

Резонансные реакции с антинейтрино

Отчет о научно-исследовательской работе

Научный руководитель: доктор физ.-мат. наук, Криворученко Михаил Иванович

Студент: Скворцов Павел Александрович, Б22-102

Введение

В прошлой работе уже рассказывалось о резонансных реакциях с антинейтрино

Процесс в реакторе (бета-
распад)

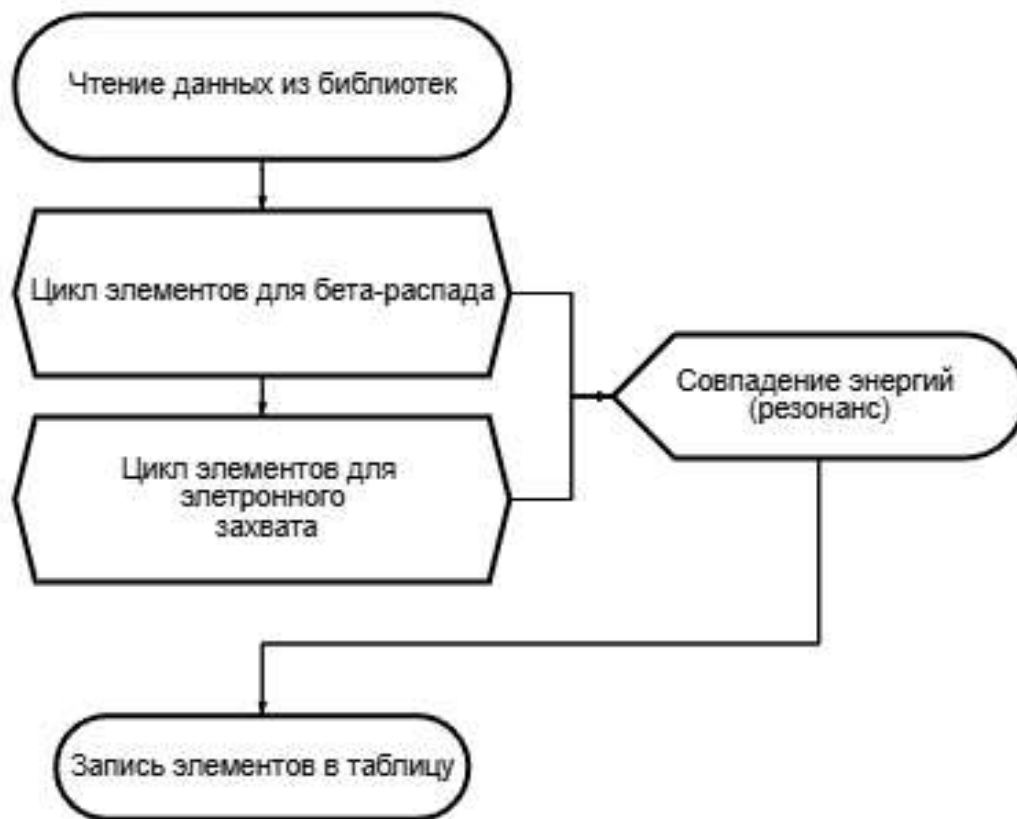
$$\beta^- : (A, Z) \longrightarrow (A, Z + 1) + e^- + \bar{\nu}_e$$

Процесс в детекторе
(электронный захват)

$$(A, Z) + e^- + \bar{\nu}_e \longrightarrow (A, Z - 1)$$

В этом семестре теоретическая часть резонансных реакций была дополнена энергией отдачи ядра, а для самого поиска резонансных реакций была написана программа на языке Fortran.

Алгоритм работы программы



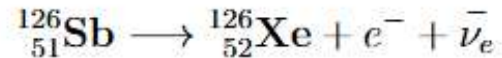
Результаты работы программы для некоторых элементов

El_R	El_D	E_R^*	E_D^*	E_{e-}	Q_{diff}	ΔQ	v_{pl}
111 Ag	107 Ag	620.18	381.80	$6.69 * 10^{-1}$	$-7.79 * 10^{-4}$	7.15	$0.427 * 10^4$
111 Ag	111 In	620.18	1274.68	$3.73 * 10^0$	$2.82 * 10^{-3}$	6.82	$-0.798 * 10^4$
111 Ag	105 Ag	680.48	1700.60	$5.59 * 10^{-1}$	$-4.12 * 10^{-3}$	12.41	$0.992 * 10^4$
111 Ag	124 I	736.00	3460.35	$3.98 * 10^{-2}$	$-4.13 * 10^{-3}$	11.14	$0.913 * 10^4$
113 Cd	118 Tc	0.00	568.23	$3.05 * 10^2$	$-2.93 * 10^{-3}$	15.90	$0.788 * 10^4$
123 Sn	131 Ba	0.00	2779.40	$2.31 * 10^0$	$-5.19 * 10^{-3}$	6.69	$0.995 * 10^4$
124 Sb	134 Ba	0.00	839.81	$5.71 * 10^1$	$4.47 * 10^{-3}$	2.57	$-0.914 * 10^4$
124 Sb	106 Cd	1746.96	961.76	$3.73 * 10^0$	$1.03 * 10^{-3}$	8.11	$-0.494 * 10^4$
124 Sb	133 Ba	1746.96	1674.62	$1.72 * 10^0$	$-1.29 * 10^{-3}$	2.74	$0.492 * 10^4$
124 Sb	118 Tc	1882.92	1299.61	$9.84 * 10^{-2}$	$-1.25 * 10^{-4}$	15.55	$0.163 * 10^4$
124 Sb	139 Ce	1957.90	1218.96	$6.27 * 10^1$	$-1.87 * 10^{-3}$	8.14	$0.580 * 10^4$
124 Sb	103 Pd	2153.29	1293.99	$4.79 * 10^{-2}$	$4.87 * 10^{-4}$	4.78	$-0.344 * 10^4$
124 Sb	124 Xe	2182.41	426.70	$3.30 * 10^{-2}$	$-2.56 * 10^{-3}$	4.05	$0.719 * 10^4$
124 Sb	130 Ba	2224.95	318.10	$2.27 * 10^{-2}$	$-1.39 * 10^{-3}$	9.18	$0.517 * 10^4$
124 Sb	136 Ce	2326.60	140.00	$6.27 * 10^1$	$8.03 * 10^{-5}$	54.70	$-0.122 * 10^4$
124 Sb	126 I	2349.47	2704.49	$4.34 * 10^1$	$-2.07 * 10^{-3}$	4.76	$0.641 * 10^4$
124 Sb	132 Cs	2641.15	2353.10	$3.46 * 10^2$	$-4.48 * 10^{-3}$	3.34	$0.922 * 10^4$
124 Sb	124 I	2693.68	3370.15	$1.16 * 10^{-2}$	$1.96 * 10^{-3}$	3.78	$-0.629 * 10^4$
124 I	124 Xe	0.00	0.00	$3.30 * 10^{-2}$	$-3.67 * 10^{-3}$	4.23	$0.861 * 10^4$
125 Sn	124 I	1889.87	3622.07	$4.61 * 10^1$	$4.62 * 10^{-3}$	4.09	$-0.965 * 10^4$
125 Sn	118 Tc	1894.00	741.24	$9.84 * 10^{-2}$	$3.53 * 10^{-3}$	18.55	$-0.866 * 10^4$
126 Sb	103 Pd	2013.17	2196.00	$4.79 * 10^{-2}$	$2.76 * 10^{-3}$	32.15	$-0.818 * 10^4$
126 Sb	129 Xe	2911.90	559.62	$6.19 * 10^0$	$-5.33 * 10^{-4}$	32.05	$0.322 * 10^4$
126 Sn	126 Sb	0.00	0.00	$1.10 * 10^{-2}$	$-1.71 * 10^{-3}$	47.51	$0.582 * 10^4$
126 Sn	107 Ag	40.40	302.78	$6.69 * 10^{-1}$	$3.99 * 10^{-4}$	34.12	$-0.306 * 10^4$
126 Sb	109 Ag	1873.40	673.49	$3.17 * 10^1$	$4.24 * 10^{-3}$	32.20	$-0.987 * 10^4$

Где El_R - элемент в реакторе, El_D - элемент в детекторе, E_R^* - энергия возбуждения ядра конечного элемента в реакторе, E_D^* - энергия возбуждения ядра конечного элемента в детекторе, E_{e-} - энергия возбуждения электронной оболочки, Q_{diff} - разность энергий процессов, ΔQ - экспериментальная ошибка, v_{pl} - скорость системы реактора.

Проверка найденных резонансных реакций

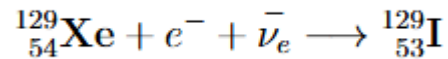
Реакция в реакторе



$$Q_{\beta^{-}} = 3670 \text{ кэВ}$$

$$E_{\bar{\nu}_e} + E_{e^{-}} = Q_{\beta^{-}} - \frac{(Q_{\beta^{-}} - E_R^{*})^2}{2M_{Te}c^2} - E_R^{*} = 758.1 \text{ кэВ}$$

Реакция в детекторе



$$Q_{\beta^{-}} + E_D^{*} + E_{e^{-}} = 194 \text{ кэВ} + 5.1881 \text{ кэВ} + 559.62 \text{ кэВ} = 758.8 \text{ кэВ}$$

Разность составляет $758.1 \text{ кэВ} - 758.8 \text{ кэВ} = -0.7 \text{ кэВ}$

По результатам работы программы $Q_{diff} = -5.33 \cdot 10^{-4} \text{ кэВ}$

Заключение

В данной работе была написана программа, которая позволяет определить элементы для возможных резонансных реакций с антинейтрино, которые можно использовать для изучения их свойств, а также проверена одна пара элементов на совпадение энергий процессов. В дальнейшем планируется добавить фильтры для отбора резонансных пар атомов с максимальным ядерным матричным элементом, с наиболее вероятным захватом электронов с низших уровней атома, и с сохранением полного углового момента.