The background features a dark blue gradient with faint technical diagrams. On the left, a large circular scale is visible, with numerical markings from 140 to 260 in increments of 10. Several circular diagrams with arrows and dashed lines are scattered across the page, suggesting a scientific or engineering context.

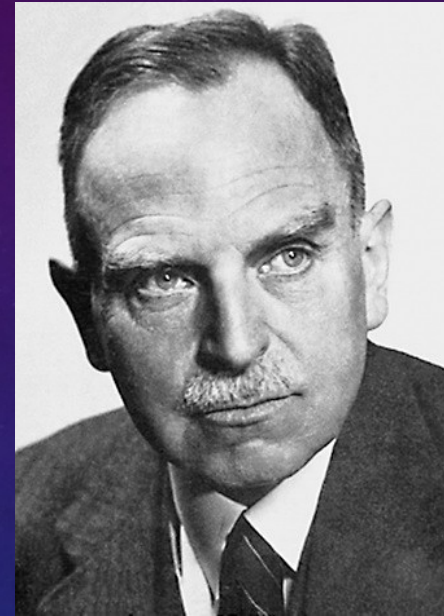
# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОДЕЛЕНИЯ $^{232}\text{Tl}$ И $^{238}\text{U}$

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ  
СТУДЕНТКИ 2 КУРСА МАГИСТРАТУРЫ  
ИВАНОВОЙ Н. В.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:  
К.Ф.-М.Н. ДОЦЕНТ КУЗНЕЦОВ А. А.

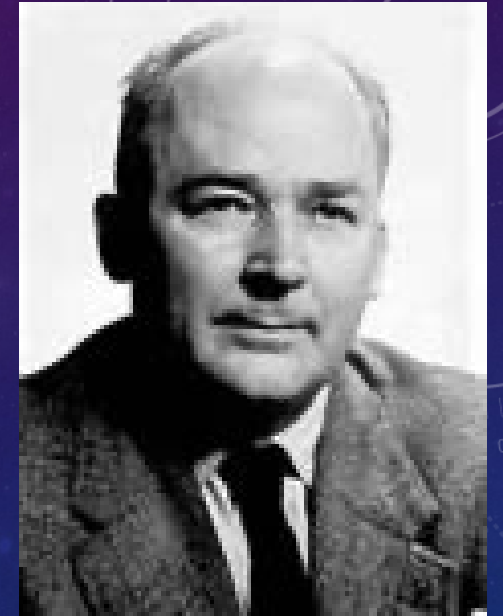
## Деление атомных ядер

Явление деления ядер урана при облучении нейтронами было открыто в 1939 г. Отто Ганном и Фрицем Штрассманом.

Основной целью настоящей работы является экспериментальное измерение выходов реакции фотоделения и фотонейтронной реакции на изотопах  $^{232}\text{Th}$  и  $^{238}\text{U}$  и сравнение с существующими экспериментальными данными, чтобы определить, почему сечения, измеренные в разных лабораториях, различаются.

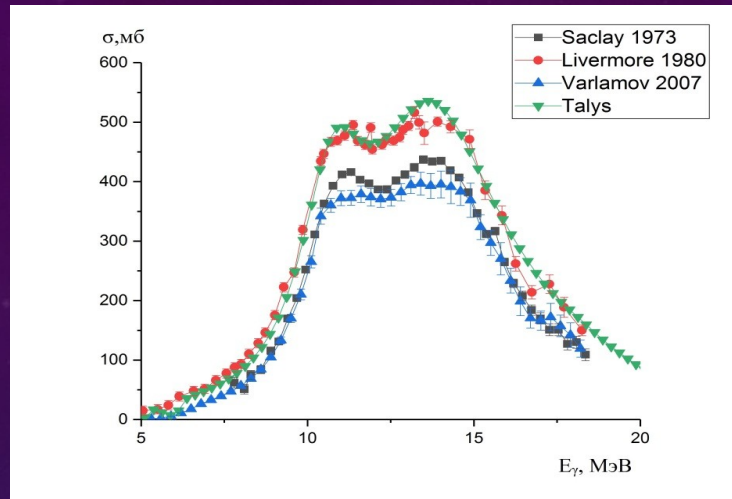


Отто Ган

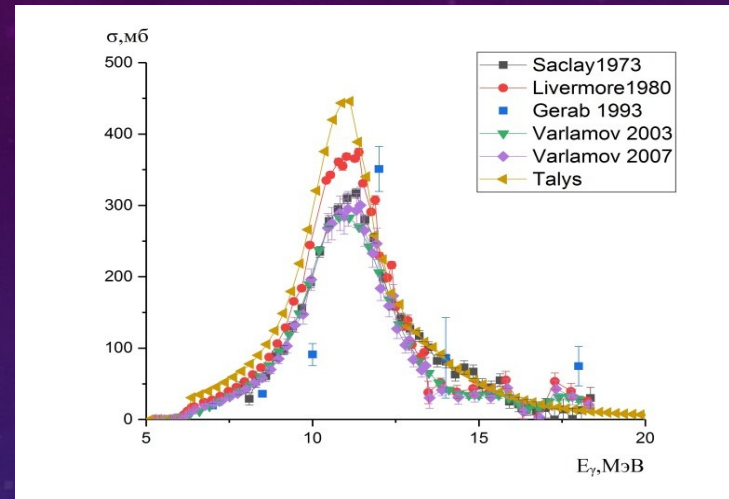


Фриц Штрассман

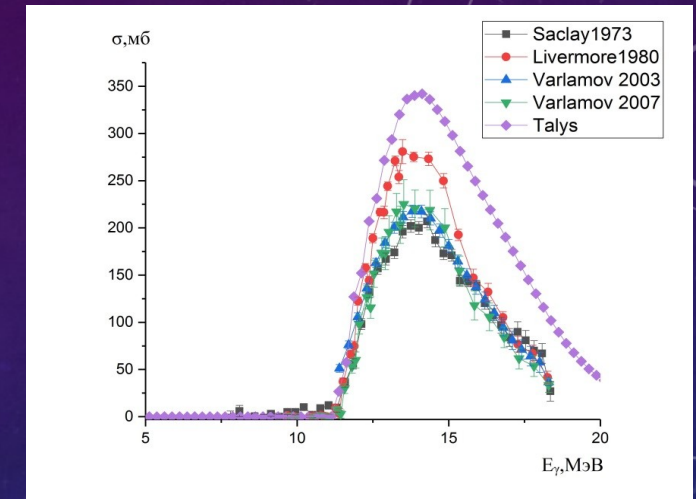
# Сечения фотоядерных реакций на $^{238}\text{U}$



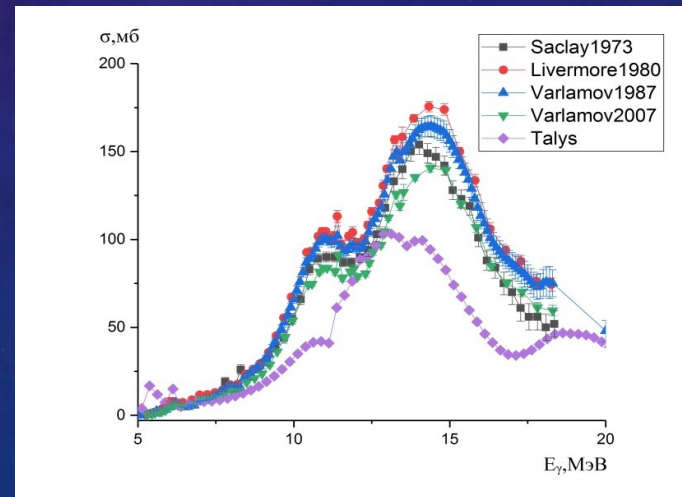
Сечения реакции полного фотопоглощения  $^{238}\text{U}$



Сечение реакции  $^{238}\text{U} + ^{237}\text{U}$

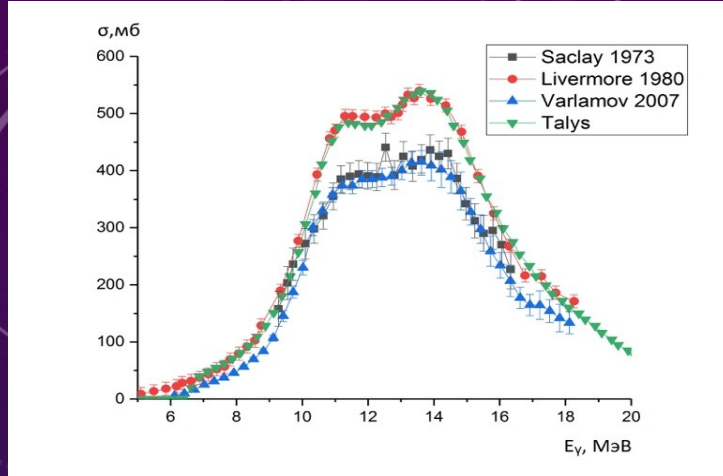


Сечение реакции  $^{238}\text{U} + ^{236}\text{U}$

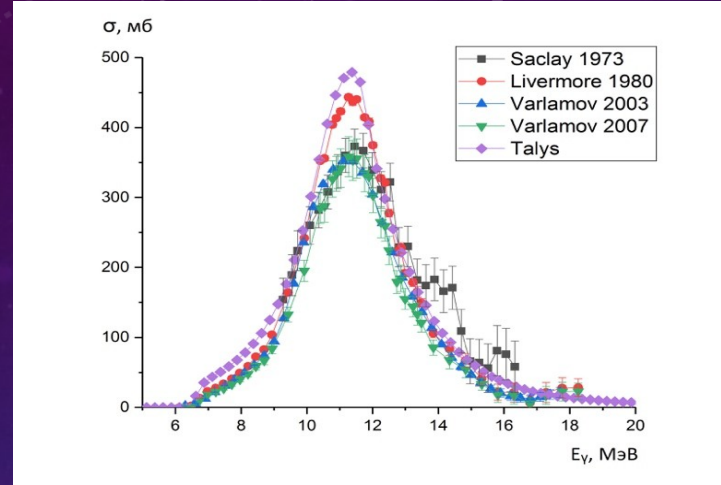


Сечение реакции  $^{238}\text{U}$

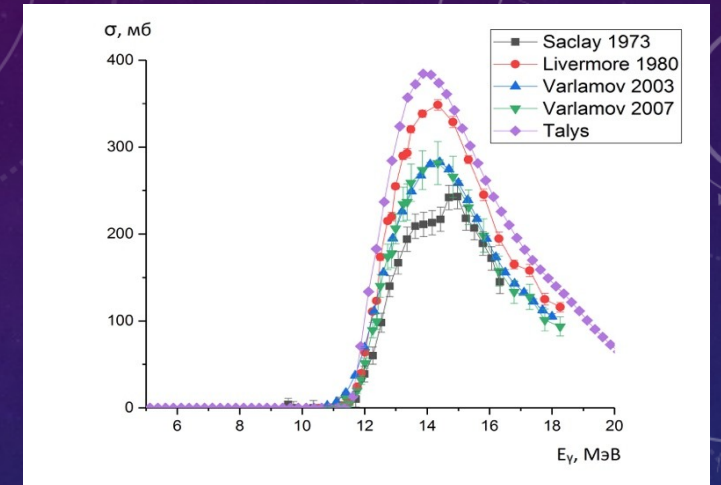
# Сечения фотоядерных реакций на $^{232}\text{Th}$



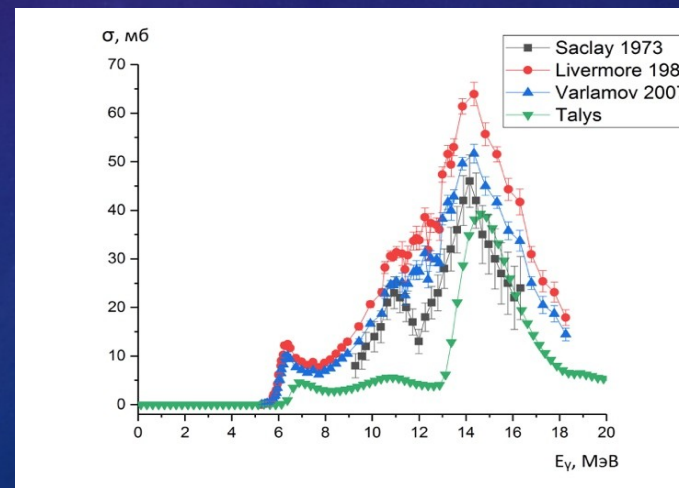
Сечения реакции полного  
фотопоглощения  $^{232}\text{Th}$



Сечение реакции  
 $^{232}\text{Th}(\gamma, n)^{231}\text{Th}$

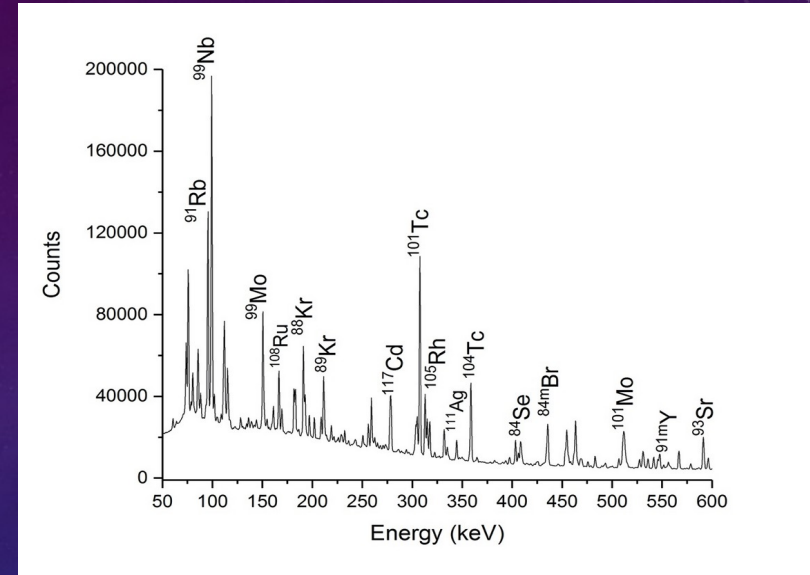
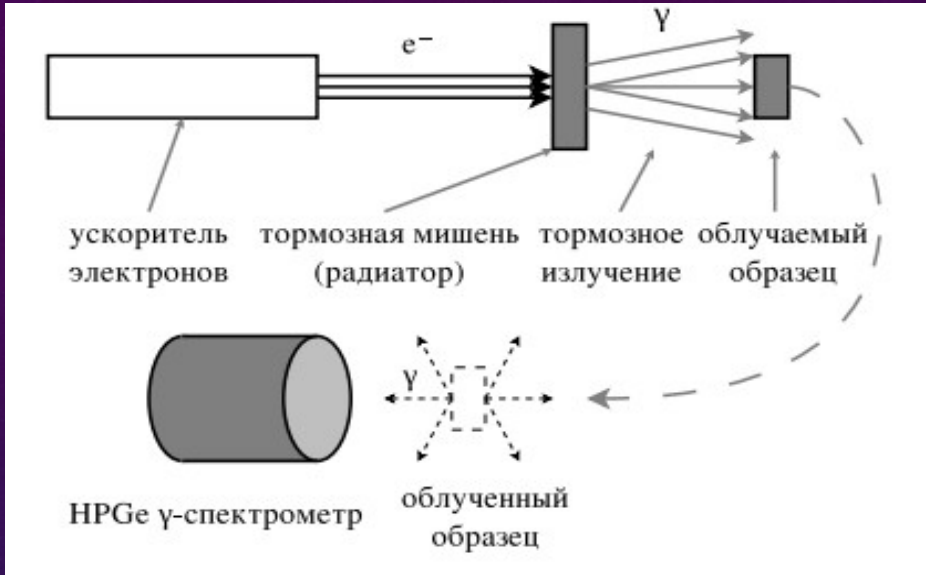


Сечение реакции  
 $^{232}\text{Th}(\gamma, 2n)^{231}\text{Th}$



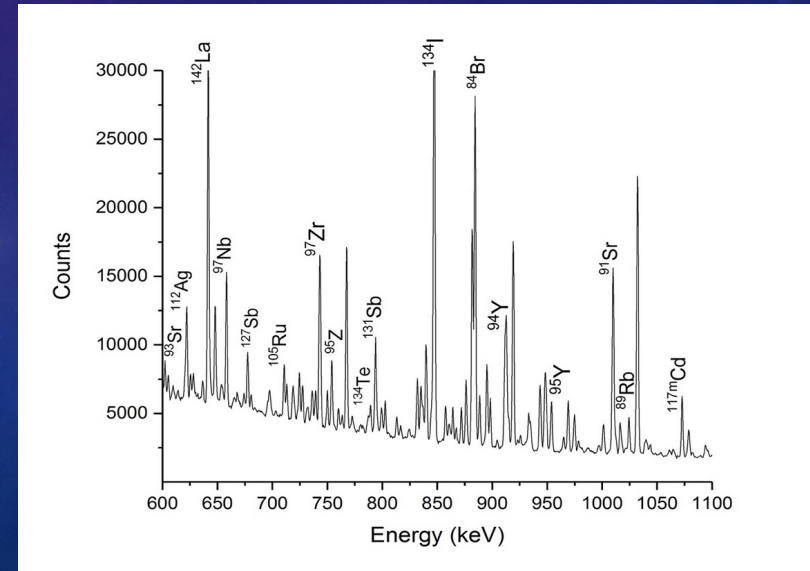
Сечение реакции  
 $^{232}\text{Th}$

# Методика проведения эксперимента



Спектр  $\gamma$ -квантов  
остаточной  
активности мишени  
 $^{238}\text{U}$

# Схема проведения эксперимента



Спектр  $\gamma$ -квантов  
остаточной  
активности мишени  
 $^{232}\text{Th}$

## Методика обработки данных

В результате эксперимента измерялись выходы фотоядерных реакций. Выход фотоядерной реакции представляет собой свертку сечения фотоядерной реакции с плотностью распределения числа тормозных фотонов с энергией на один электрон пучка ускорителя

$$Y = \alpha \eta \int_{E_{thr}}^{E_e} \phi(E_\gamma, E_e) \sigma(E_\gamma) dE_\gamma \quad (1)$$

процентное содержание исследуемого изотопа в естественной смеси

В расчетах выходов реакций необходимо учитывать оба канала образования ядра:

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1 + I(t) Y_1 \\ \frac{dN_2}{dt} = -\lambda_2 N_2 + \lambda_1 N_1 + I(t) Y_2 \end{cases} \quad (2)$$

Решение первого уравнения системы для выхода ядер, образующихся напрямую в результате фотоядерной реакции или после каскада  $\gamma$ -квантов:

$$Y = \frac{S}{Ck(e^{-\lambda_1(t_2-t_1)} - e^{-\lambda_1(t_2-t_1)})} \quad (3)$$

# Определение выхода реакции $^{238}\text{U}(\gamma,1n)^{237}\text{U}$



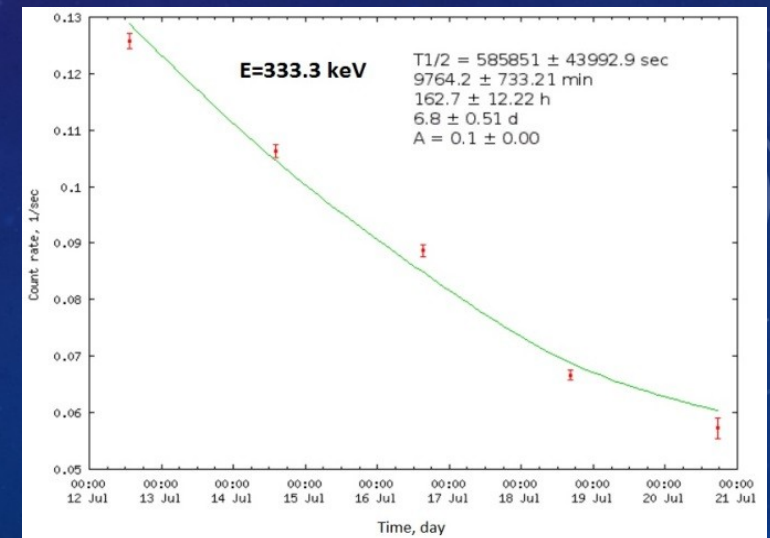
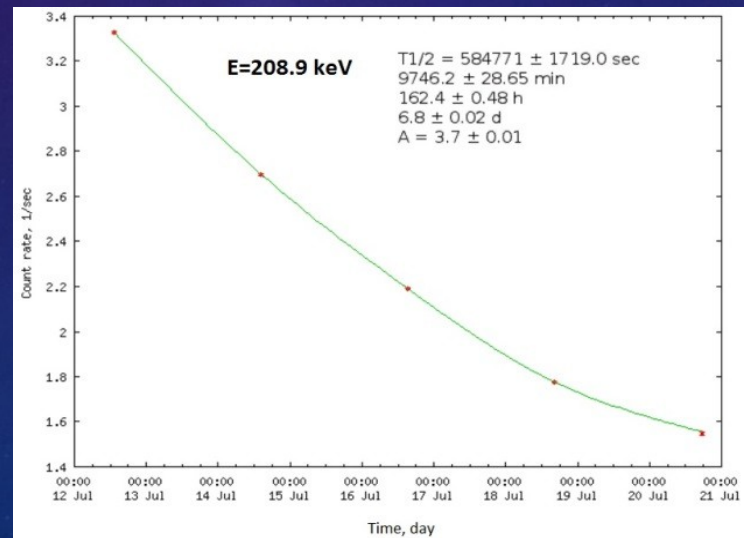
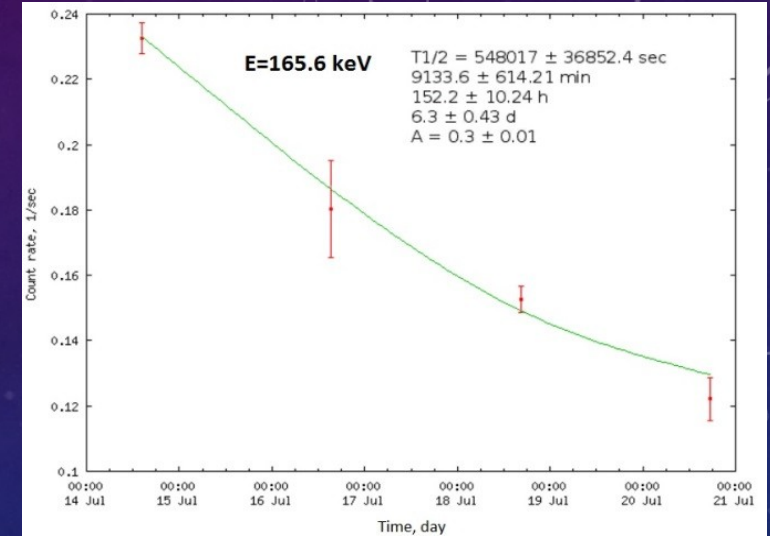
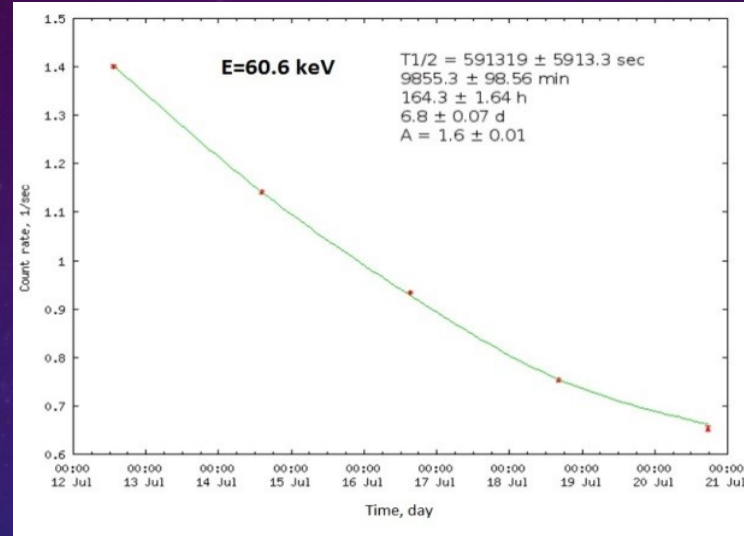
$^{237}_{92}\text{U}$	E	I $\gamma$ (%)	Y	[Y]=1/e
	59,541	34,5	8,08E+07	1,29E-05
	64,34	1,282	9,80E+08	1,57E-04
	165,12	1,86	8,82E+07	1,41E-05
	208,89	21,2	8,54E+07	1,37E-05
	268,38	0,712	9,49E+07	1,52E-05
	333,29	1,2	8,14E+07	1,30E-05

Выходы по отдельным  $\gamma$ -линиям  $^{237}_{92}\text{U}$ .

Схема распада изотопа  $^{237}_{92}\text{U}$ .

# Определение периодов полураспада для отдельных $\gamma$ -пиков при $\beta^-$ -распаде $^{237}_{92}\text{U}$ .

Аппроксимация кривых распада  $\gamma$ -пигов при распаде  $^{237}\text{U}$ .





# Определение выхода реакции $^{232}\text{Th}(\gamma, 1n)^{231}\text{Th}$

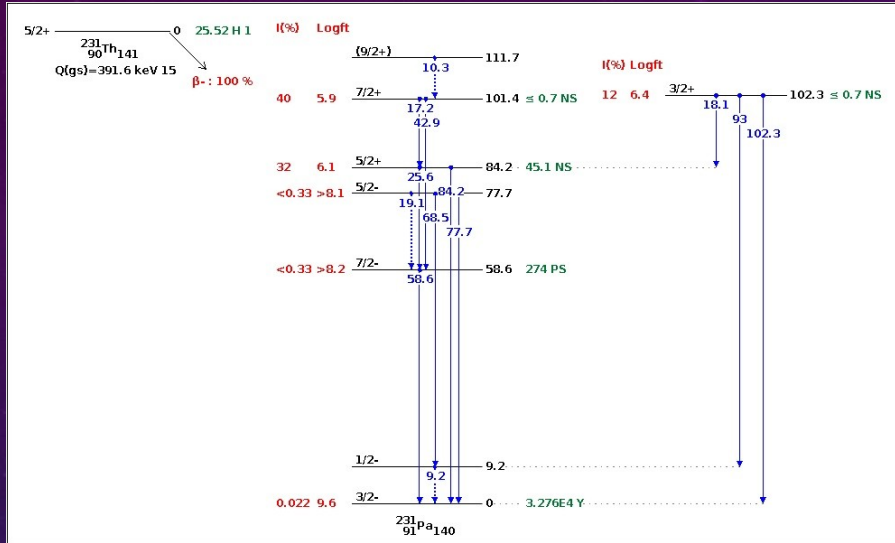
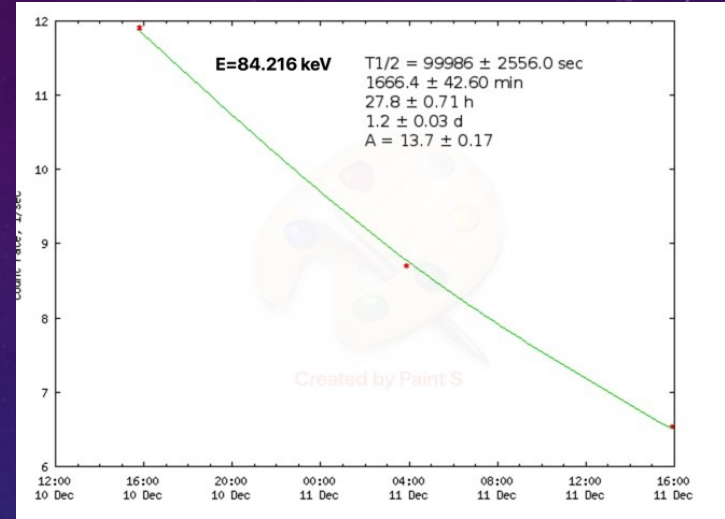


Схема распада изотопа



Определение периода полураспада для отдельного  $\gamma$ -пика при  $\beta^-$  распаде.

$^{231}_{90}\text{Th}$			
E	$I_{\gamma}(\%)$	Y	$[Y]=1/e$
84,216	6,6	4,38E+08	5.20E-05

Выходы по отдельной  $\gamma$ -линии

# Определение выхода реакции фотоделения

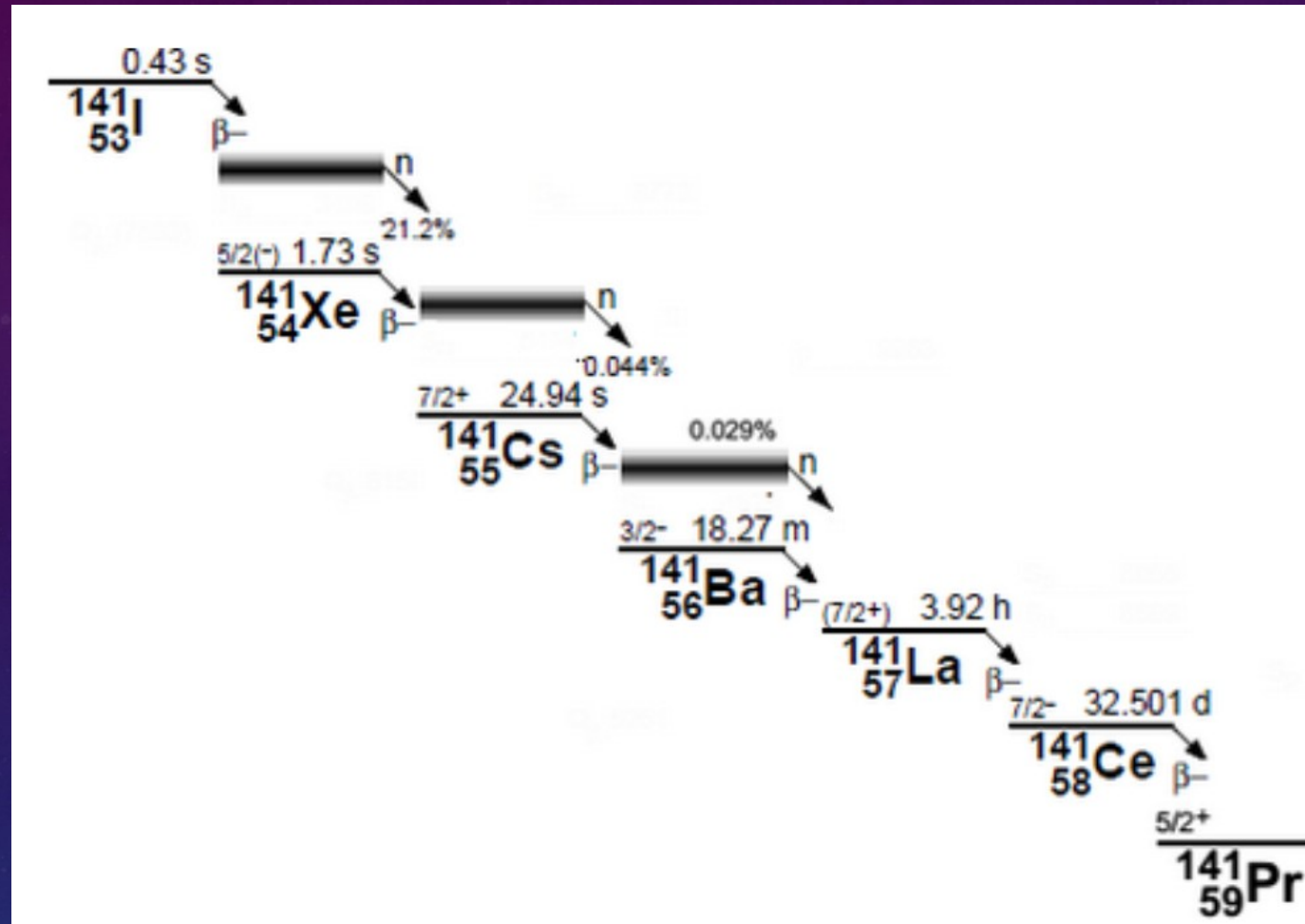
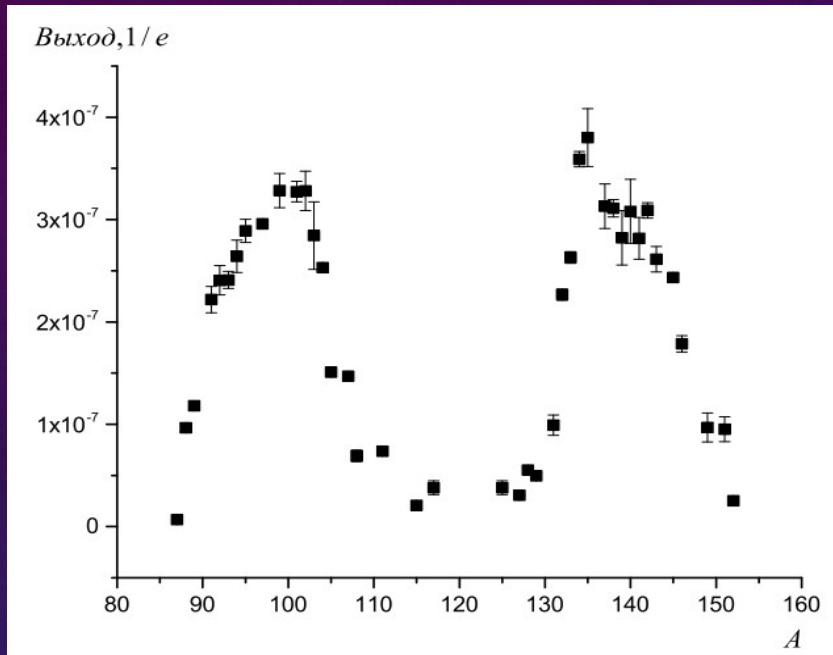
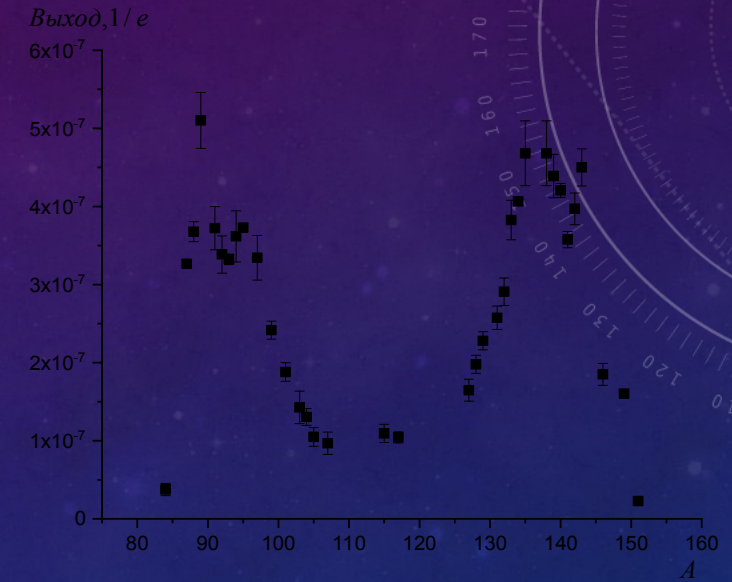


Схема распадов ядер – изобар с массовым числом  $A = 141$

# Массовые распределения

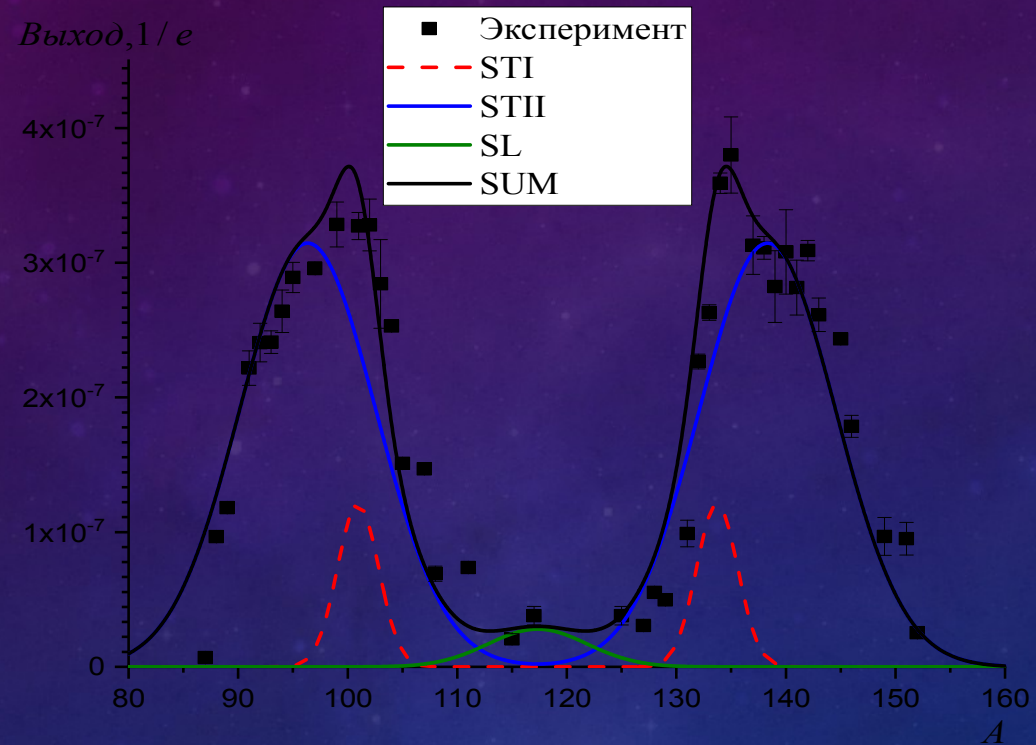


Массовое распределение фотоделения  $^{238}\text{U}$  при энергии тормозного спектра 55 МэВ

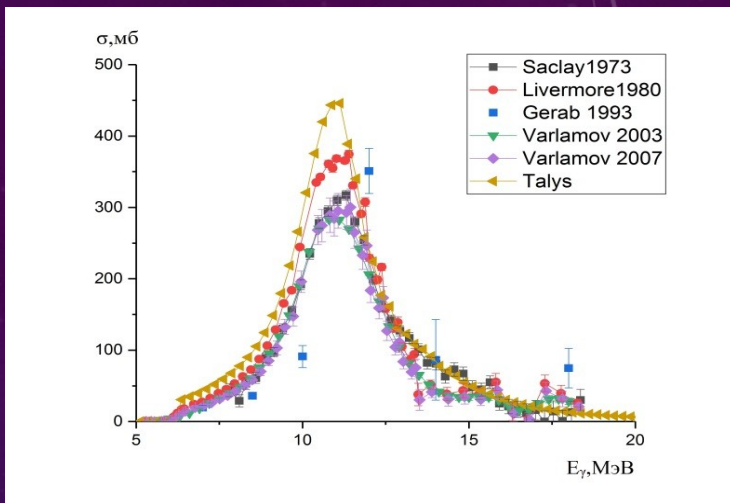


Массовое распределение фотоделения  $^{232}\text{Th}$  при энергии тормозного спектра 55 МэВ

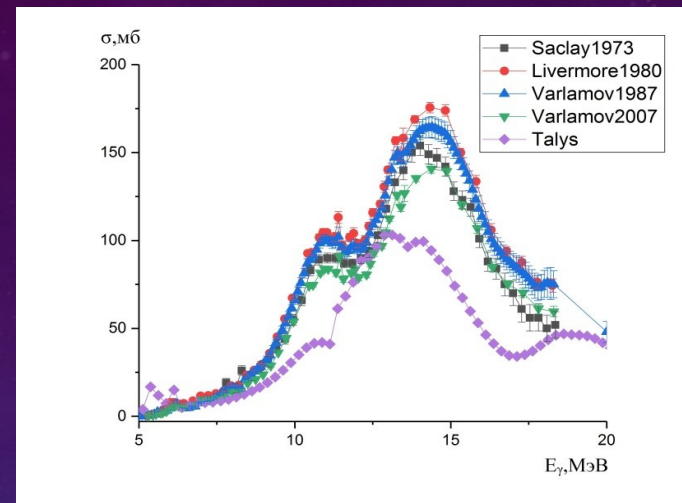
## Обсуждение результатов



Аппроксимация массового распределения фотоделения  $^{238}\text{U}$  пятью гауссовыми кривыми



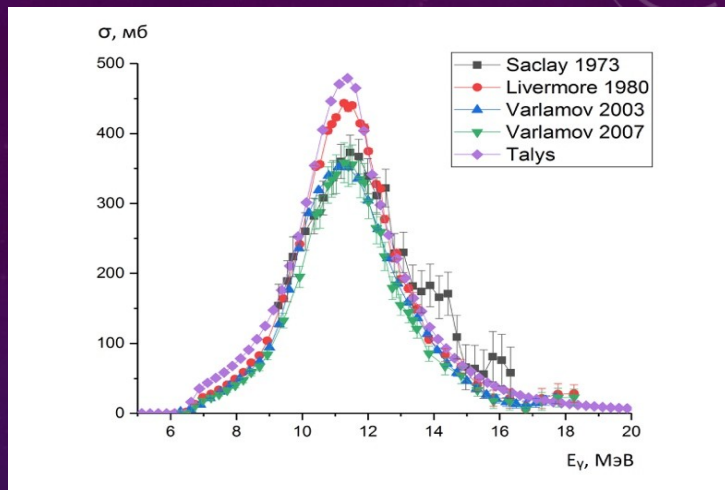
Сечение реакции  $^{238}\text{U}^{237}\text{U}$



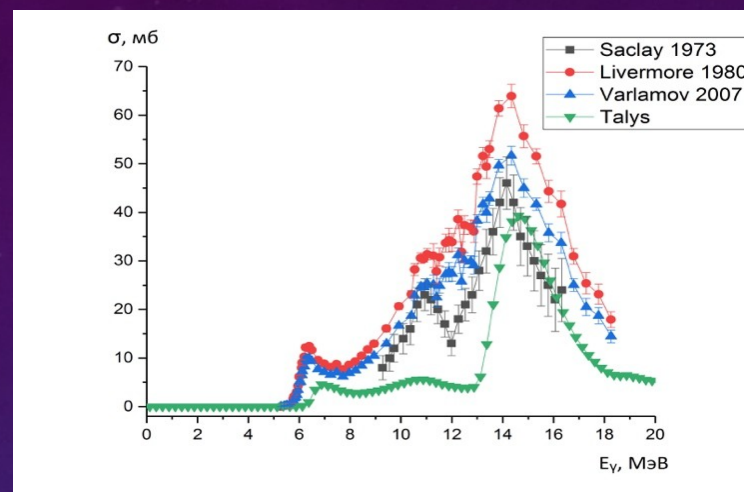
Сечение реакции  $^{238}\text{U}$

		[1]	[2]	[3]	TALYS
	$7.74 \pm 0.37$	6.83	8.40	6.74	9.98
	$5.63 \pm 0.30$	4.38	5.37	5.41	4.06
	$0.727 \pm 0.050$	0.641	0.639	0.803	0.481

Абсолютные выходы реакции и фотоделения и отношение выходов полученные в настоящей работе в сравнении с результатами работ в Сакле [1], Ливерморе [2], оцененными сечениями [3,4] и расчетами по программе TALYS при энергии электронов ускорителя 55 МэВ.



Сечение реакции  $^{32}\text{Th} (\gamma, n) ^{231}\text{Th}$



Сечение реакции  $^{232}\text{Th}$

		[1]	[2]	[4]	TALYS
	$5.20 \pm 0.38$	5.62	6.39	5.49	7.11
	$8.85 \pm 0.63$	6.21	12.3	9.99	5.38
	$0.170 \pm 0.015$	0.110	0.192	0.182	0.076

Абсолютные выходы реакции и фотоделения и отношение выходов полученные в настоящей работе в сравнении с результатами работ в Сакле [1], Ливерморе [2], оцененными сечениями [3,4] и расчетами по программе TALYS при энергии электронов ускорителя 55 МэВ.

## Заключение

Работа посвящена экспериментальному изучению фоторасщепления тяжелых ядер  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$ .

Цель работы – получить отношения между реакцией с вылетом одного нейтрона и реакцией фотоделения. Для этого были обработаны спектры остаточной активности облученных образцов из оксида урана и тория. Облучение проводилось на разрезном микротроне РМ55 НИИЯФ МГУ при энергии облучения 55 МэВ. В спектрах остаточной активности, измеренных после облучения на детекторе из сверхчистого германия, были обнаружены и расшифрованы гамма-пики, связанные с распадами радиоактивных ядер, образовавшихся при облучении. Было расшифровано более 200 пиков в каждом случае и определены выходы около 40 различных ядер. По рассчитанным выходам были построены массовые распределения фотоделения  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$ . Из массовых распределений определены полные выходы реакции фотоделения. Выполнено сравнение с выходами, рассчитанными из экспериментальных сечений, полученных в Сакле и Ливерморе, оцененных и теоретических сечений.

Спасибо за внимание