодолимыми.
7. Реакции с участием квазинейтронов относятся к простейшим вариантам реакций CF, обеспечивая возникновение соседних по таблице Менделеева элементов и позволяя разнообразить изотопный состав.
8. По существу, реакции CF с участием квазинейтронов и КК-активаторов указывают простые механизмы возникновения химических элементов в условиях Земли.

Литература

1. M. P. Kashchenko, V. F. Balakirev, Letters on Materials. 7 (4), 380-383 (2017).
2. S. Gershtein, Yu. V. Petrov, L. I. Ponomarev, Sov. Phys. Usp. 33(8), 591-615 (1990).
3. R. M. Santilli. Foundations of Hadronic Chemistry. With Applications to New Clean Energies and Fuels. Boston-Dordrecht-London, Kluwer Academic Publishers (2001) 554 p.
4. M. P. Kashchenko, N. M. Kashchenko, Letters on Materials. 9 (3), 316-321 (2019).
5. M. P. Kashchenko, N. M. Kashchenko, Letters on Materials. 10 (3), 266-271 (2020).
6. M. P. Kashchenko, V. F. Balakirev, Letters on Materials. 8 (2), 152-157 (2018).
7. M. P. Kashchenko, V. F. Balakirev, N. M. Kashchenko, M. B. Smirnov, Yu. L. Chepelev, V. V. Ilyushin, N. V. Nikolaeva, V. G. Pushin, Letters on Materials. 10 (4), 486-490 (2020).
8. M. P. Kashchenko, V. F. Balakirev, N. M. Kashchenko, M. B. Smirnov, Yu. L. Chepelev, V. V. Ilyushin, N. V. Nikolaeva, V. G. Pushin, Letters on Materials. Letters on Materials 10 (1), 66-71 (2020).
9. V. F. Balakirev, V. V. Krymskiy, B. V. Bolotov et al. Interconversion of chemical elements. Ekaterinburg, UB RAS (2003) 97 p.
10. Годин С.М., Кудряшов В.А. Эксперименты с прототипом установки «Энергонива» : материалы 25-й рос. конф. по холодной трансмутации ядер химических элементов и шаровой молнии (Адлер, Сочи, Краснодарский край 1–8 октября 2018 г). – М. : – 2019. – С. 95–110.

Благодарим за внимание

Приложение 1: Схема реактора Вачаева-Иванова

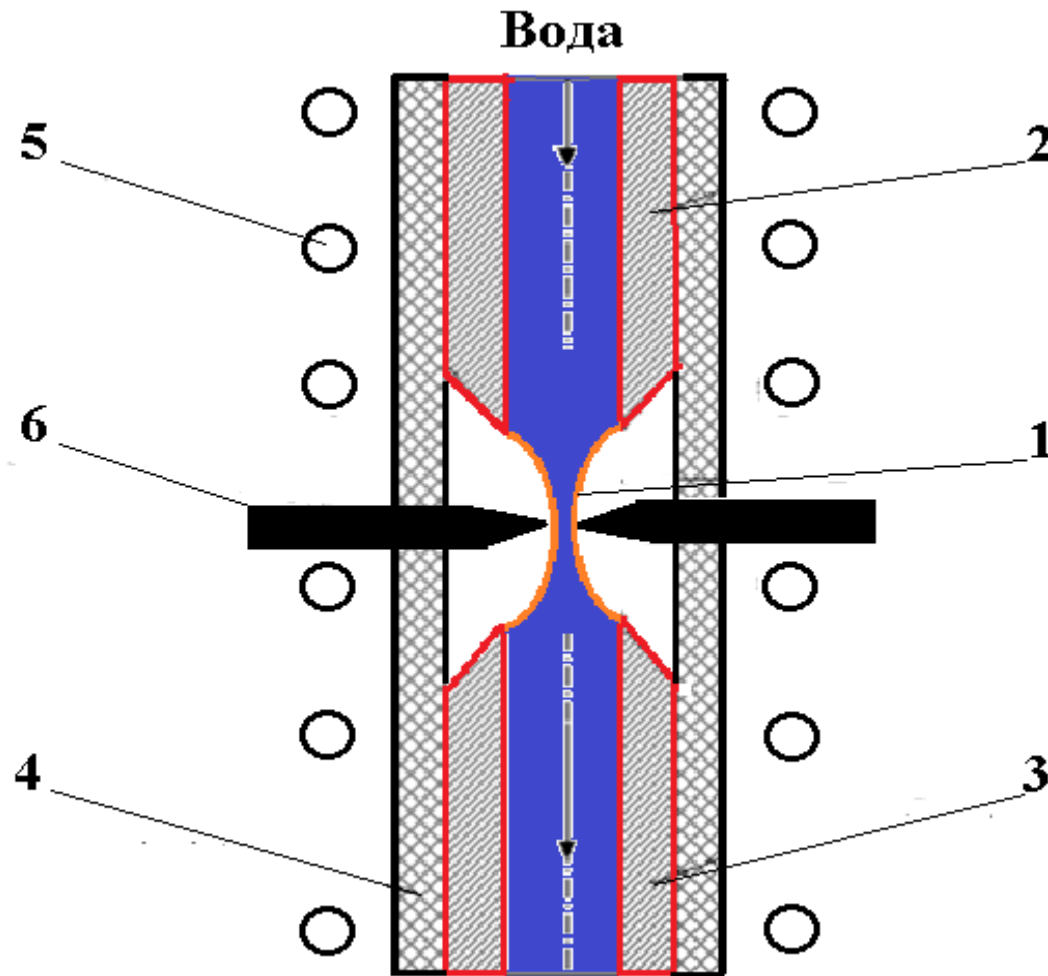


Схема реактора: 1 – область разряда; 2 – верхний трубчатый электрод; 3 – нижний трубчатый электрод; 4 – корпус реактора; 5 – катушка (индуктор); 6 – импульсные электроды, стрелки показывают направление течения воды [2]

Приложение 2: Когерентные коррелированные состояния (ККС)

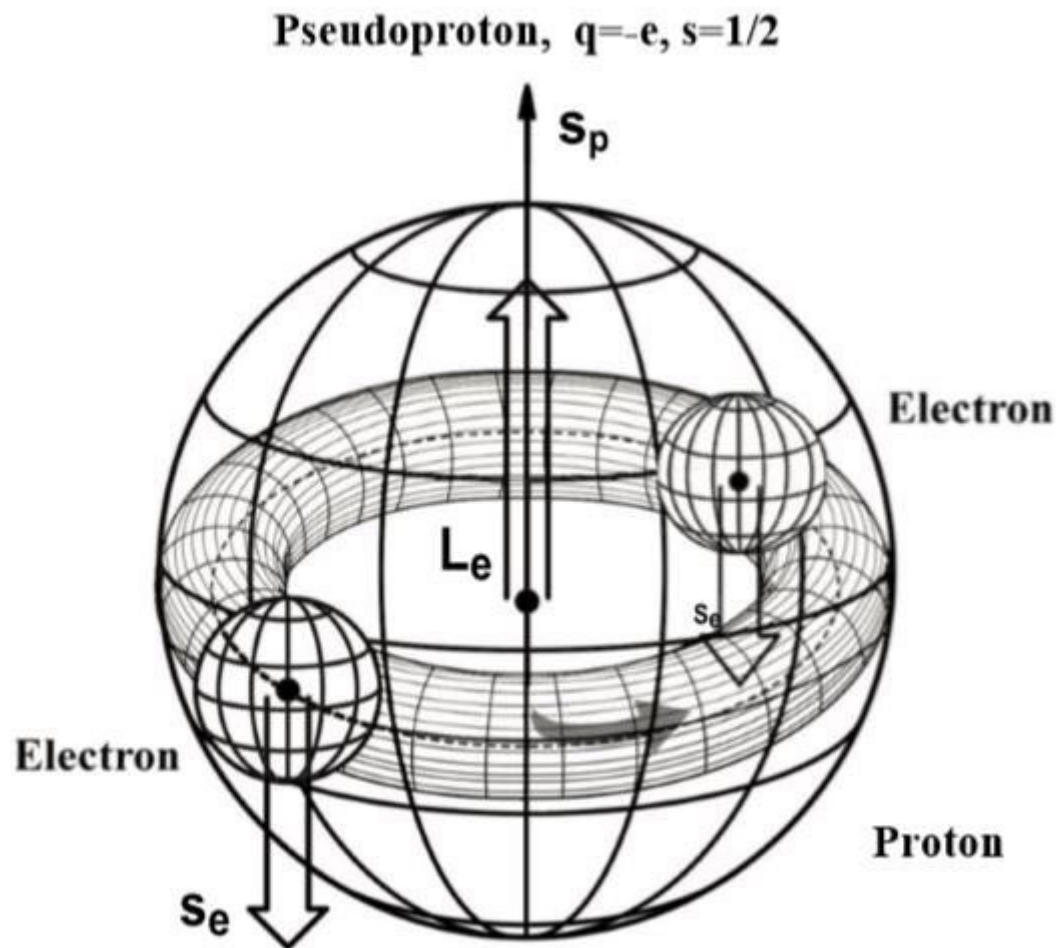
Когерентные коррелированные состояния (ККС), приводят к большим флуктуациям энергии ΔE и импульса.

Согласно обобщенным соотношениям неопределенностей для энергии E и времени t Шредингера – Робертсона

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar/[2(1 - r^2)]^{1/2}$$

где r_c – коэффициент корреляции. очевидно, что обычные соотношения Гейзенберга относятся к некоррелированным состояниям (при $r_c = 0$). Напротив, для $r_c \rightarrow 1$ при конечном значении неопределенности времени Δt величина неопределенности энергии ΔE может превысить любое наперед заданное значение.

Приложение 3: Структурная модель псевдопротона



Схематическое изображение синтеза отрицательно заряженного нуклона, известного как «псевдопротон Сантилли», посредством резерфордовского сжатия электрона, на этот раз внутри сверхплотного нейтрона