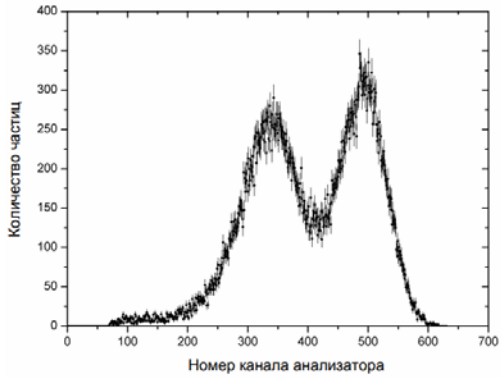
Ядро калифорния 252Cf неустойчиво, и может распасться двумя способами:

1) Альфа-распадом на 248Cm (кюрий) и 4He (альфа-частицу)
2) Спонтанным распадом на два нейтрона и ещё два ядра-осколка:

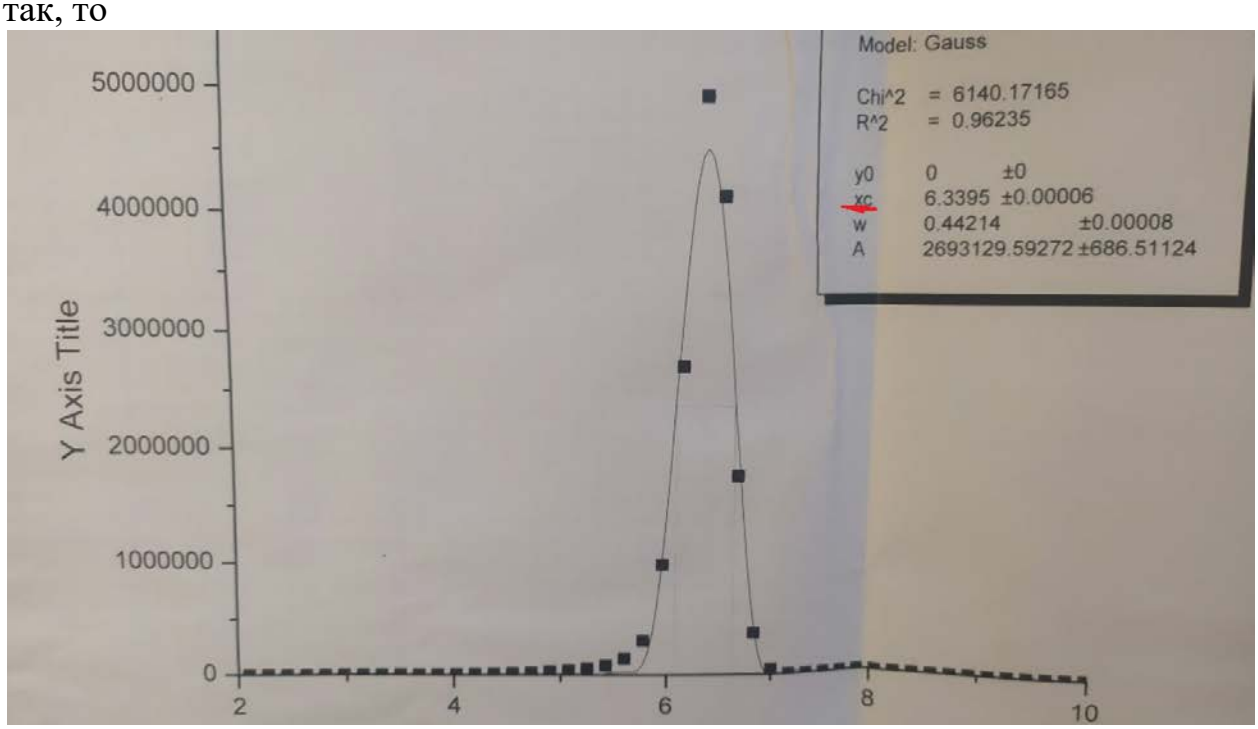
$$^{252}Cf \rightarrow 2n + A + B$$

Шаг 1 – калибровка.

Берёте альфа-спектр. Зачем он нам нужен, если нас интересует именно спонтанный распад (см. название работы)? Калибровка, калибровка и ещё раз калибровка! Ведь у вас в спектре спонтанного распада по оси абсцисс отложены номера каналов:



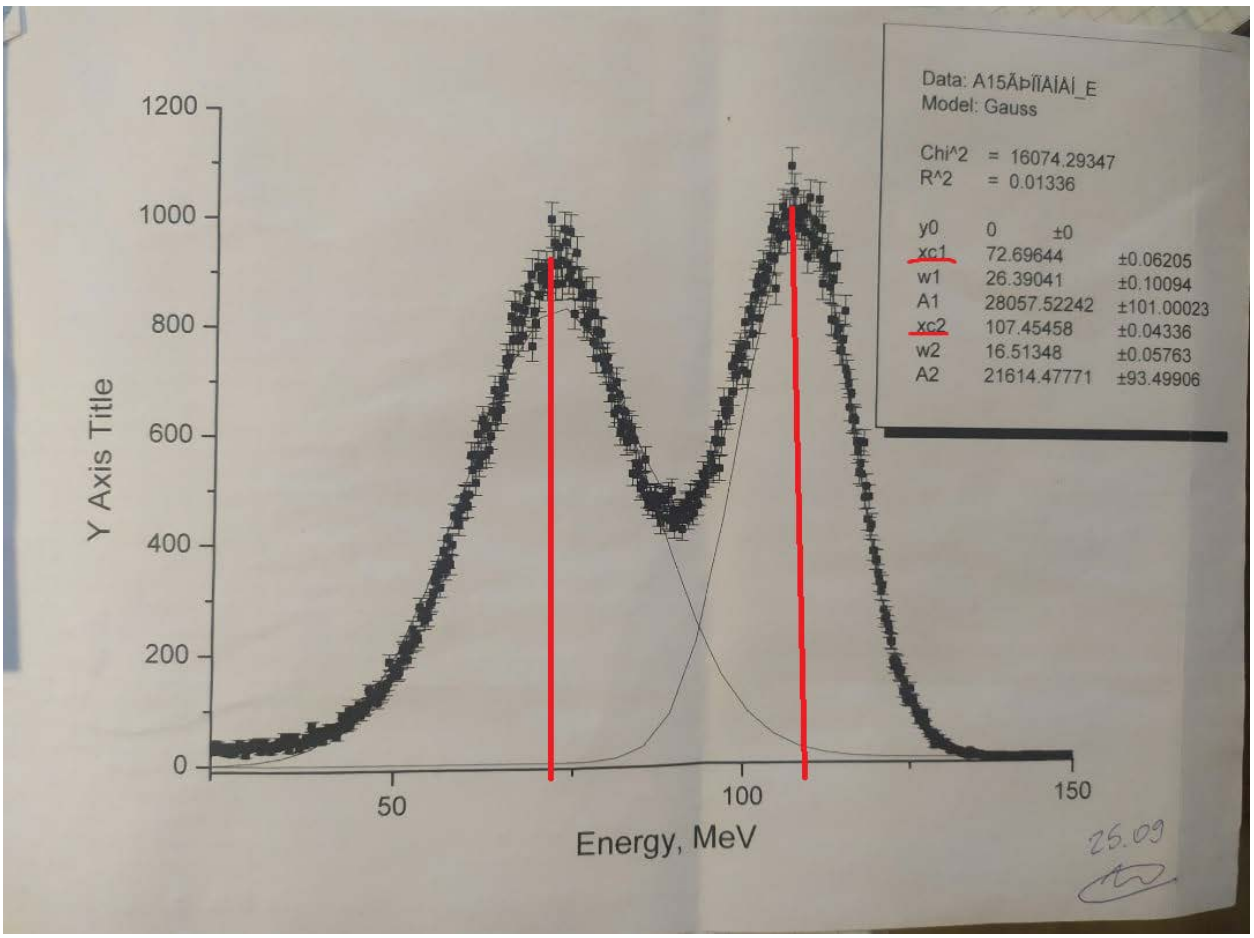
, а нам-то нужны энергии. Тут вам и пригодится спектр альфа-распада. Дело в том, что умные люди уже рассчитали, что пик альфа-распада приходится на 6,12 МэВ. А раз так, то



пик – xc, в данном случае 6,33.

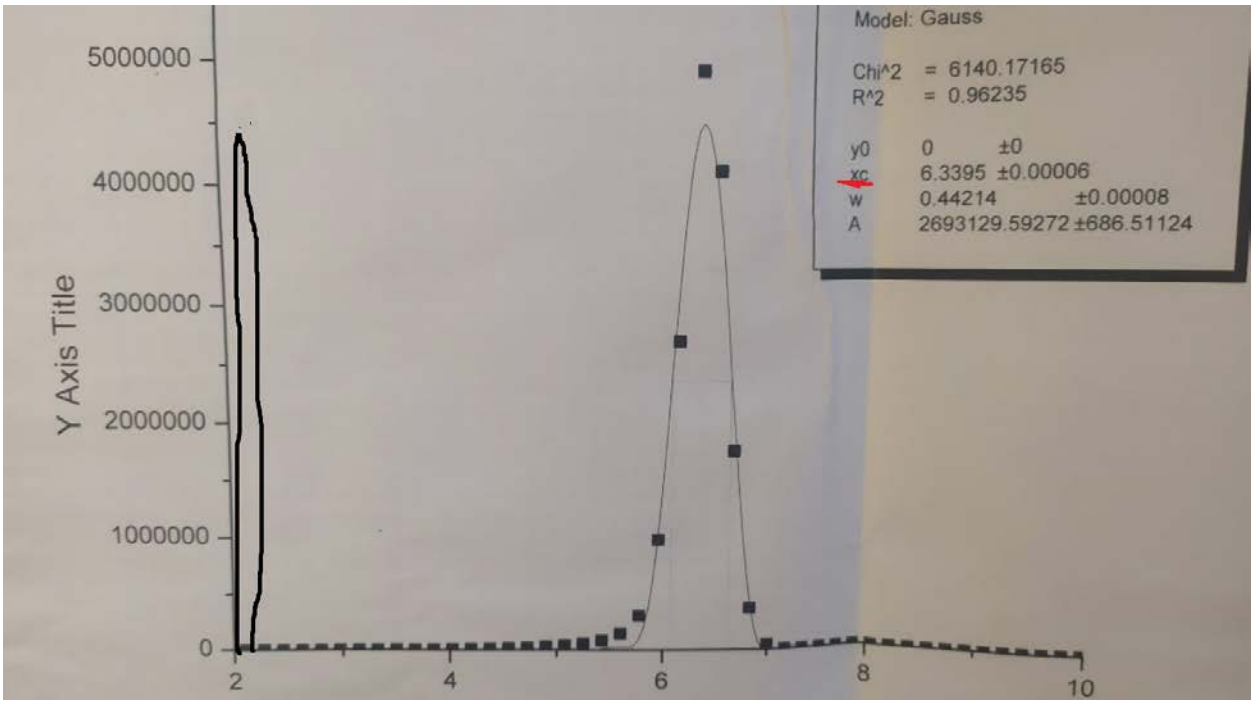
Вторая калибровочная точка – сумма максимумов в пике спонтанного деления (суммарная кин.энергия осколков) – 181 МэВ.

Пример:



Xc1+xc2=181 МэВ.

Любимый допвопрос преподавателей: В спектре спонтанного деления два пика, потому что осколка два. В пике альфа-распада пик всего один, соответствующий гелию. Где второй пик? А он слева, но он оооочень близко к 0.

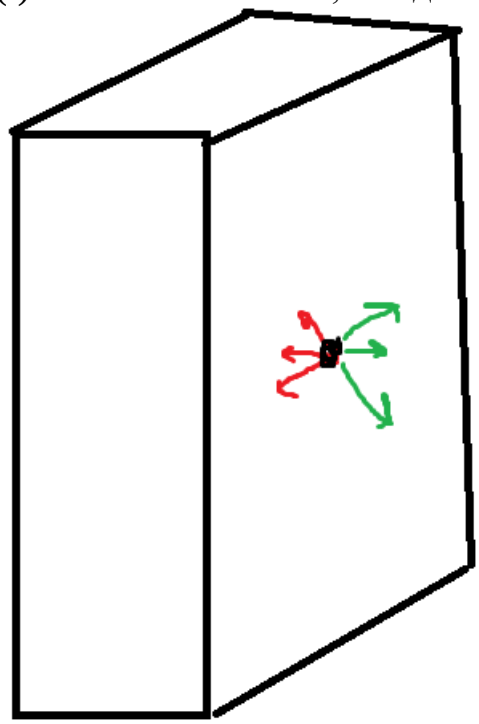


Настолько близко, что наш детектор не способен его зафиксировать.

Шаг 2 – найти полупериод распада. Для это вам потребуется формула

$$N(t) = N(t = 0) * 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

Где t – время, за которое вы мерили спектр. (Большинство атомов распадается по альфа-каналу, так что здесь и далее учитывайте только альфа-распад).
N(t=0) – число атомов калифорния в начальный момент времени.
N(t) – число оставшихся частиц Cf к моменту времени t,
N(t=0)-N(t) – число распавшихся частиц к моменту времени t.
У вас на праке должно по идее считаться суммарное число частиц, которое зафиксировал детектор. Это и есть N(t=0)-N(t). Точнее, половина от N(t=0)-N(t). Это связано с тем, что детектор расположен вот так вот:



И ловит лишь половину частиц (отмечены красным), а те, кто отмечены зелёным – те он не ловит.

Пусть N_0 - исходное число атомов калифорния.

Тогда за время t_α распалось $N_\alpha = N_0\left(1 - 2^{-\frac{t_\alpha}{T_\alpha}}\right)$ по альфа-каналу

Также за время $t_{\text{с.п.}}$ распалось $N_{\text{с.п.}} = N_0\left(1 - 2^{-\frac{t_{\text{с.п.}}}{T_{\text{с.п.}}}}\right)$ по альфа-каналу

где α – альфа-распад, с.п. – спонтанное деление
t – время, за которое вы меряли альфа-распад и спонтанное деление (оно разное!)
T – период полураспада по каждом из каналов

Также вам в методичке дан эффективный период полураспада: $T = 2{,}65$ год.

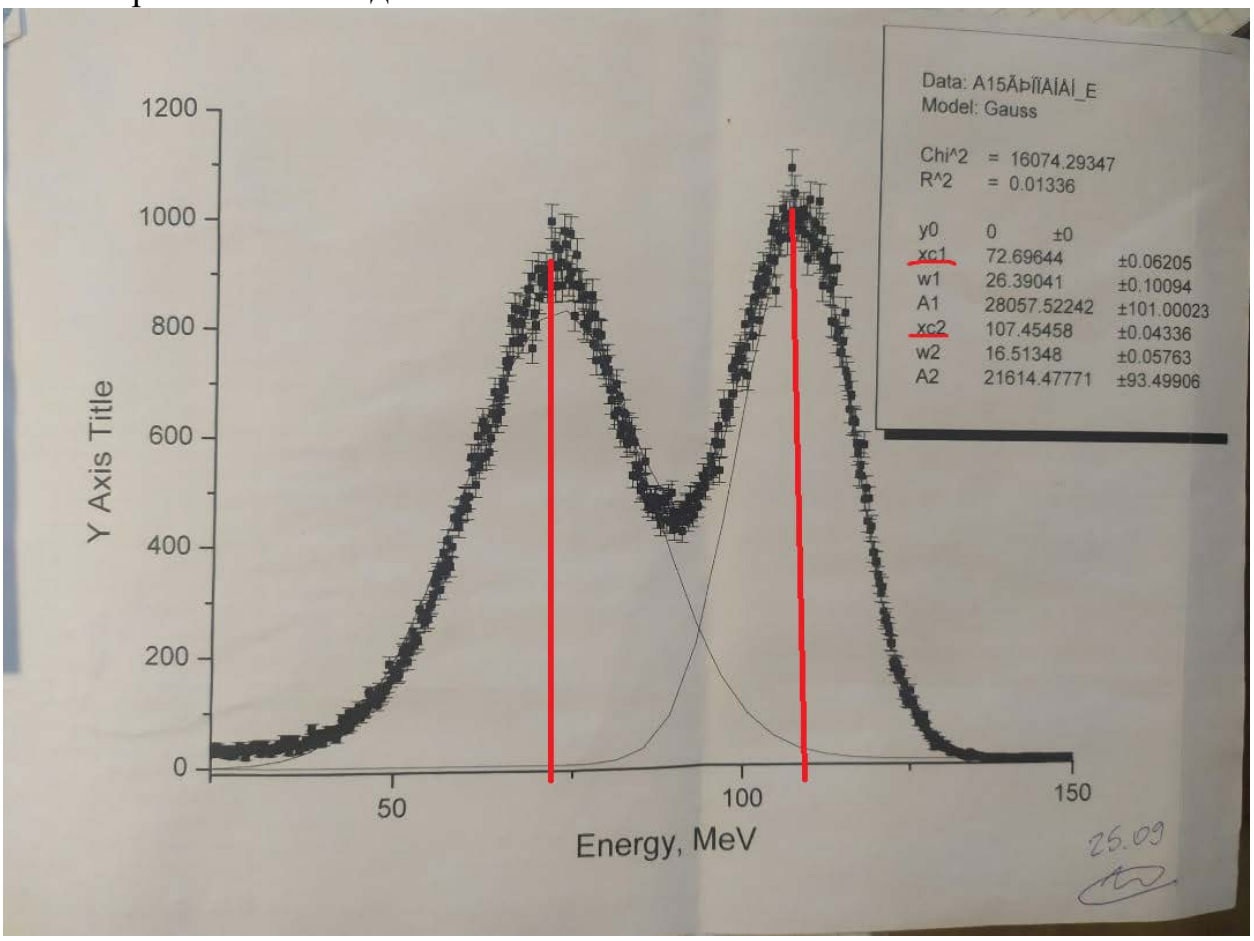
Используя формулу $\lambda_{\text{сум}} = \lambda_\alpha + \lambda_{\text{с.п.}}$, получаем $\frac{1}{2.65\ \text{лет}} = \frac{1}{T_\alpha} + \frac{1}{T_{\text{с.п.}}}$

Таким образом, у вас система уравнений:

$$\begin{cases} 2N_\alpha = N_0\left(1 - 2^{-\frac{t_\alpha}{T_\alpha}}\right) \\ 2N_{\text{с.п.}} = N_0\left(1 - 2^{-\frac{t_{\text{с.п.}}}{T_{\text{с.п.}}}}\right) \\ \frac{1}{2.65\ \text{лет}} = \frac{1}{T_\alpha} + \frac{1}{T_{\text{с.п.}}} \end{cases}$$

(откуда взялись двойки – см. выше)
С тремя неизвестными: N_0 и двумя периодами полураспада. Вот периоды полураспада от вас и просят найти.

Шаг 3 **-** найти, на какие именно два осколка распалось ядро калифорния. Давайте считать. Изначально было ядро калифорния – 252 нуклонов, из них 98 протонов. Два нейтрона вылетели отдельно, так что осталось 250 нуклонов и 98 протонов. И эти 250 нуклонов и 98 протонов распределены между двумя осколками:
A1, Z1 – первый осколок
A2, Z2 – второй осколок
Где A1+A2=250, Z1+Z2=98.
Однозначно определить, что это именно за осколки, нельзя. Точнее, взглянув на спектр спонтанного деления



Вы можете однозначно узнать отношение A1 и A2 (это отношение xc2/xc1), а т.к. вы знаете ещё их сумму, то вы можете найти A1 и A2. А Z1 и Z2 уже подгонять.

Крайне желательно, чтобы один из осколков был магическим, а второй 0 какой придётся. Вероятно, он будет крайне нестабильным, и спуска несколько бета-распадов он придёт к стабильному изотопу.
Ведь это вполне логично – от ядра откалывается именно ***магический*** осколок. Как в альфа-распаде, где в роли этого магического осколка ядро гелия 4He.
Студенты до вас придумали 100500 вариантов деления. Честно говоря, я не знаю, какой из них правильный. Насколько я знаю, преподаватели здесь оценивают достаточно лояльно, так что напишите несколько вариантов.

Почитать про магические ядра:
http://nuclphys.sinp.msu.ru/enc/e089.htm
http://nuclphys.sinp.msu.ru/exotic/e08.html

Рубрика «интересно знать».
Почему калифорний не может распасться на два СТАБИЛЬНЫХ ядра?
Потому что чем больше Z, тем больше доля нейтронов в ядре и тем меньше доля нейтронов. Это связано с тем, что в больших ядрах Кулон всё больше противится сильному взаимодействию, которое уже не так сильно на больших расстояниях («колосс с короткими руками»). Поэтому, чтобы ядро существовало, требуется разбавлять протоны всё большим количеством нейтронов, дабы «отодвигать» их друг от друга.
Например, для гелия, углерода, азота, кислорода оптимальное соотношение протонов и нейтронов «фифти-фифти» - поровну:
4He: 2 протона, 2 нейтрона
12C: 12 протонов, 12 нейтронов
Теперь взглянем на ртуть Hg («гидраргиум», жидкое серебро):
https://ru.wikipedia.org/wiki/Изотопы_ртути#:~:text=Изотопы%20ртути%20—%20разновидности%20химического%20элемента,136)%20и%2016%20ядерных%20изомеров.
Её стабильные изотопы имеют A порядка 200, а Z у ртути 80. Уже не фифти-фифти: нейтронов 60%, протонов 40%.
В 252Cf на 98 протонов приходится 156 нейтронов – доля нейтронов ещё больше, уже около 70%.
На этой карте это соответствует тому, что чёрная кривая загибается:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/NuclideMap_stitched.png
Таким образом, осколки деления окажутся перегружены нейтронами, и из-за этого оказываются нестабильными. Поэтому они быстро бета-распадаются в более оптимальное ядро.
Пример:
Представим себе, что от 252Cf откололся 208Pb («плюмбум», свинец) – магическое ядро. Осталось 42S (сера) (именно 42S, а не 44S – напоминаю, что ещё 2 нейтрона вылетели), где на 16 протонов приходится 26 нейтронов. Естественно, для серы это неоптимально:

https://ru.wikipedia.org/wiki/Изотопы_серы#:~:text=Изотопы%20серы%20—%20разновидности%20атомов%20(и,периодом%20полураспада%2087%2C4%20суток.
Период полураспада такого изотопа – секунда!
Поэтому 42S быстро переходит бета-распадом в 42Cl (т.е. нейтрон заменяется на протон), 42Cl в 42Ar и т.д. до 42Ca, который уже стабилен:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Изотопы_кальция#:~:text=Изотопы%20кальция%20—%20разновидности%20химического%20элемента,представляет%20собой%20смесь%20шести%20изотопов.
и там на 20 протонов приходится 22 нейтронов, что оптимально.
Никакой аналитической формулы «оптимального» кол-ва нейтронов от Z нет, есть эмпирический график
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/NuclideMap_stitched.png
и Википедия, где вам просто нужно вбивать «изотопы chemical_element_name» и искать стабильные изотопы.