

Регистрация монохроматических гамма-квантов детектором из сверх-чистого германия

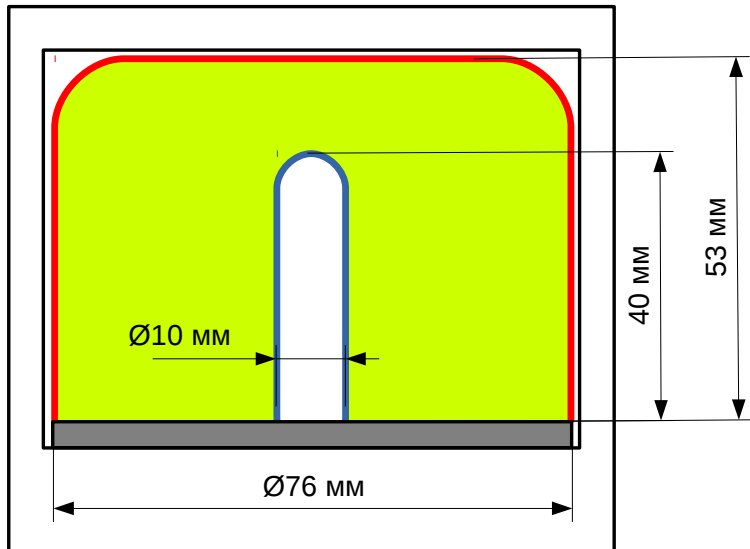
В. Н. Жилич, В. В. Каминский, Н. Ю. Мучной¹

ИЯФ СО РАН

19 марта 2019 г.

¹muchnoi@inp.nsk.su

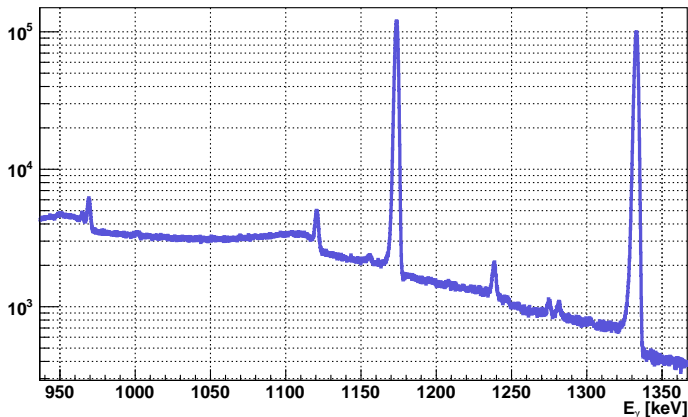
Коаксиальный HPGe детектор *p*-типа



Фрагмент спектра ^{60}Co (0.175 кэВ/канал)

$$\omega_1 = 1173.228 \text{ кэВ}, \omega_2 = 1332.492 \text{ кэВ}.$$

porridge: 2019.02.26 [15:51:45 - 20:02:12] 2019.03.02. Live-time: 96 hours 53 min 57 s (100 files).



Описание формы пика полного поглощения

$$A(x) = \begin{cases} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma_R^2}\right] & \text{если } x > 0; \\ \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma_L^2}\right] & \text{если } -\kappa\sigma_L < x \leq 0; \\ \exp\left[\frac{\kappa x}{\sigma_L} + \frac{\kappa^2}{2}\right] & \text{если } x \leq -\kappa\sigma_L. \end{cases}$$

$$\frac{\sigma_L}{\kappa} \exp\left[-\frac{\kappa^2}{2}\right] + \sqrt{\frac{\pi}{2}} \left(\sigma_L \operatorname{erf}\left[\frac{\kappa}{\sqrt{2}}\right] + \sigma_R \right)$$

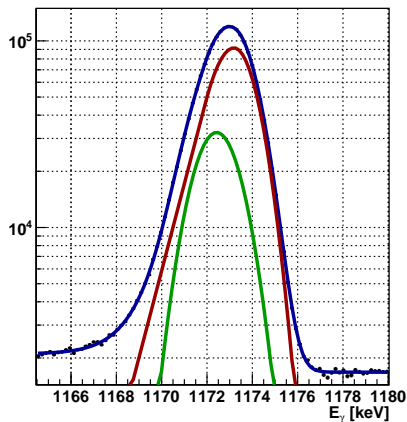
$$S(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right] \quad C(x) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left[\frac{x}{\sqrt{2}\sigma}\right]$$

Итоговая функция:

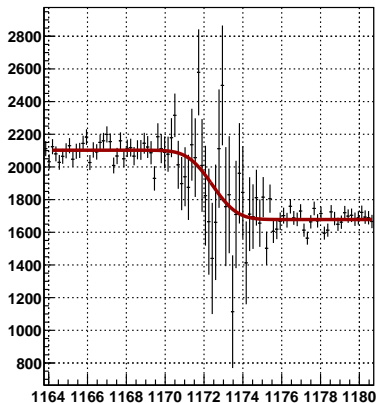
$$f(\omega) = A_{ta} [0.75 A(\omega - \omega_A) + 0.25 S(\omega - \omega_S)] + A_{cs} C(\omega - \omega_S) + B.$$

Подгонка пика полного поглощения

^{60}Co (1173.228 keV) $\chi^2/\text{ndf} = 99.7/89$



^{60}Co (1173.228 keV) $\chi^2/\text{ndf} = 99.7/89$



$$A_{ta}(0.75A(E_\gamma) + 0.25S(E_\gamma))$$

$$A_{cs}C(E_\gamma) + B$$

Откуда берётся ступенька?

Скорость набора событий в пике полного поглощения:

$$\dot{N}_0 = \dot{N} \epsilon.$$

Если перед детектором поставить пластину толщиной D :

$$\dot{N}_D = \dot{N}_0 \exp(-D/X_0).$$

Часть фотонов рассеивается в мишени на малый угол, что приводит к наличию "ступеньки" под фотопиком

$$\dot{S}_D = \rho D \dot{N}_D \frac{d\sigma_c}{d\omega}.$$

Можно измерить сечение: $\frac{d\sigma_c}{d\omega} = \frac{1}{\rho D} \left(\frac{\dot{S}_D}{\dot{N}_D} - \frac{\dot{S}_0}{\dot{N}_0} \right).$

Результаты

Плотность электронов в мишени (алюминий $D = 68$ мм)
 $\rho D = 5.325 \cdot 10^{24}$ [см⁻²].

- ▶ $\omega = 1173.228$ кэВ: $d\sigma/d\omega' = 0.195 \pm 0.028$ мбарн/кэВ;
- ▶ $\omega = 1332.492$ кэВ: $d\sigma/d\omega' = 0.168 \pm 0.019$ мбарн/кэВ.

Дифференциальное по энергии рассеянного фотона ω' сечение комптоновского рассеяния фотона с энергией ω , для случая $\omega' = \omega$ (угол рассеяния равен нулю):

$$\frac{d\sigma_c}{d\omega'} = 2\pi r_e^2 \frac{m}{\omega^2}.$$

- ▶ $\omega = 1173.228$ кэВ: $d\sigma/d\omega' = 0.18522458$ мбарн/кэВ,
- ▶ $\omega = 1332.492$ кэВ: $d\sigma/d\omega' = 0.14359332$ мбарн/кэВ.

Результаты

Используя измеренное отношение \dot{S}_0/\dot{N}_0 , можно оценить толщину германия D_{Ge} , необходимую для получения наблюдаемой ступеньки за счет комптоновского рассеяния на малый угол.

Получаем $D_{Ge} = 4.90 \pm 0.14$ см и $D_{Ge} = 5.00 \pm 0.13$ см для линий 1173 кэВ и 1332 кэВ соответственно.