Новые ядерно-физические данные для фотоядерного получения медицинских радионуклидов ^{72}As, ^{82}Sr, ^{166}Ho, $^{198,199}Au$

Бакалаврская работа

Качалова Д.И.

студентка 4 курса

Физического факультета МГУ им М.В. Ломоносова

Кафедра общей ядерной физики

Научный руководитель

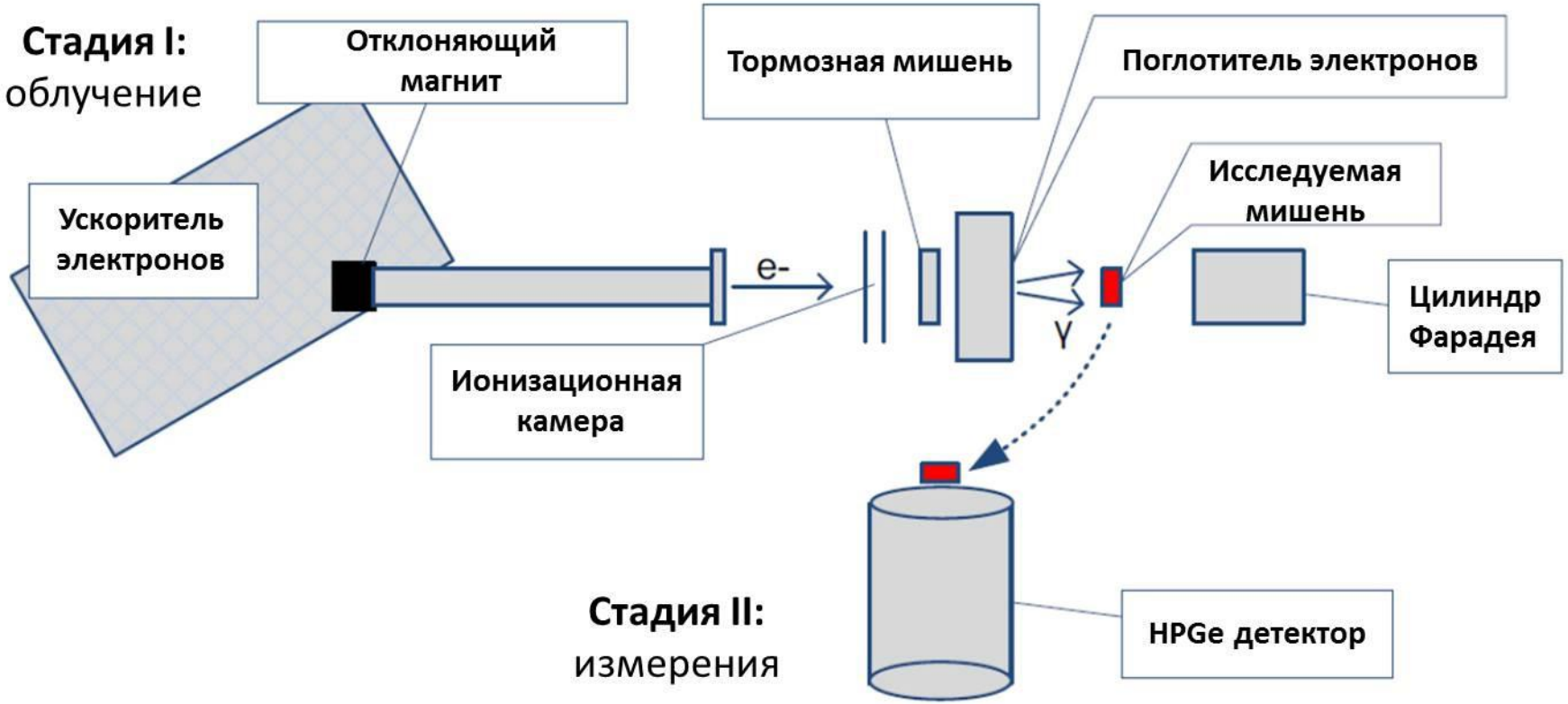
доцент, кандидат ф.-м. наук Кузнецов А.А.

8 июня 2020 г.

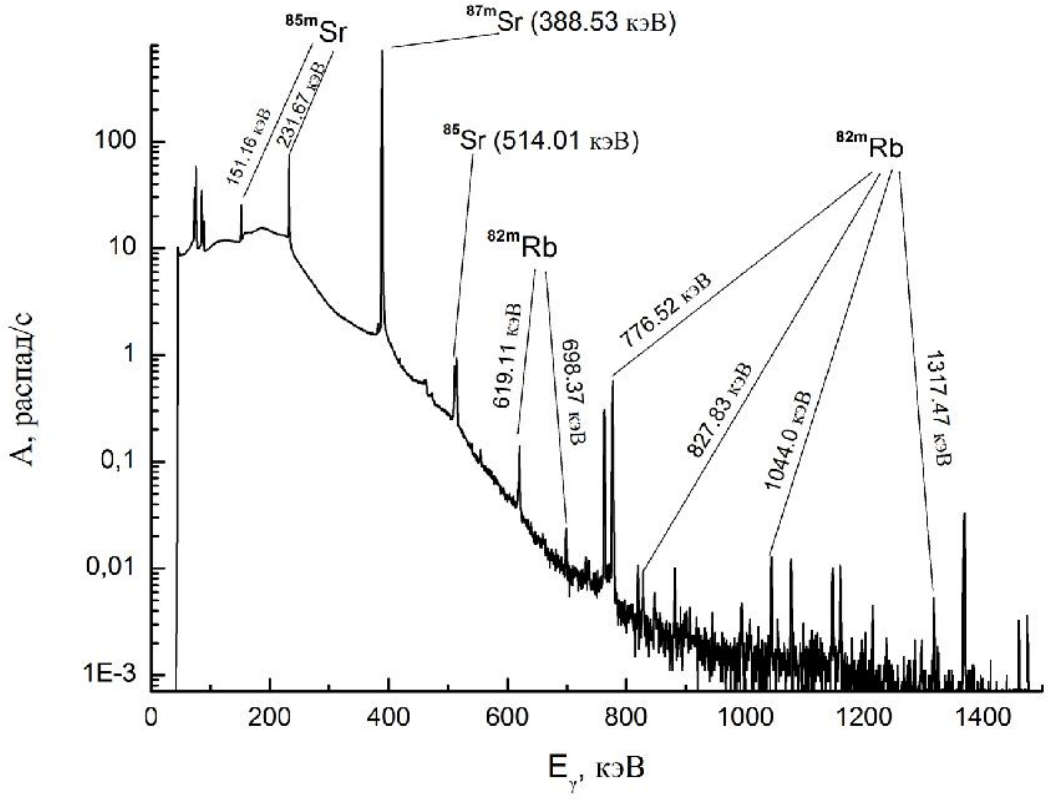
Цели и задачи

- Определить возможную нарабатываемую активность целевых нуклидов
- Определить возможную нарабатываемую активность побочных продуктов
- Подобрать параметры мишени и режим облучения так, чтобы минимизировать образование побочных продуктов
- Ответить на вопрос о применимости различных теоретических подходов к расчетам сечений фотоядерных реакций

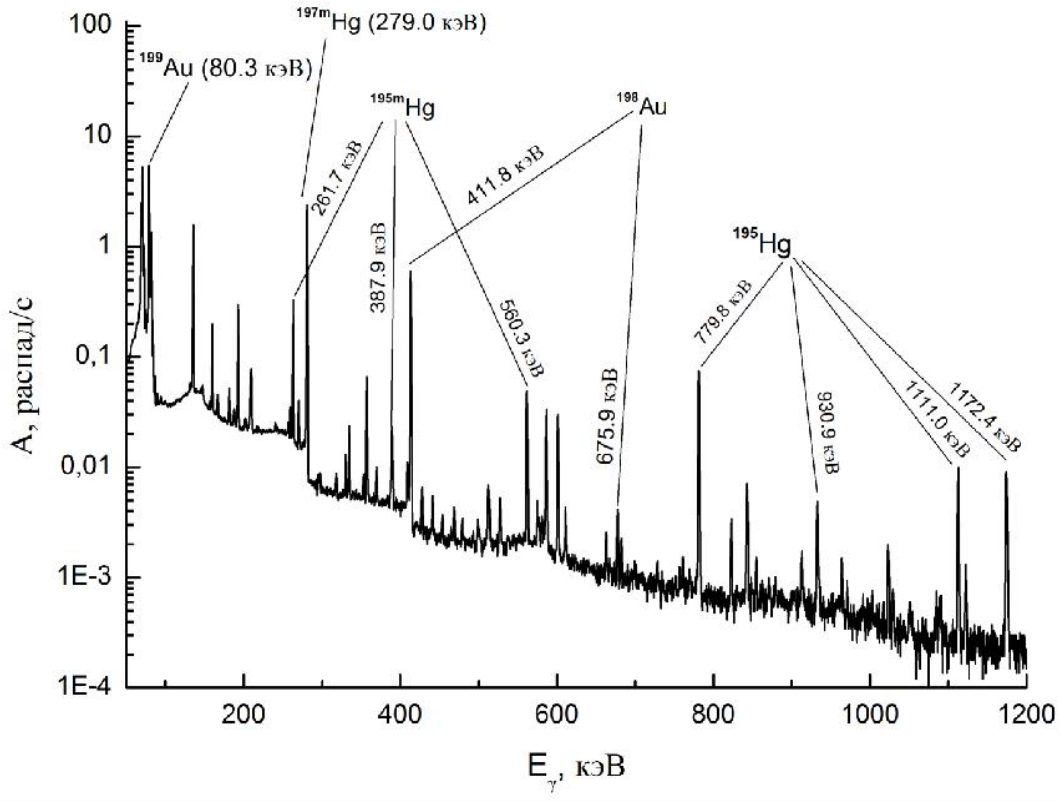
Методика проведения эксперимента



Методика обработки данных



Пример спектра остаточной активности мишени из стронция



Пример спектра остаточной активности мишени из ртути

Выход фотоядерной реакции

- Экспериментальный выход:

$$Y_{эксп} = \frac{N_{10}}{e^{-\lambda t_1} \int_{t2-t1}^{t3-t1} I(t) e^{\lambda t} dt}$$

- Число ядер после облучения:

$$N_{10} = \frac{S}{I_\gamma \varepsilon (e^{-\lambda(t2-t1)} - e^{-\lambda(t3-t1)})}$$

- Теоретический выход:

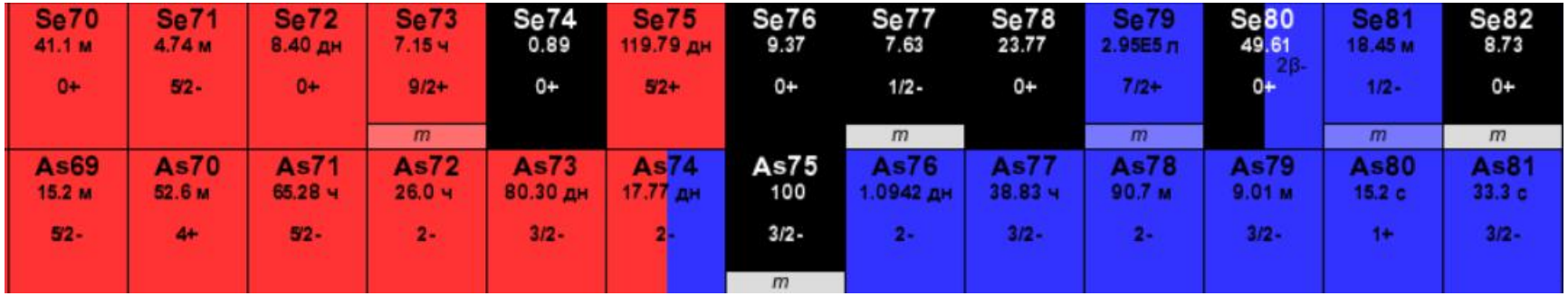
$$Y_{теор} = \alpha\eta \int_{E_{порог}}^{E_e} W(E_\gamma, E_e)\sigma(E_\gamma) dE_\gamma$$

Сечение на эквивалентный квант

- позволяет сравнивать результаты экспериментов с различной геометрией облучения

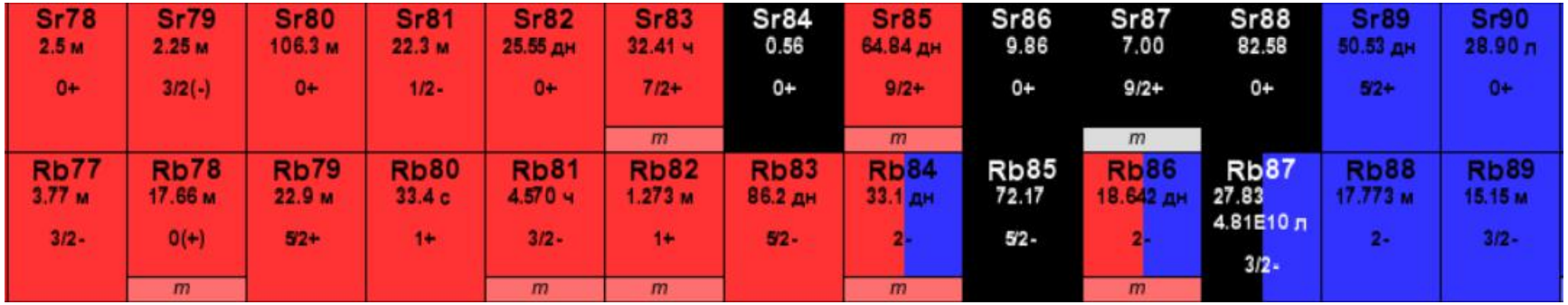
$$\sigma_q = \frac{\sum_i \eta_i \int_{E_{порог}}^{E_e} \sigma(E_\gamma) W(E_\gamma, E_e) dE_\gamma}{\frac{1}{E_e} \int_0^{E_e} E_\gamma W(E_\gamma, E_e) dE_\gamma}$$

^{72}As



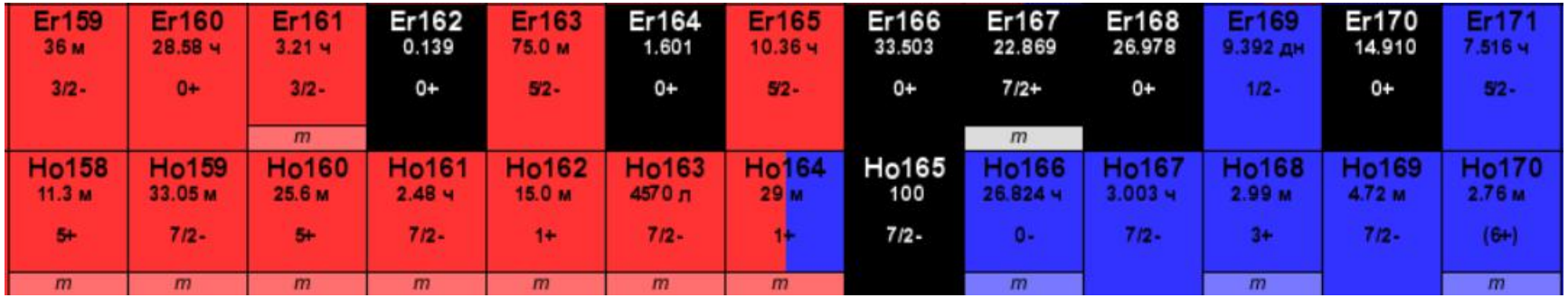
Изотоп	$Y_{эксп}$, 1/e	$Y_{теор}$, 1/e	$\sigma_q^{эксп}$, мбн	$\sigma_q^{теор}$, мбн
^{72}As	$(4.69\pm0.05)\cdot10^{-9}$	$5.19\cdot10^{-9}$	$(2.85\pm0.03)\cdot10^{-2}$	0.04
^{76}As	$(7.58\pm0.10)\cdot10^{-8}$	$13.47\cdot10^{-8}$	0.49 ± 0.01	0.88
^{78}As	$(4.63\pm0.07)\cdot10^{-8}$	$6.34\cdot10^{-8}$	0.30 ± 0.01	0.41

^{82}Sr



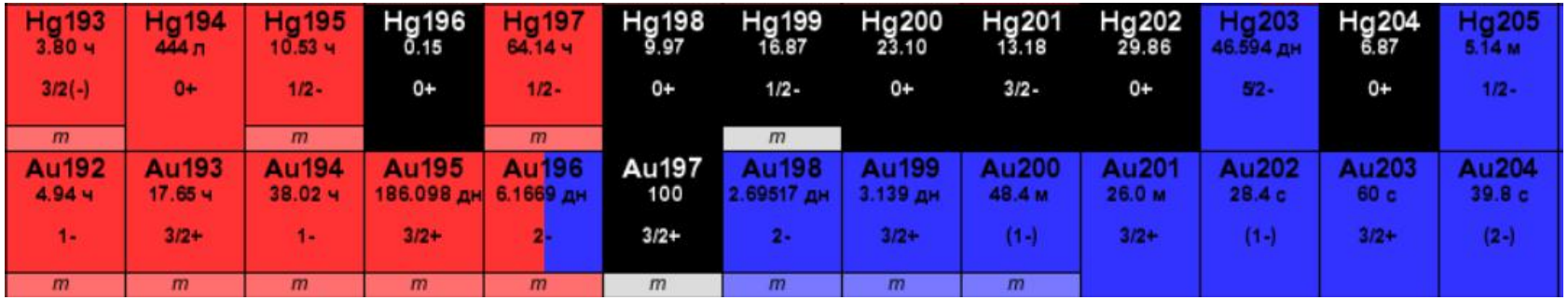
Изотоп	$Y_{эксп}$, 1/e	$Y_{теор}$, 1/e	$\sigma_q^{эксп}$, мбн	$\sigma_q^{теор}$, мбн
^{82}Sr	$(1.83\pm0.28)\cdot10^{-8}$	$7.95\cdot10^{-9}$	$(0.75\pm0.11)\cdot10^{-1}$	$0.41\cdot10^{-1}$
^{83}Sr	$(4.73\pm0.18)\cdot10^{-8}$	$7.46\cdot10^{-8}$	0.20 ± 0.01	0.39
$^{85g,m}Sr$	$(1.15\pm0.03)\cdot10^{-6}$	$1.39\cdot10^{-6}$	4.94 ± 0.11	7.10

^{166}Ho



Изотоп	$Y_{эксп}$, 1/e	$Y_{теор}$, 1/e	$\sigma_q^{эксп}$, мбн	$\sigma_q^{теор}$, мбн
^{166}Ho	$(6.05\pm0.37)\cdot10^{-8}$	$10.75\cdot10^{-8}$	0.29 ± 0.02	0.59
^{167}Ho	$(5.61\pm1.50)\cdot10^{-8}$	$11.13\cdot10^{-8}$	0.27 ± 0.07	0.61

^{198,199}Au



Изотоп	$Y_{эксп}$, отн.ед.	$Y_{теор}$, отн.ед.	$\sigma_q^{эксп}$, мбн	$\sigma_q^{теор}$, мбн
^{199}Au	$(2.74\pm0.21)\cdot10^{-2}$	$4.94\cdot10^{-2}$	0.46 ± 0.04	0.84
^{198}Au	$(2.24\pm0.02)\cdot10^{-2}$	$3.99\cdot10^{-2}$	0.37 ± 0.01	0.70
^{196}Au	$(4.61\pm0.03)\cdot10^{-3}$	$3.13\cdot10^{-3}$	$(0.76\pm0.01)\cdot10^{-1}$	0.05

Нарабатываемая активность

- Время облучения: 24 часа
- Средний ток ускорителя: 1мА

Изотоп	Активность, ГБк	Активность, нарабатываемая традиционными методами, ГБк
^{72}As	1.56	1.03
^{82}Sr	0.06	1.48
^{166}Ho	0.70	$0.65 \cdot 10^{-3}$
^{198}Au	1.48	0.26
^{199}Au	1.59	5.75

Выводы

- Показано в целом хорошее согласие экспериментальных данных и теоретических расчетов, что указывает на возможность применения КМФР в задачах планирования эксперимента по наработке медицинских изотопов на тормозных пучках
- Использование обогащенных мишеней и подбор энергии ускорителя позволят получить необходимую для медицинских целей активность и избежать образования побочных нуклидов
- Полученные результаты можно считать указанием на возможность использования фотоядерных реакций для наработки ^{72}As, ^{166}Ho, ^{198,199}Au

Спасибо за внимание!