

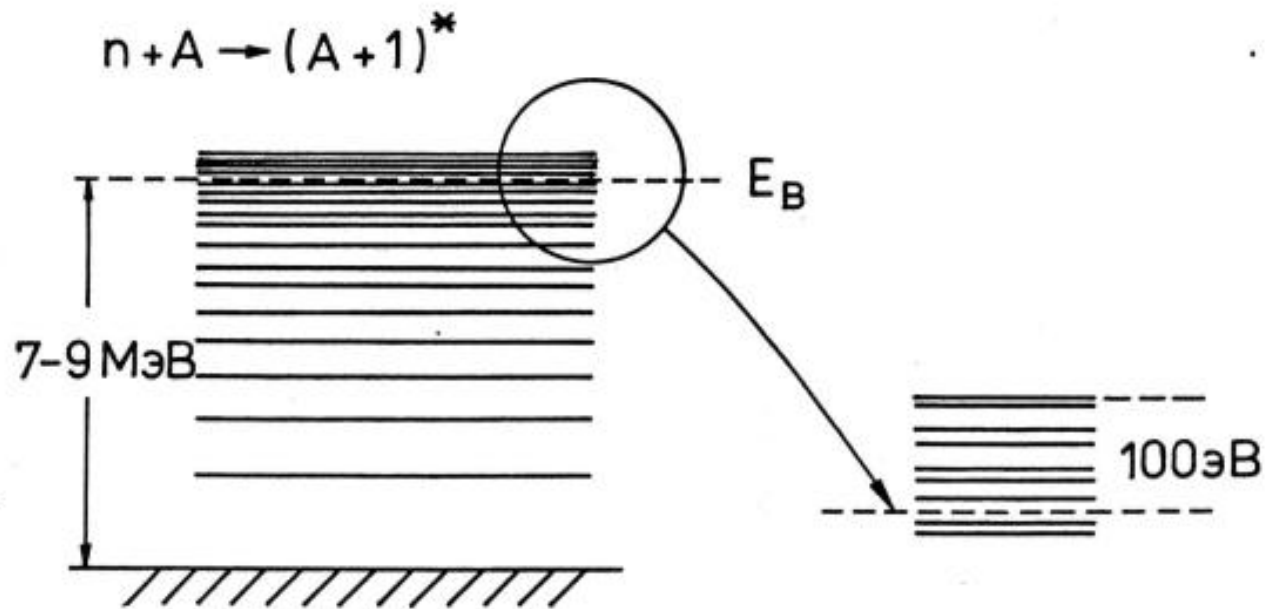
Учет влияния неопределенностей в значениях параметров резонансов и конечного интервала интегрирования при обработке резонансов для неразрушающего анализа элементного и изотопного состава образцов методами нейтронной резонансной спектроскопии

Лаборатория нейтронной физики имени И.М. Франка

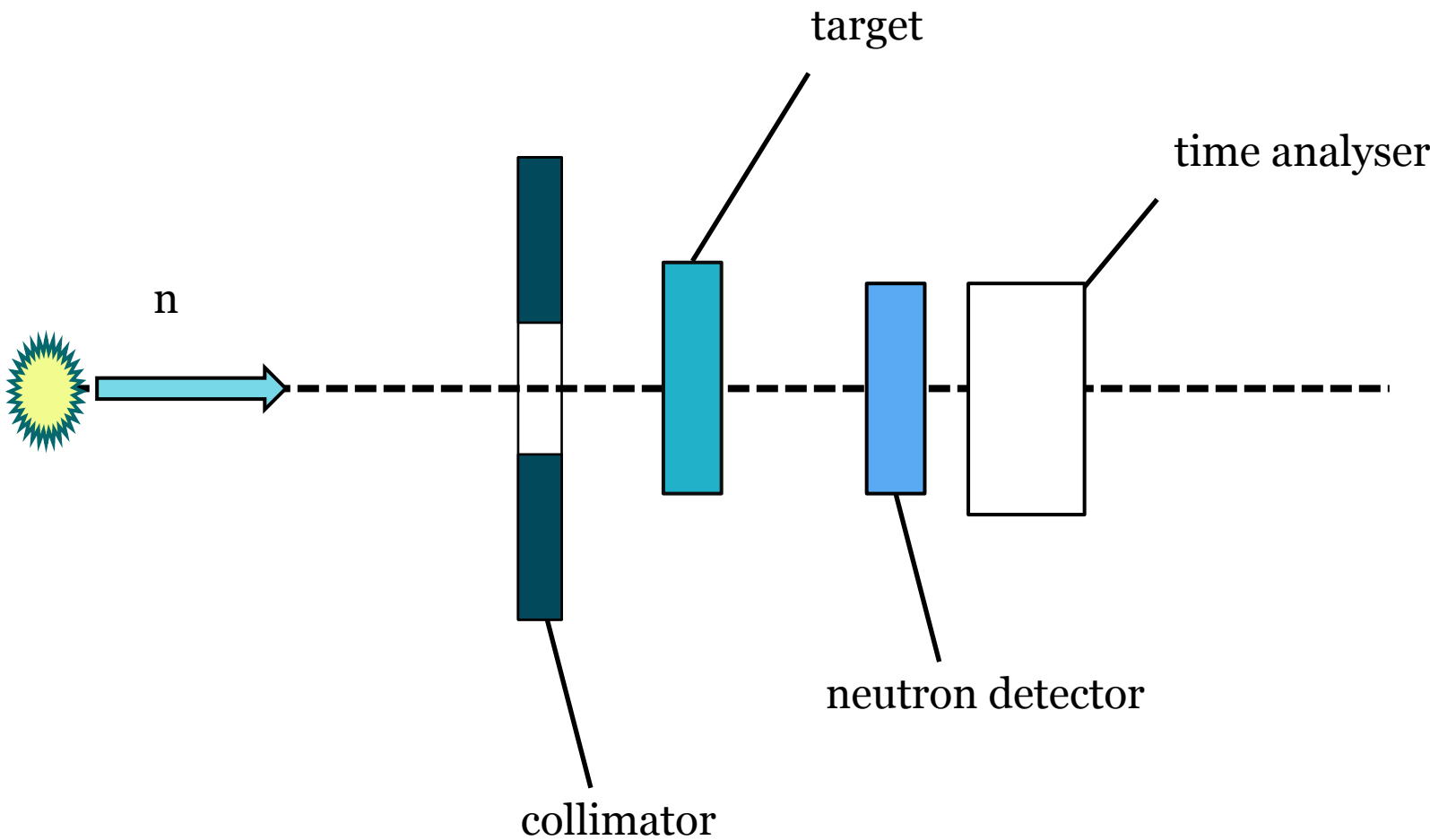
Н.В. Бажажина, П.В. Седышев, А.М. Ергашов

2016

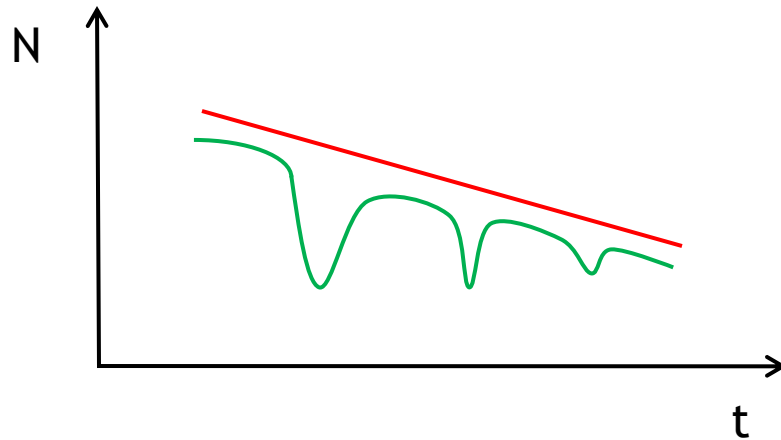
Excited states of compound nucleus



Neutron transmission measurement



Neutron transmission measurement



- N_0 - spectrum without a sample
- N - spectrum with a sample
- n - sample thickness (nuclei/cm²)
- σ_t - total cross section

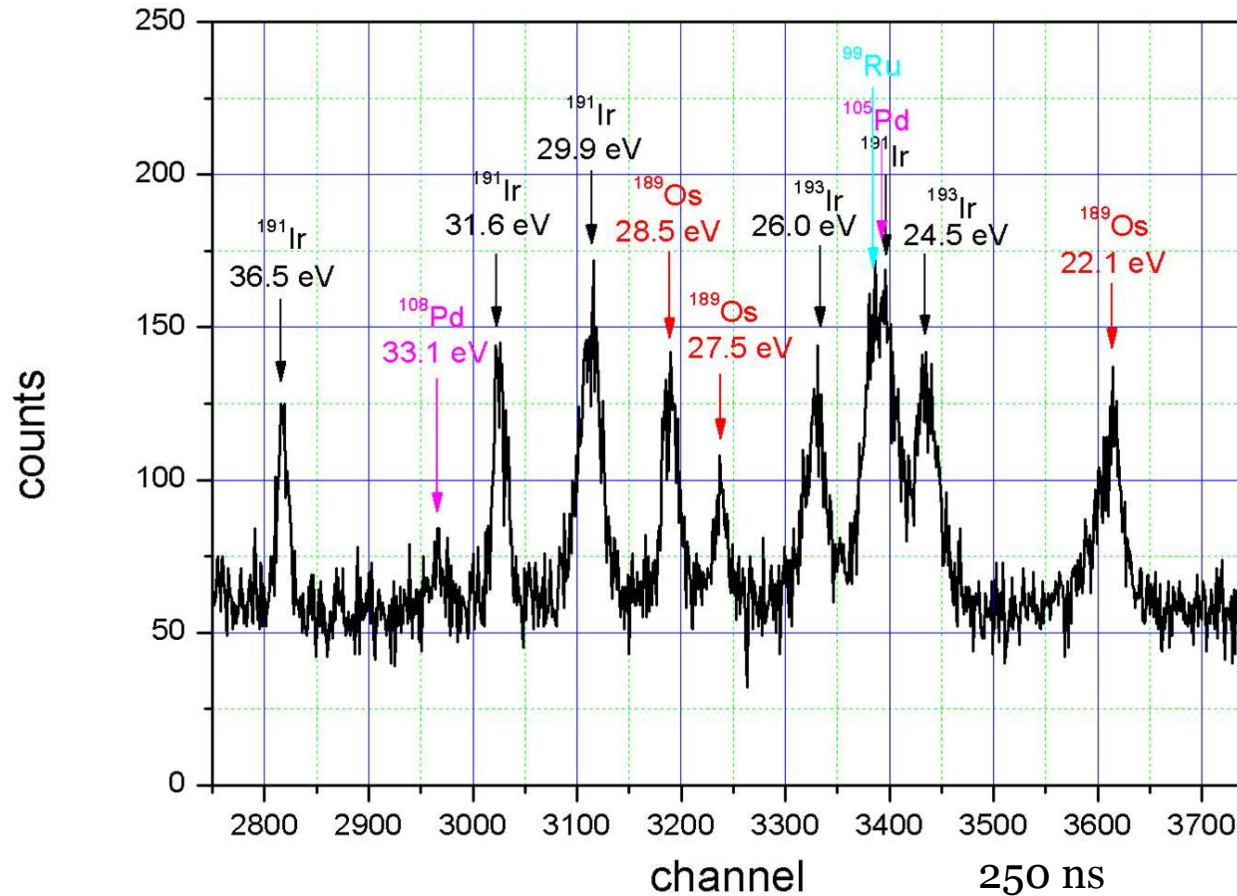
Transmission

$$T = \frac{N}{N_0} = e^{-n\sigma_t}$$

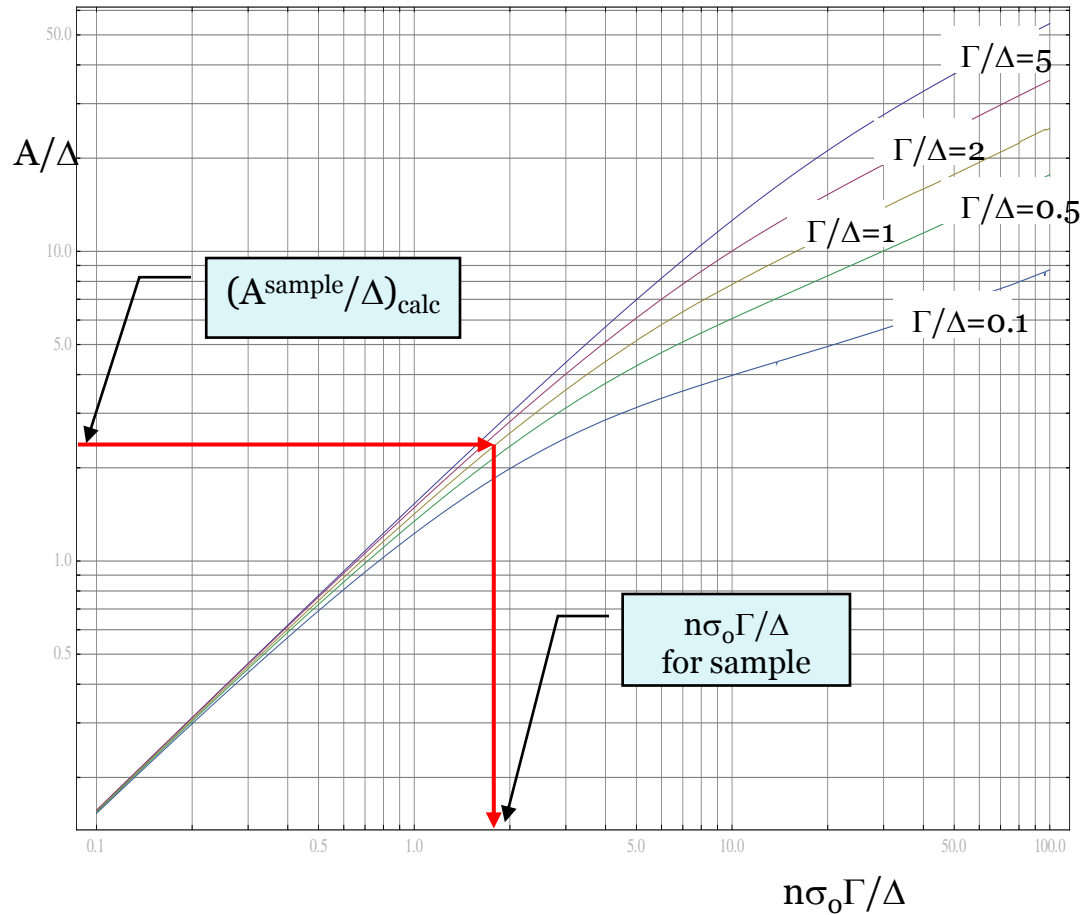
Resonance area on the transmission curve

$$A = \int_{-\infty}^{\infty} [1 - T(E)] dE$$

Time-of-flight spectrum for sample from Mongolia



Used curves for the analysis of neutron resonances



The resonance area on the transmission curve

$$A = \int_{-\infty}^{+\infty} [1 - T(E)] dE = \int_{-\infty}^{+\infty} [1 - \exp[-n\sigma(E)]] dE$$

The average capture cross-section $\sigma(E) = \sigma_0 \Psi(\beta, x)$

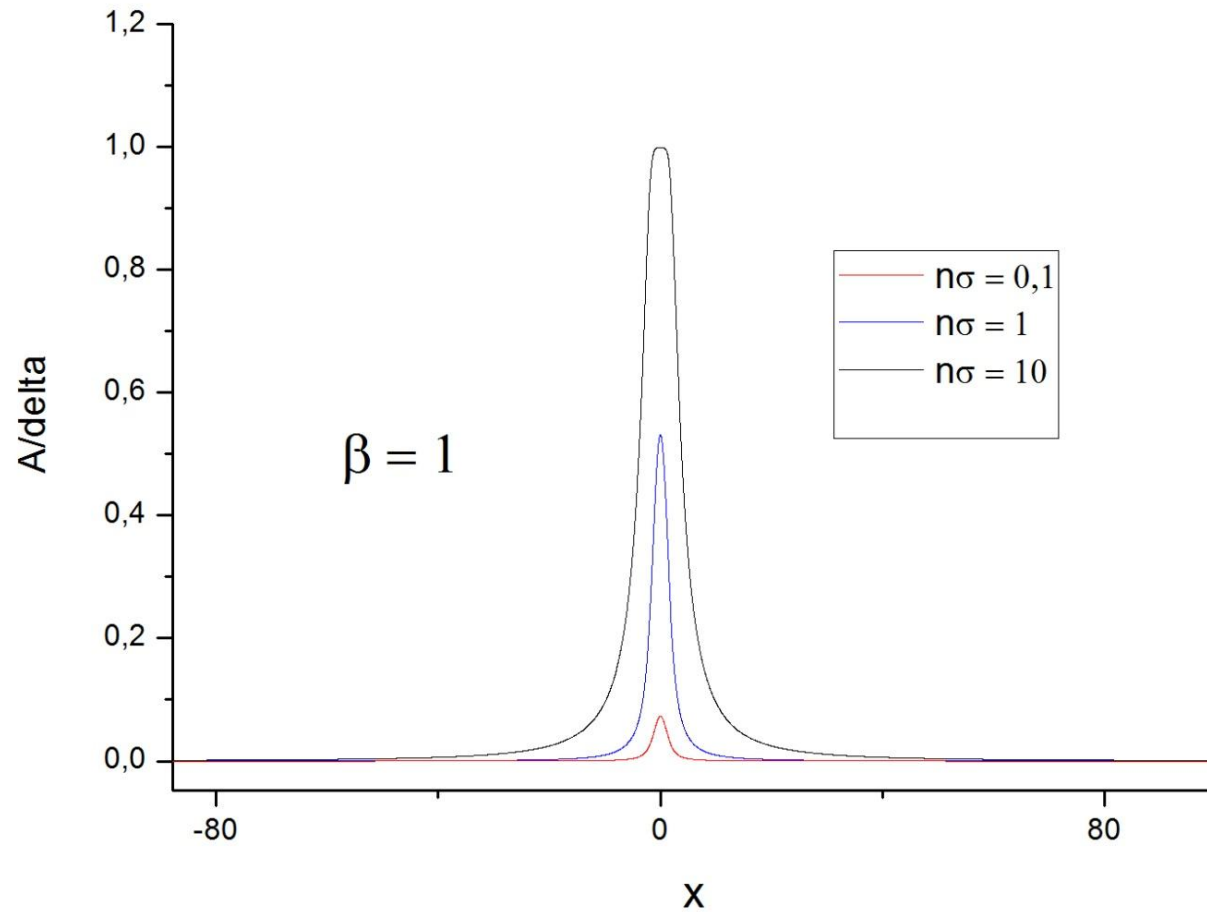
$$\Psi(\beta, x) = \frac{1}{\beta\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} (1 + y^2)^{-1} \exp\left[-\frac{(x - y)^2}{\beta^2}\right] dy$$

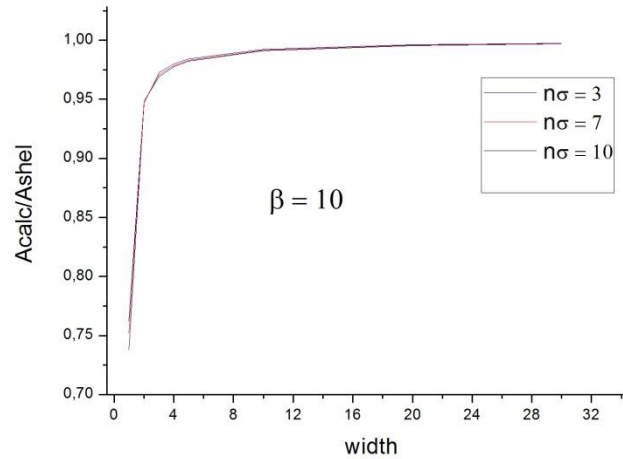
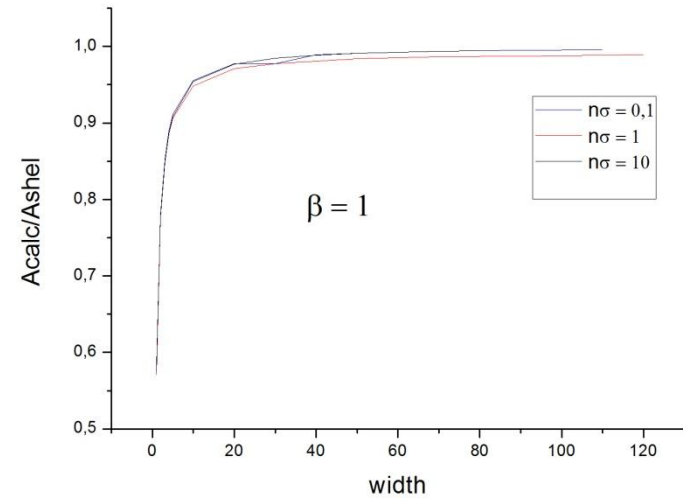
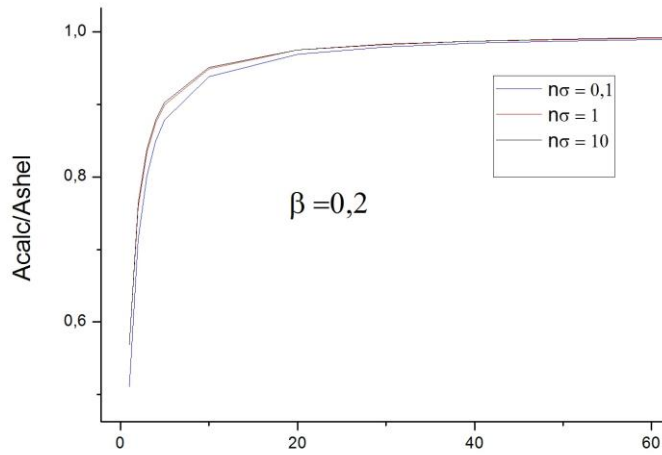
$$x = \frac{2(E - E_0)}{\Gamma}; y = \frac{2(E' - E_0)}{\Gamma}; \beta = \frac{2\Delta}{\Gamma} \quad \Delta = 2(mE_0 k \frac{\theta}{M})^{1/2}$$

Δ - Doppler broadening, m - neutron mass, M - nuclear mass, k - Boltzmann's constant, θ - Debye temperature of sample.

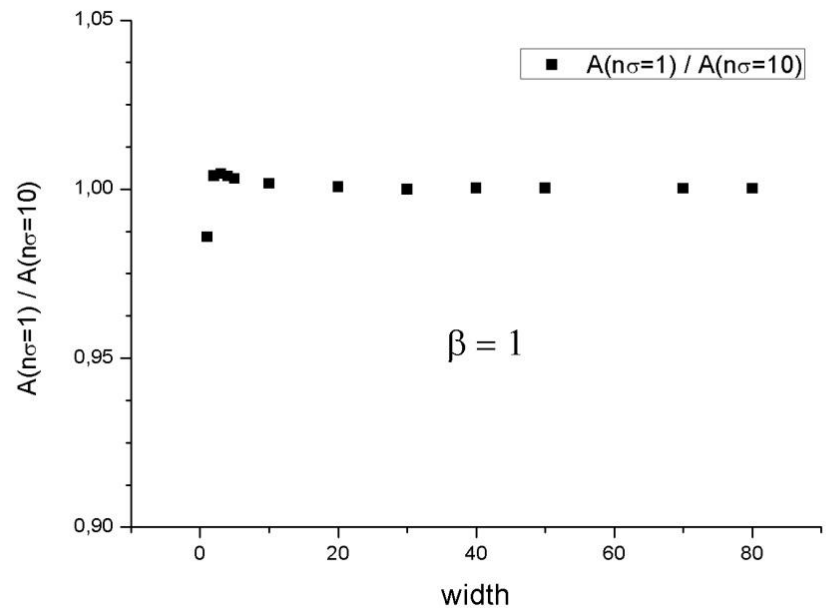
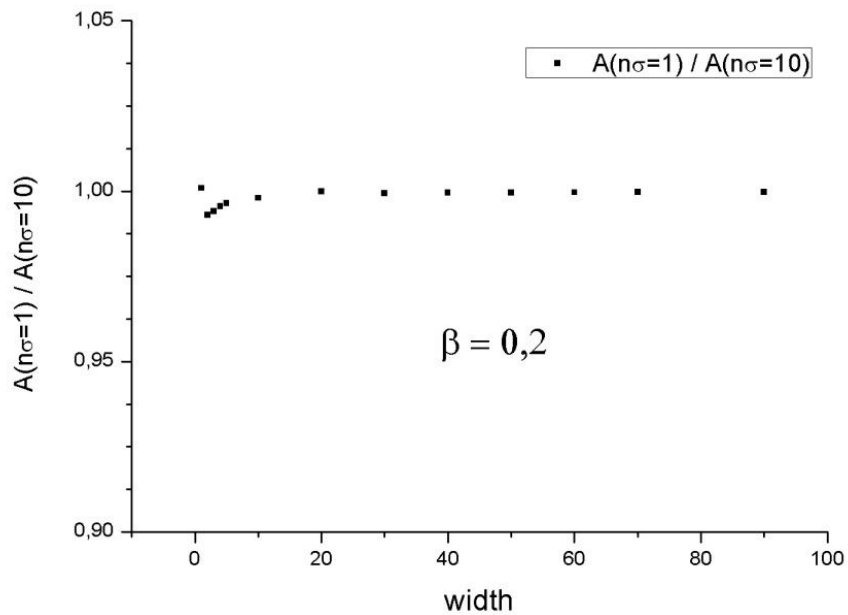
$$\frac{A_E(n\sigma_0; \beta)}{\Delta} = \frac{1}{\beta} \int_{-\infty}^{+\infty} [1 - \exp[-n\sigma_0 \Psi(\beta, x)]] dx$$

The form of a resonance curve for various $n\sigma$



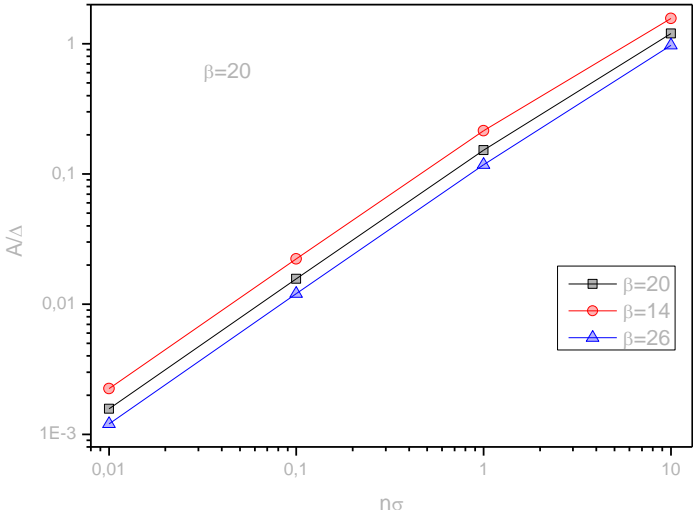
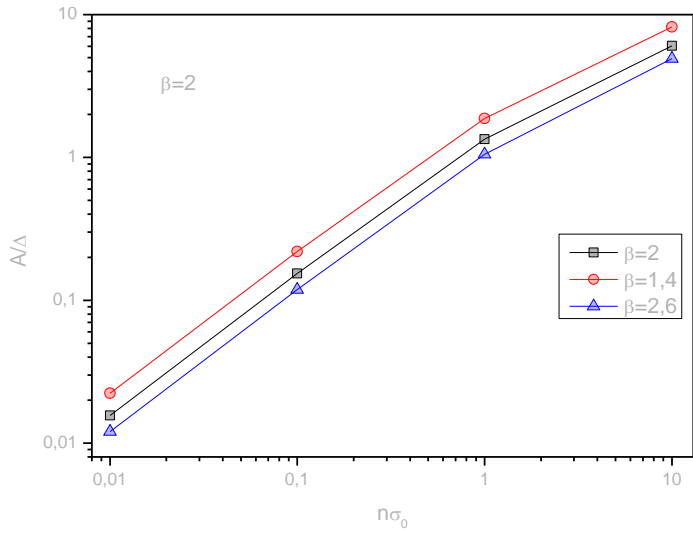
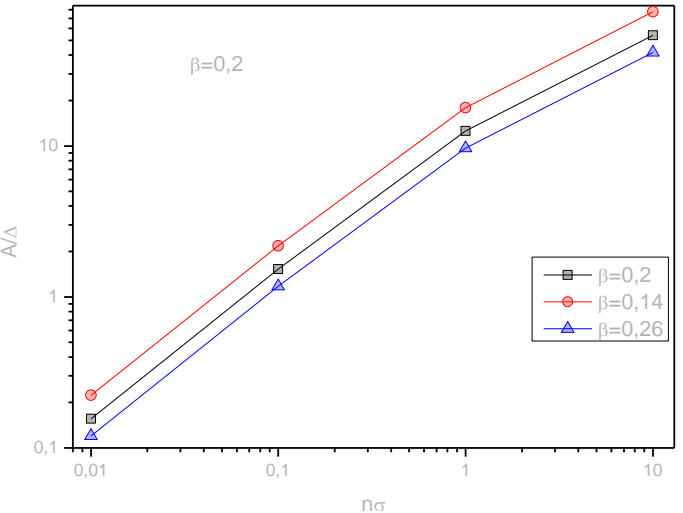


Comparison of the resonance area on the transmission curve in the various finite intervals of integration with the same quantity in infinite interval of integration. For various contributions of Doppler broadening and for various thickness of a sample.



The ratio of values of the resonance area on the transmission curve in the various finite intervals for different sample thickness and for the same contributions of Doppler broadening

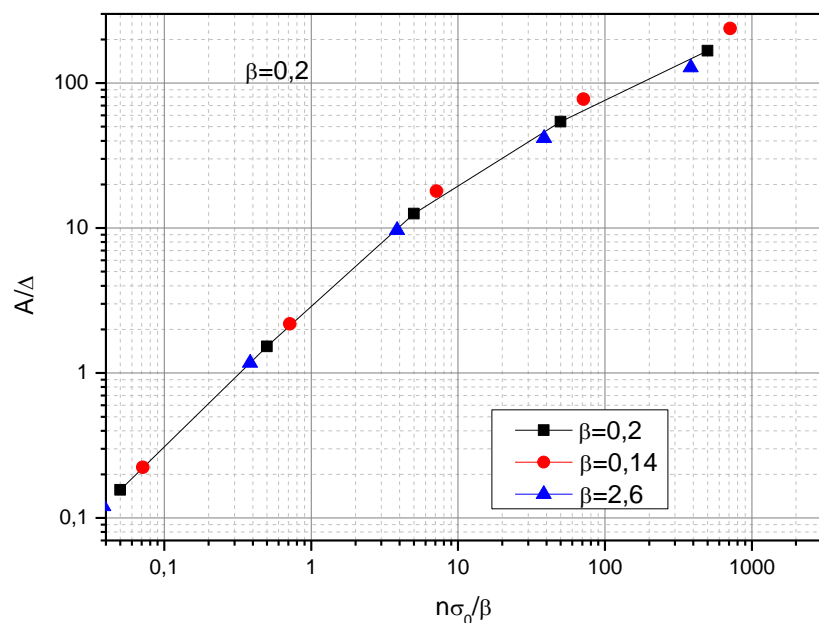
Исследование влияния неопределенностей в резонансных параметрах на результат



Зависимости отношения площади провала над кривой пропускания от толщины образца, при $\beta = 0,2$ и отклонении $\beta \pm 30\%$.

В данных случаях отклонение в значении $\frac{A}{\Delta}$ достигают 43%.

Зависимость площади провала на кривой пропускания от толщины образца, при $\beta = 0,2$ и отклонением $\beta \pm 30\%$ (посчитано дополнительная точки с $n\sigma = 100$).



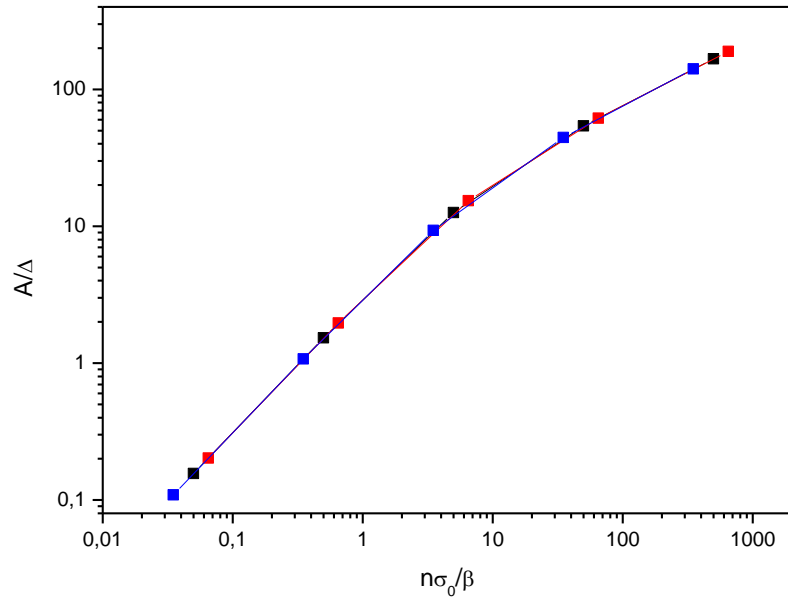
$$\sum N = f(E_0) \cdot S \cdot t \cdot \varepsilon_\gamma \cdot \frac{\Gamma_\gamma}{\Gamma} A$$

$$A_x = \frac{\sum N_x \cdot M_s \cdot S_s \cdot A_s}{\sum N_s \cdot M_x \cdot S_x}$$

$$\sigma_0 = 4\pi\lambda^2 g \frac{\Gamma_n}{\Gamma}$$

$n\sigma_0 / \beta$ $\beta=0,2$	A / Δ $\beta=0,2$	$n\sigma_0 / \beta$ $\beta=0,14$	A / Δ $\beta=0,14$	$n\sigma_0 / \beta$ $\beta=0,26$	A / Δ $\beta=0,26$	A / A_{\min} $\beta=0,2$	A / A_{\min} $\beta=0,14$	A / A_{\min} $\beta=0,26$
0,05	0,1562	0,0714	0,2231	0,0386	0,1202	1	1	1
0,5	1,5278	0,7143	2,1824	0,3846	1,1754	9,78168	9,7808	9,7827
5	12,56	7,1429	17,928	3,8461	9,6725	80,4148	80,347	80,503
50	54,16	71,429	77,318	38,462	41,7	346,757	346,515	346,066
500	166,84	714,29	238,33	384,62	128,36	1068,18	1068,12	1067,33

Случай когда погрешности полной, нейтронной и гамма ширин не пропорциональны.
 β постоянная σ_0 варьируется.



Зависимость A/Δ от $n\sigma = 1$ и $n\sigma \pm 30\%$, при $\beta=0,2$

$$\sigma_0 = 4\pi\hat{\lambda}^2 g \frac{\Gamma_n}{\Gamma}$$

$$\frac{A(n\sigma_0, \beta)}{\Delta} = \frac{1}{\beta} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[1 - e^{-n\sigma_0 \Psi(\beta, x)} \right] dx$$

$n\sigma/\beta$ $\beta=0,2$	A/Δ $\beta=0,2$	$n\sigma/\beta$ $\sigma+30\%$	A/Δ $\sigma+30\%$	$n\sigma/\beta$ $\sigma-30\%$	A/Δ $\sigma-30\%$	A / A_{\min}	A / A_{\min} $\sigma+30\%$	A / A_{\min} $\sigma-30\%$
0,05	0,15619	0,065	0,20225	0,035	0,10907	1	1	1
0,5	1,5278	0,65	1,9654	0,35	1,0738	9,78168	9,71768	9,84505
5	12,56	6,5	15,367	3,5	9,3067	80,41488	75,9802	85,32777
50	54,16	65	61,405	35	44,483	346,7572	303,609	407,839
500	166,84	650	188,75	350	140,8	1068,186	933,251	1290,914

Заключение

Проделаны расчеты для исследования влияния конечности интервала интегрирования резонансной кривой на конечный результат. Расчеты показали, что при относительных измерениях конечность интервалов интегрирования на результат практически не влияют, если суммирование отсчетов под резонансом проводить в одних и тех же пределах для исследуемого образца и стандарта.

Проделаны расчеты для исследования влияния неопределенности в значениях резонансных параметров на конечный результат. Влияние неопределенности в полной нейтронной ширине в 30% приводит к неопределенности в определении содержания изотопа порядка 1%, когда отклонения в значениях полной, нейтронной и гамма ширин от истинного пропорциональны. ($\sigma_0 - \text{const}$).

В случае когда полная ширина определена точно, а отклонение в нейтронной ширине составляет 30% отклонение в конечном результате достигает 20%.