



Influence of Intense Coherent Electromagnetic Radiation on Several Types of Radioactive Decay

**E.V. Barmina², G.A. Shafeev², I.A. Shcherbakov²,
A.V. Simakin², V.I. Stegailov¹, S.I. Tyutyunnikov¹**

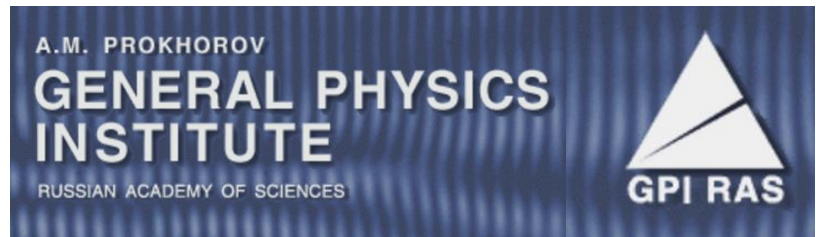
¹Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia, snsed@yandex.ru

²Prokhorov General Physics Institute RAS, Moscow, Russia



**Joint Institute for Nuclear
Research**

SCIENCE BRINGING NATIONS
TOGETHER



-Эксперименты проводились в рамках проекта «Энергия и Трансмутация РАО» и были направлены на решение задачи изучения характеристик ядерно-физических процессов, происходящих в ядрах под воздействием когерентного электромагнитного излучения.

Целью экспериментов является изучение механизмов влияния электромагнитного излучения СВЧ диапазона и лазерного излучений на вероятность радиоактивного распада ядер в т. ч. ^{152}Eu , ^{239}Np и др. , а также, с другой стороны, исследование методами ядерной спектроскопии каналов радиоактивного распада облученных нуклидов .

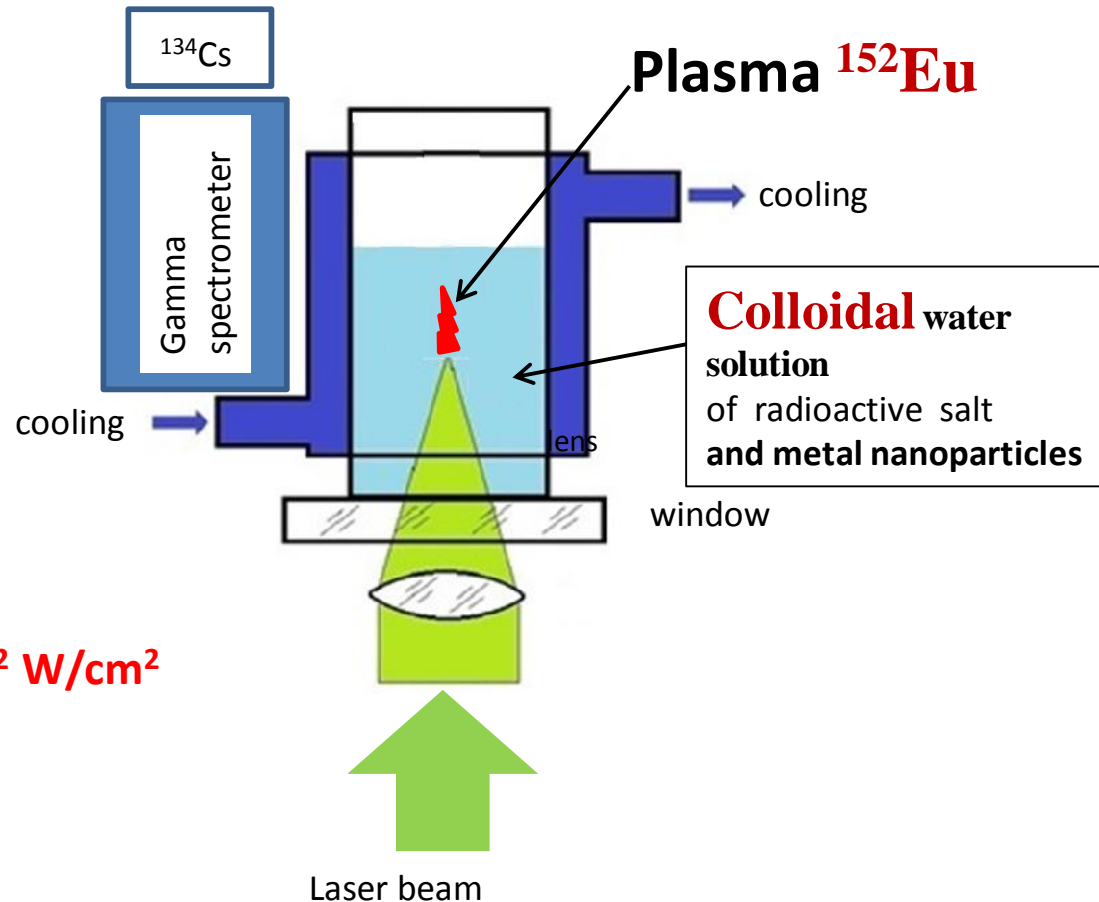
Нами исследовался распад ядер ^{152}Eu , ^{137}Cs , ^{231}Th , ^{234}Th , ^{239}Np при воздействии лазерного излучения на их водные растворы. Особый интерес представляет хорошо изученное и детально исследованное ядро Eu^{152} . 1) Раствор Eu^{152} подвергался воздействию излучения лазера с длиной волны излучения **1064 нм**, частотой следования импульсов **10 Гц**, энергией в импульсе **700 мДж**. 2) Для сравнения, использовался другой лазер с длиной волны излучения **1064 нм**, частотой следования импульсов **10000 Гц** и энергией в импульсе **1 или 2 мДж**. Необходимо отметить, что при сокращении частоты следования импульсов в **1000 раз** и увеличению энергии в импульсе в **700 раз**, *общая тенденция (эффекта) уменьшения активности сохраняется.*



Lasers: Nd
femtosecond Ti:sapphire,
90-ps Nd:YAG,
350-ps Nd:YAG,
10-ns Nd:YAG

Repetition rate
from **10 Hz up to 20 kHz**

Power density
from **$1 \cdot 10^{11}$ W/cm² up to $1 \cdot 10^{12}$ W/cm²**



Layout of the experiment on irradiation of water solution of the radioactive salt by the medium-power laser in presence of the metallic nanoparticles

Ядро ^{152}Eu , (^{239}Np)

для исследования которого использовался Nd лазер с длиной волны **1064 нм**, длительностью импульса **10нс**, частотой **10 кГц**, энергией в импульсе - **2 мДж**.

Излучение фокусировалось с помощью линзы сквозь прозрачное для него окно стеклянной кюветы на мишень ***^{152}Eu , (^{239}Np)***, помещенную в водный раствор.

В таких условиях происходит образование наночастиц в растворе, ответственных за плазмообразование, и коллективные эффекты ускорения электронов в плазменном канале.

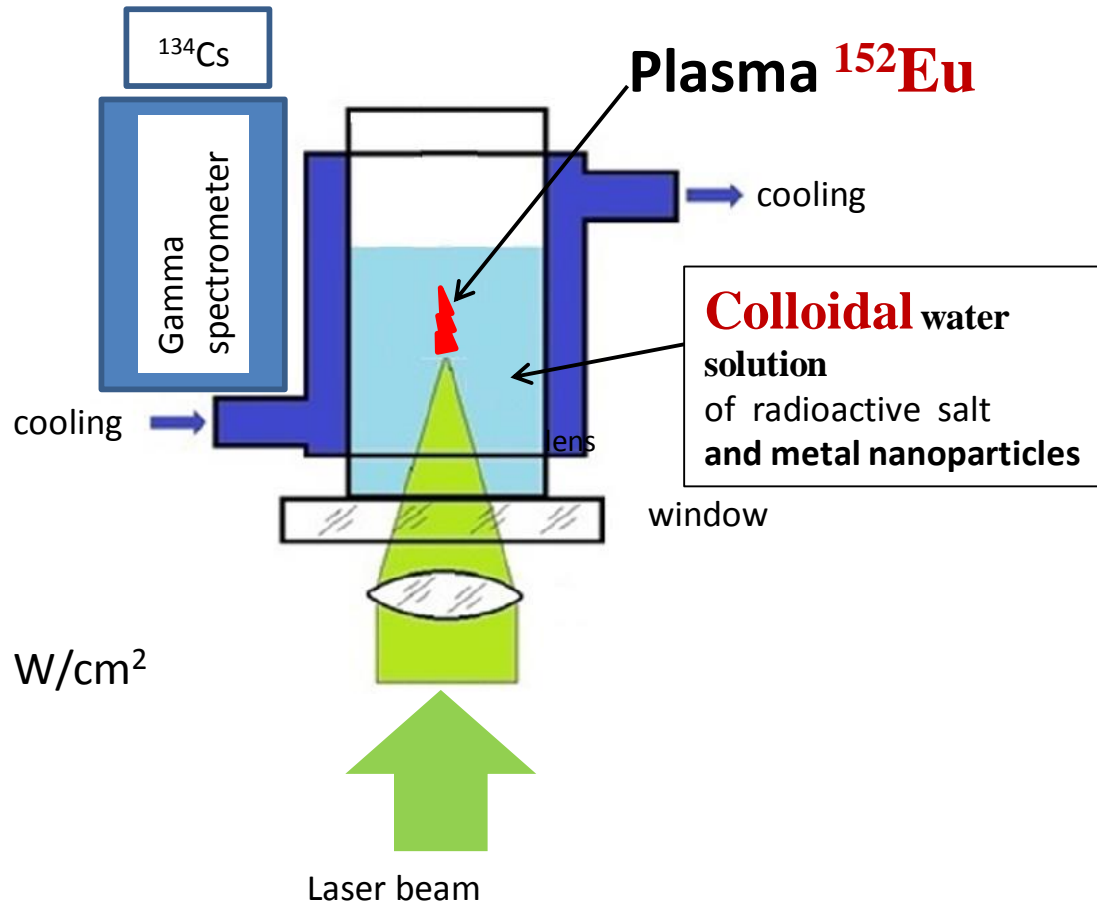
Концентрация наночастиц определяется близостью перетяжки лазерного пучка к мишени и временем лазерного облучения облучения.



Lasers: Nd
femtosecond Ti:sapphire,
90-ps Nd:YAG,
350-ps Nd:YAG,
10-ns Nd:YAG

Repetition rate
from 10 Hz up to 20 kHz

Power density
from $1 \cdot 10^{11}$ W/cm² up to $1 \cdot 10^{12}$ W/cm²



Layout of the experiment on irradiation of water solution of the radioactive salt by the medium-power laser in presence of the metallic nanoparticles

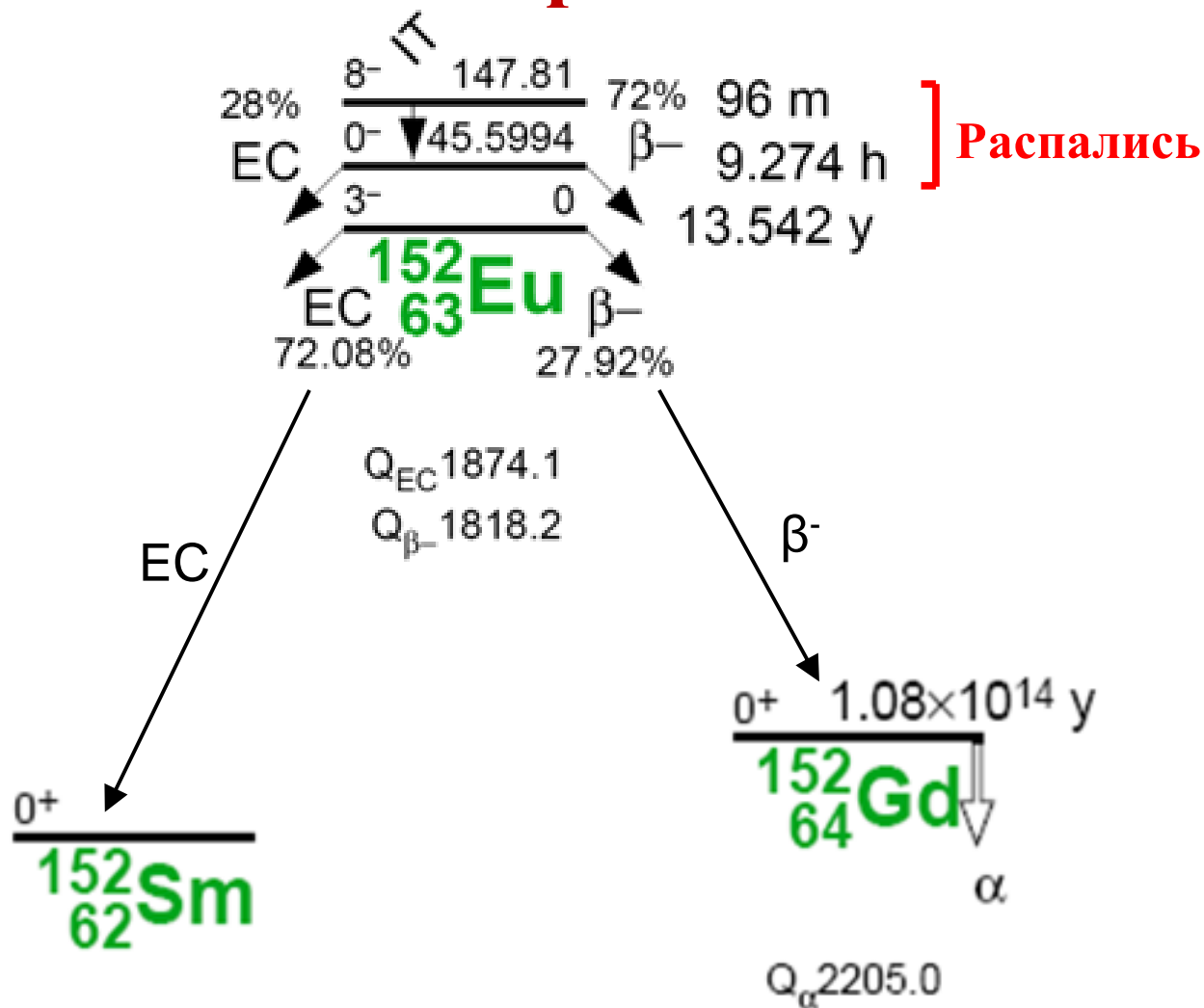
Ядро ^{152}Eu , для исследования которого использовался Nd:YAG лазер с длиной волны **1064 нм**, длительностью импульса 10нс, частотой 10 кГц, энергией в импульсе - **2 мДж**.

Излучение фокусировалось с помощью линзы сквозь прозрачное для него окно стеклянной кюветы на мишень ^{239}Np , помещенную в водный раствор.

В таких условиях происходит образование наночастиц в растворе, ответственных за плазмообразование, и коллективные эффекты ускорения электронов в плазменном канале.

Концентрация наночастиц определяется близостью перетяжки лазерного пучка к мишени и временем лазерного облучения облучения.

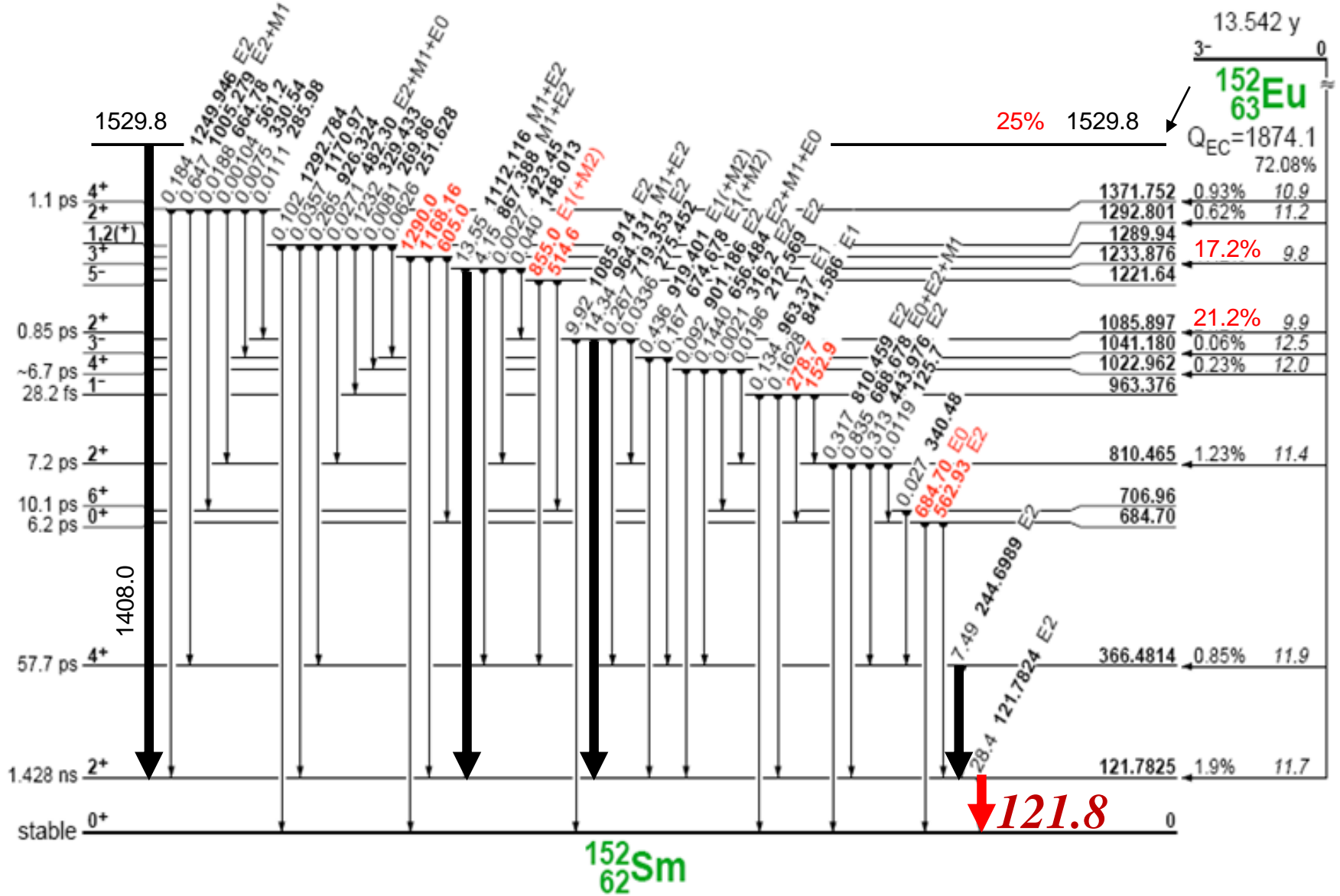
Распад ядра ^{152}Eu :



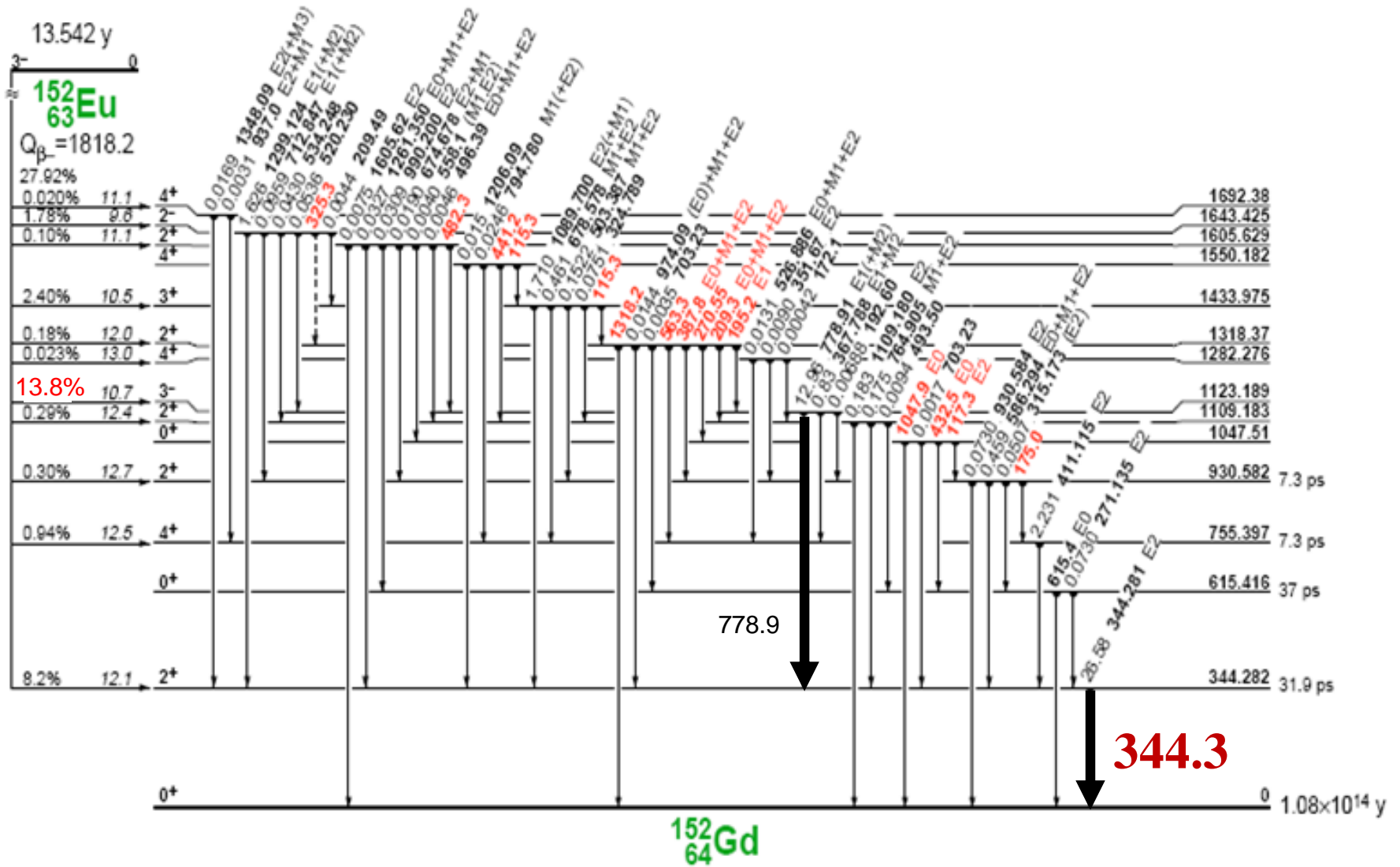
---Выбранный нами изотоп ^{152}Eu распадается посредством β^+ -распада, электронного захвата (EC) и β^- распада, т.е. $\lambda = \lambda(\beta^+) + \lambda(\text{EC}) + \lambda(\beta^-)$.

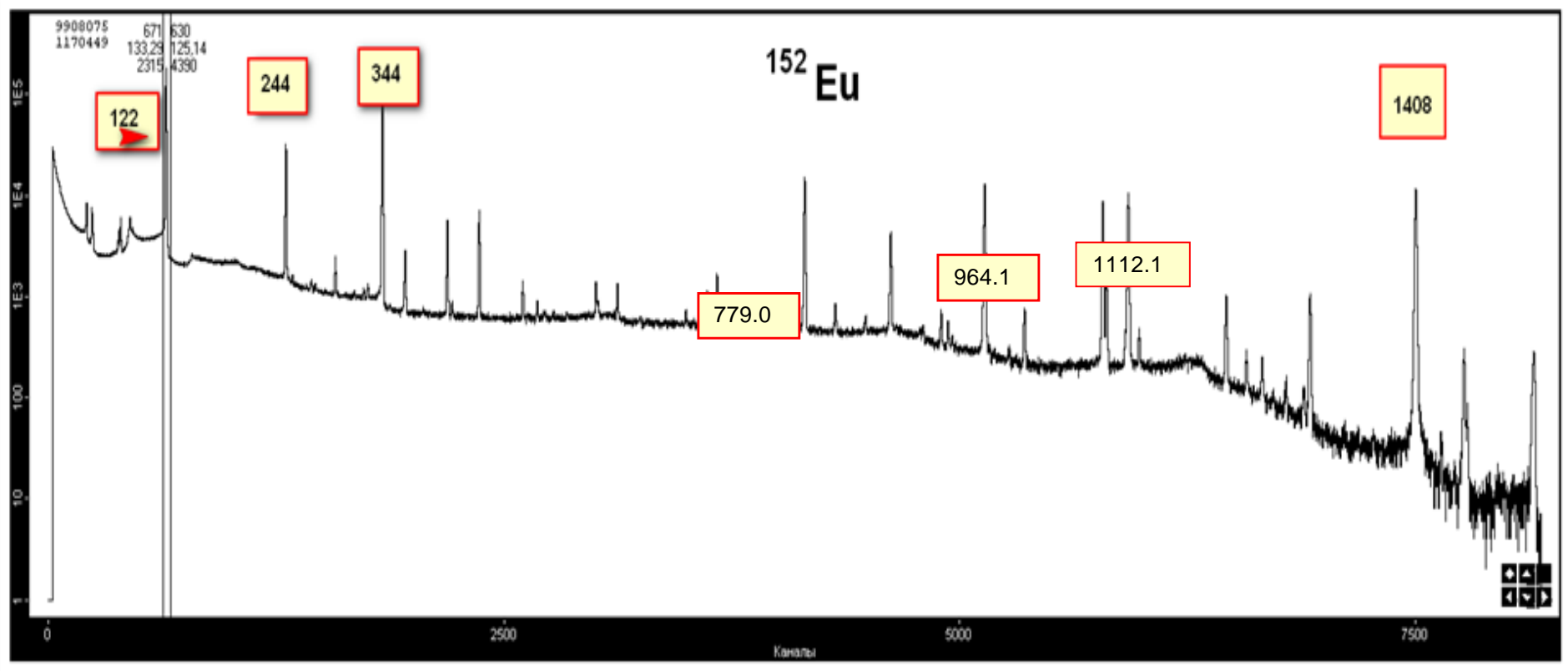
Распад ядра ^{152}Eu

Part 1 of 2



Распад ядра ^{152}Eu



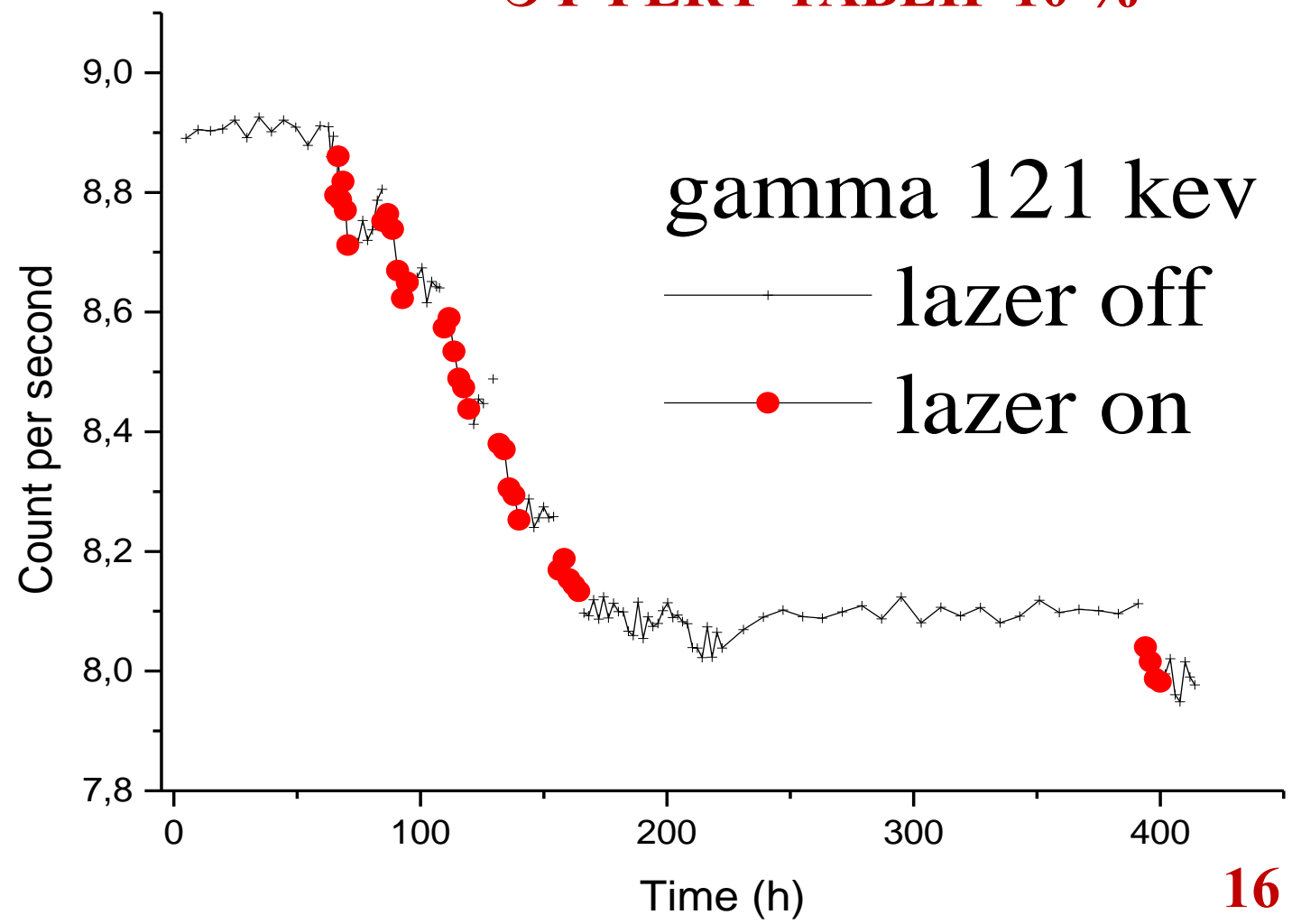


8192 канала

Гамма-спектр при распаде ^{152}Eu

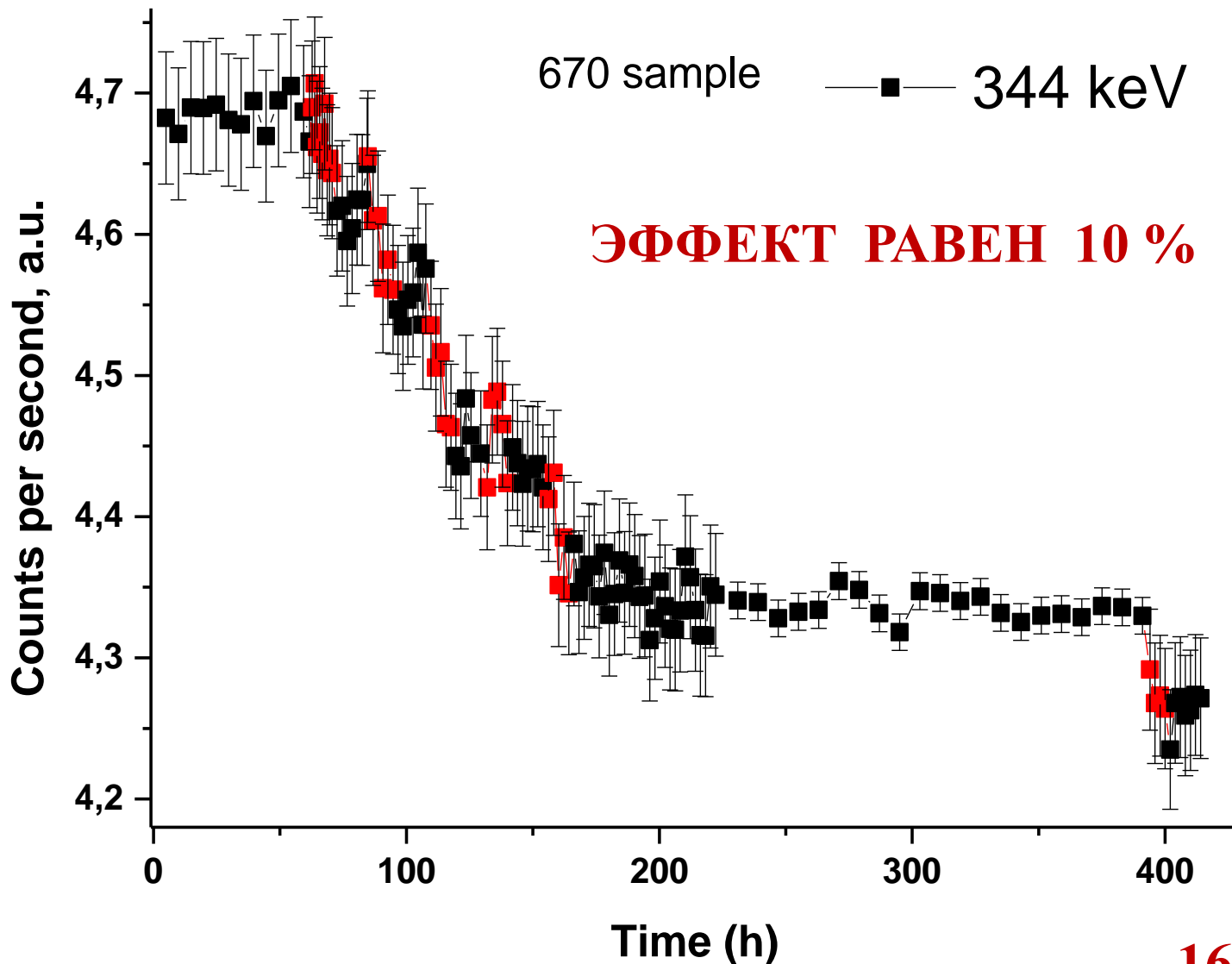
СЧЕТ

ЭФФЕКТ РАВЕН 10 %



16 дней

СЧЕТ



16 дней

1. Величина эффекта
2. Как бета плюс так и бета минус распад.
3. Эффект памяти (результата).
4. ---- процессы в мишени (в ядре)
-----процессы в окружении мишени
-----сравнение результатов (плазма и воздух)

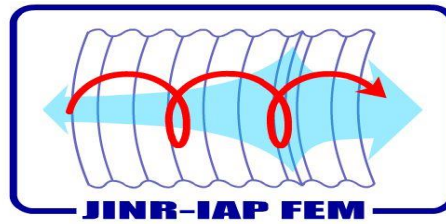
ДАЛЕЕ РАССМОТРИМ :

**152Eu – ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ
ПОТОКОМ ИЗЛУЧЕНИЯ 30 Ггц**

^{152}Eu :

Образец ^{152}Eu , внедренный в алюминиевую фольгу толщиной $\sim 25\text{мкн}$, облучался в течение 6 часов СВЧ-излучением (30 ГГц) с плотностью потока $\sim 50 \times 10^{-3} \text{ Дж/см}^2$.

Далее спектр гамма-излучения ^{152}Eu исследовался на распад, т.е. исследовался спад интенсивности излучения наиболее сильных переходов в спектре гамма-лучей в зависимости от времени, в течение 90 дней.



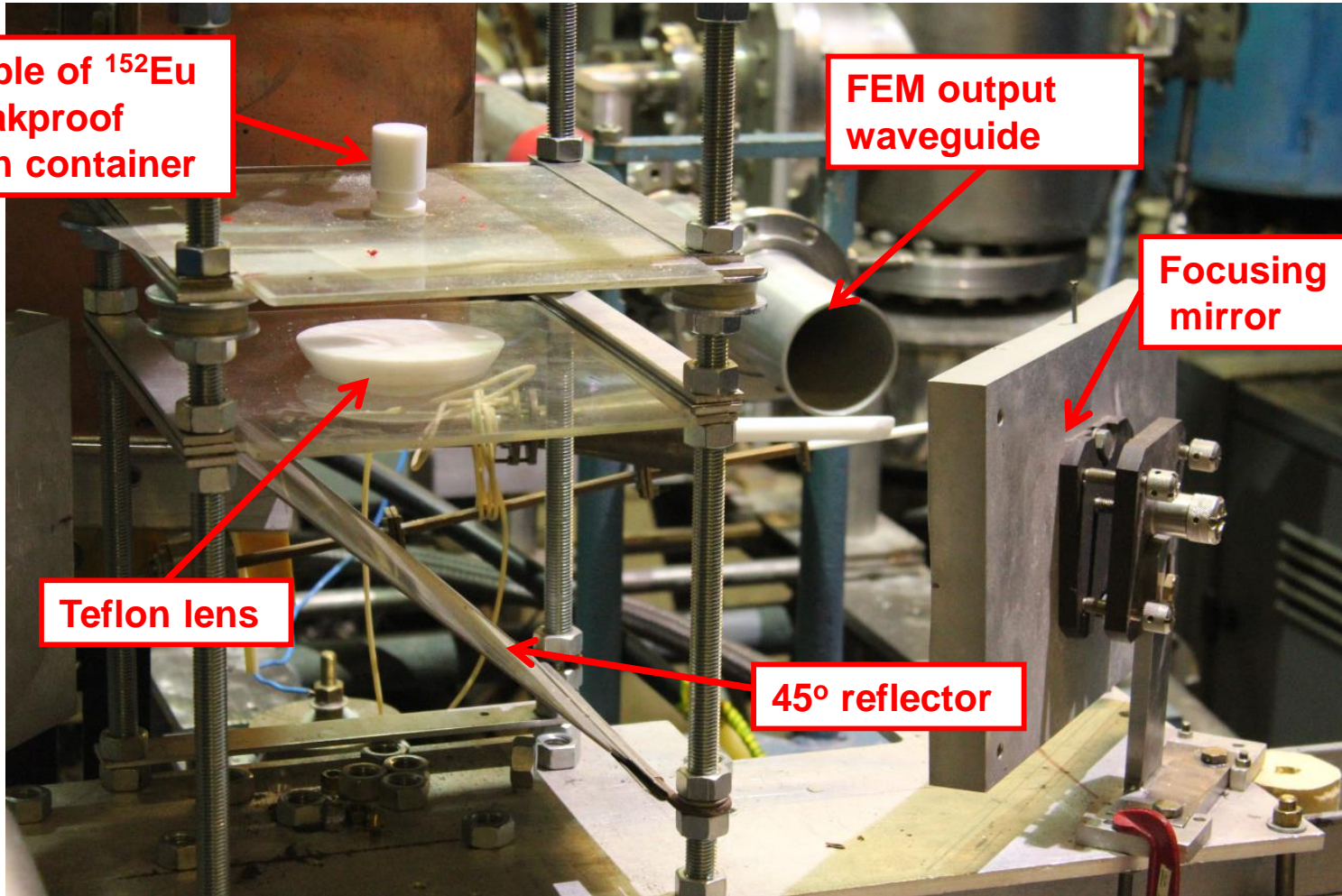
Sample of ^{152}Eu
in leakproof
teflon container

FEM output
waveguide

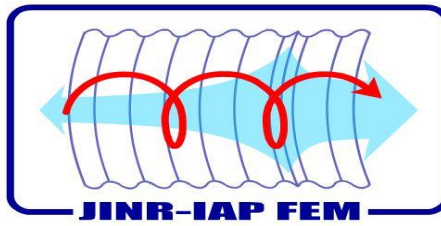
Focusing
mirror

Teflon lens

45° reflector



Layout of the experiment on RF irradiation of the ^{152}Eu sample



View of the ^{152}Eu sample before and after the RF irradiation

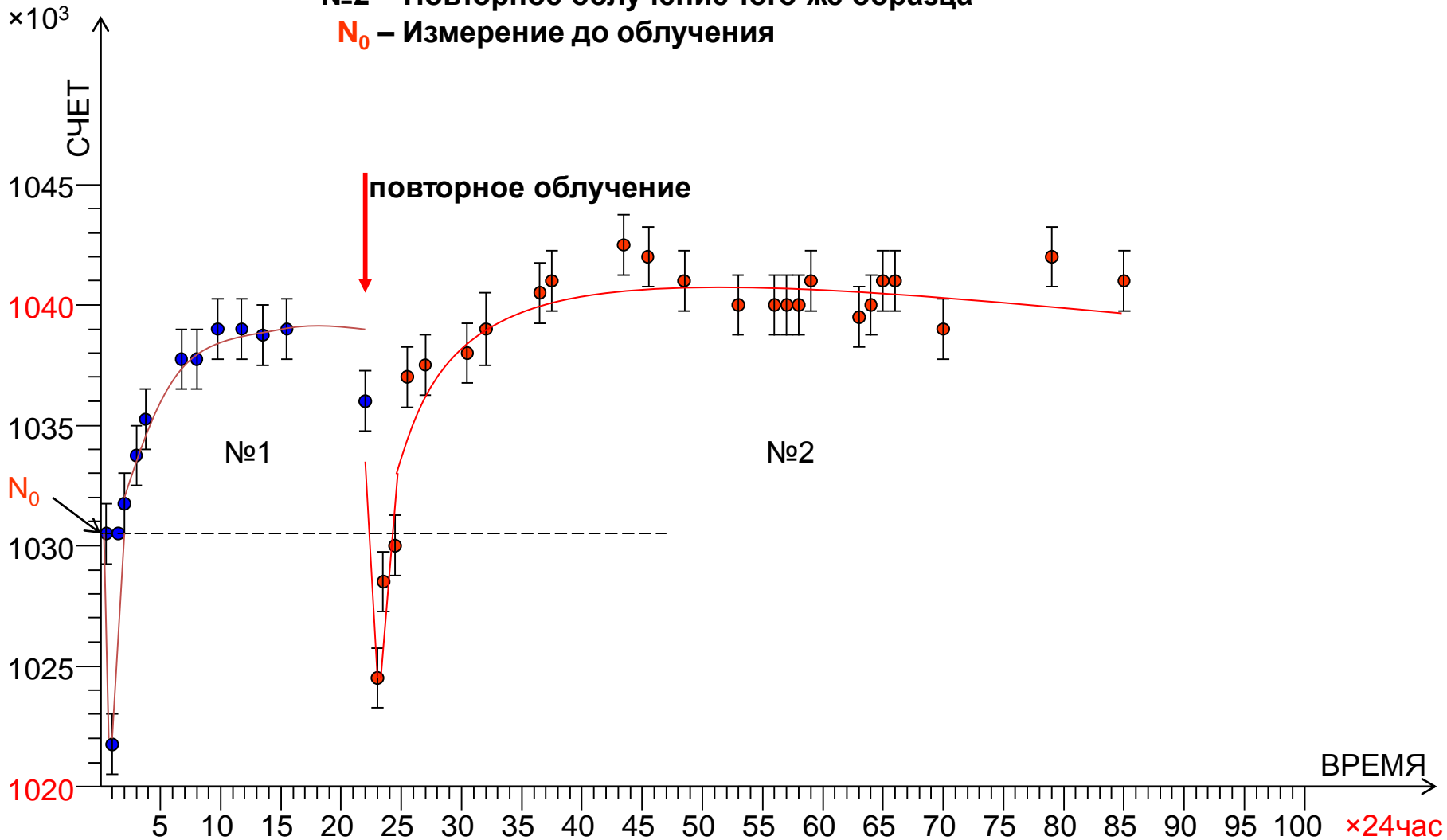
СВЧ ^{152}Eu , γ 121.8

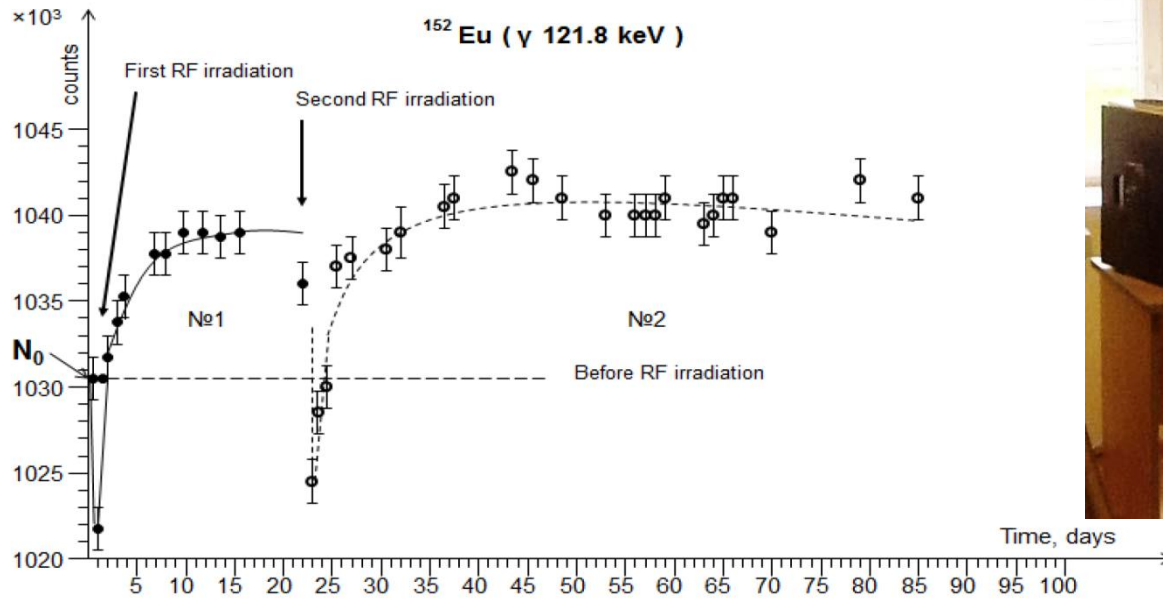
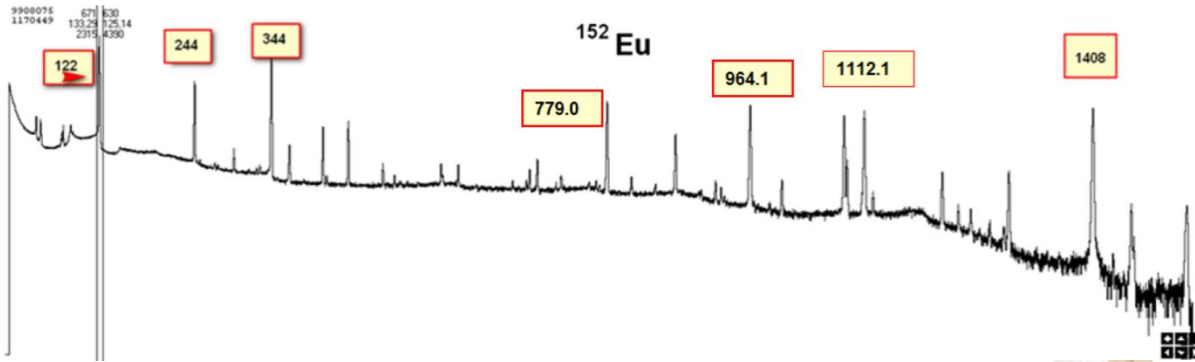
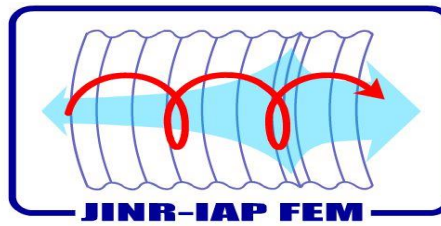
Время экспозиции одной точки 8 ч.

№1 – Первое облучение образца

№2 – Повторное облучение того же образца

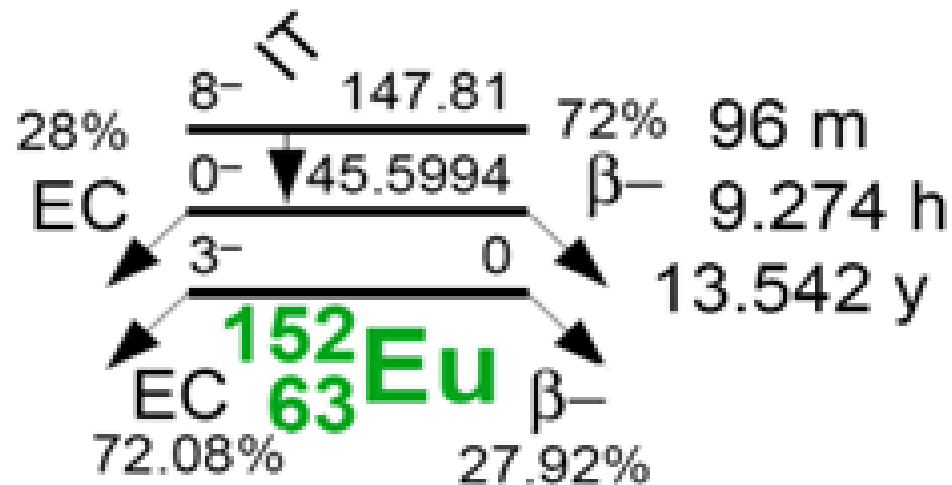
N_0 – Измерение до облучения





Time dependence of the ^{152}Eu activity at the 121.8 keV after two sessions of RF irradiation.

---Это также возможно интерпретировать как накопление долгоживущего (9.3 час) изомера в ядре ^{152}Eu , соответствующего (первому) основному состоянию нечетно-нечетного ядра ^{152}Eu в результате нарушения (возбуждения) нами сложившегося равновесия в ядре ^{152}Eu .



$$Q_{\text{EC}} 1874.1$$

$$Q_{\beta^-} 1818.2$$

ЯДРО ^{239}Np ($Z=93$)

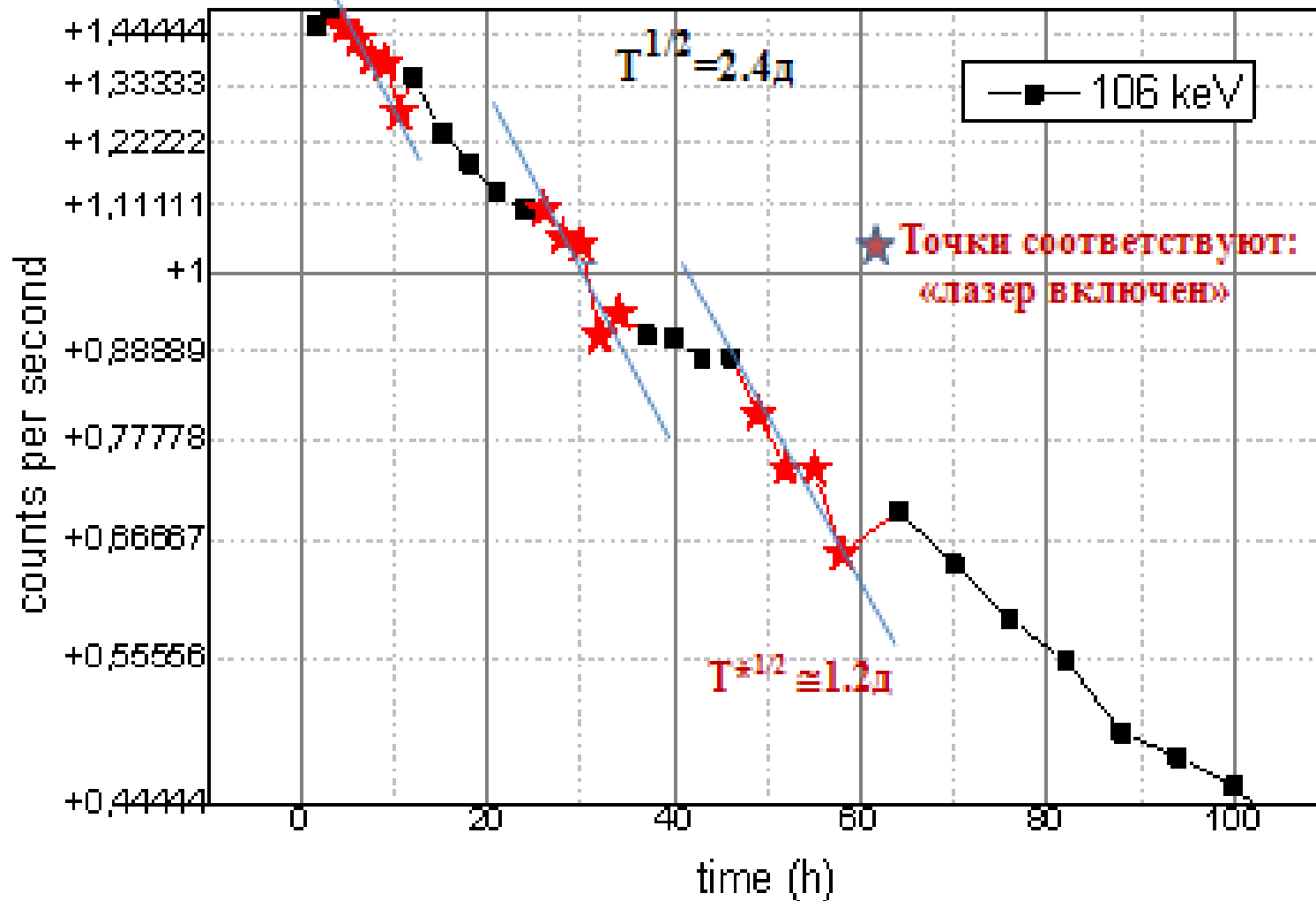
-- Особый **интерес** представляет ядро актинида **бета-минус** распадчика.

^{239}Np , для исследования которого использовался тот же

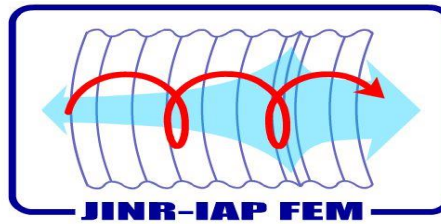
Nd:YAG лазер с длиной волны **1064 нм**, длительностью

импульса **10нс**, частотой **10 кГц**, энергией в импульсе - **2 мДж**.

**-Изменение периода полураспада ядра ^{239}Np ($T_{1/2}=2.36$ д) по
гамма линии 106 кэВ**







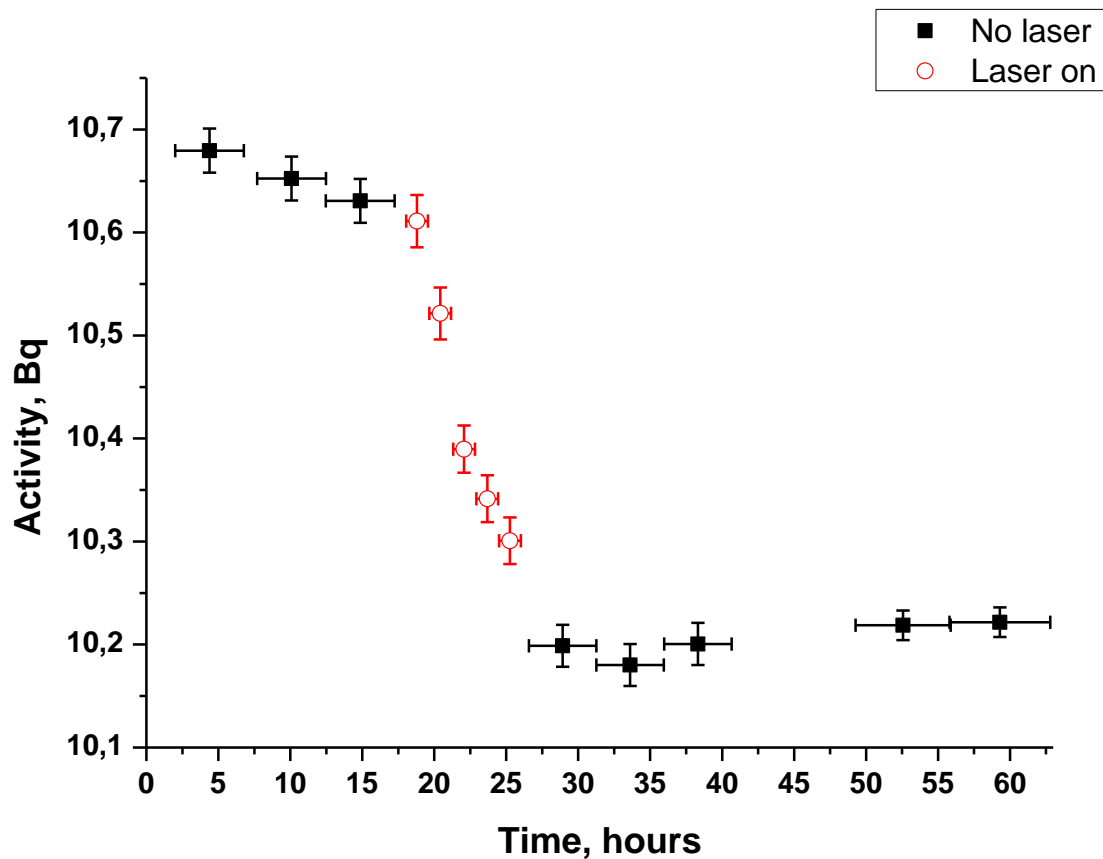
Experiment	H. R. Reiss	INP Tomsk	JINR	GPI RAS
Frequency, GHz	4×10^{-3}	3	30	3×10^5
Power density, W/cm ²	----	8×10^4	3×10^5	1×10^{11}
E-field strength, V/m	$4,4 \times 10^5$	$8,5 \times 10^5$	$1,8 \times 10^6$	$\sim 3 \times 10^{12}$?
Radioactive isotips	¹³⁷ Cs	⁵¹ Cr	¹⁵² Eu	¹³⁷ Cs, ²³⁸ U, Np
E-field concentrators	No	No	May be	Yes
Activity increasing, %	6×10^{-4}	1×10^{-2}	10×10^{-2}	$(7_10) \times 10^{-2}$
«Memory effect»	No	Yes	Yes	Yes, (--)

Comparison of experiments on Hi frequency, RF and lasers

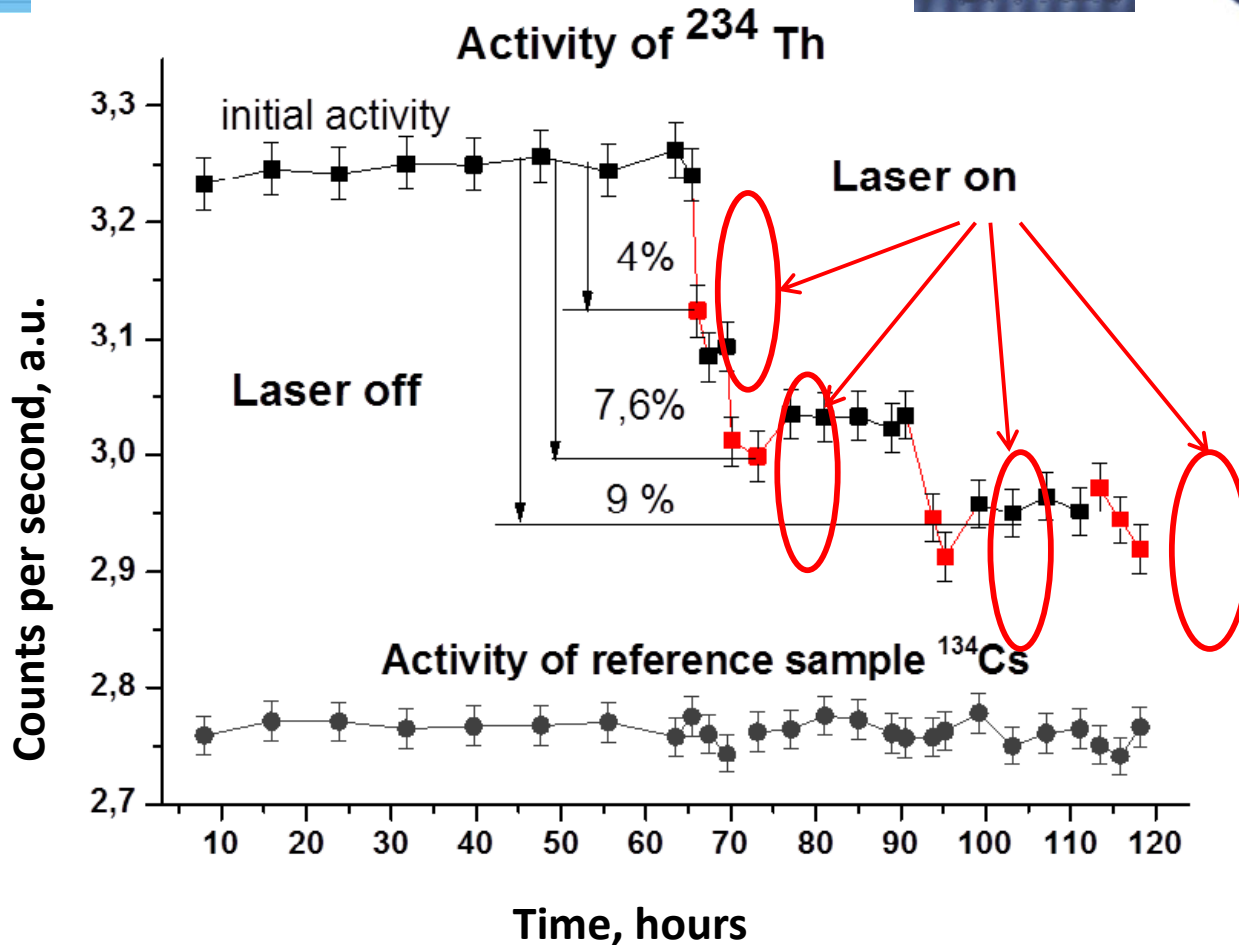
ПРОБЛЕМЫ необходимые нам решить:

- процессы в плазме (воздухе)**
- изомерия в ядрах (эффект памяти)**
- рентген. спектры (процессы в рентген. об.)**
- аппаратура (кремниевые дет.)**

ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ ^{137}Cs



Период полураспада цезия-137 – 30 лет



^{234}Th activity during several sessions of laser irradiation of UO_2Cl_2 water solution in presence of Au nanoparticles as the laser wave concentrators. ^{134}Cs is a reference sample



Спасибо за внимание !