

Автор:

Корнилова Надежда Сергеевна

ученица 11 класса

Руководитель:

Пангина Ксения Федоровна

учитель физики

МАНОУ «Лицей №4»

г. Ленинск-Кузнецкий, Кемеровская область

Возможность обнаружения радиоактивной загрязненности продуктов питания

Введение

В повседневной жизни актуальным является вопрос о вреде, который наносит радиоактивное излучение людям. Мы решили проверить экспериментально, можно ли с помощью простейшего дозиметра со счетчиком Гейгера-Мюллера обнаружить такое радиоактивное загрязнение, которое находится у границы предельно допустимого для поступления в организм человека с продуктами питания.

Счетчик Гейгера-Мюллера – один из важнейших приборов для автоматической регистрации ядерных излучений. Принцип его работы заключается в том, что когда частица попадает в корпус счетчика, возникает разряд и образуется импульс напряжения, который подается в регистрирующее устройство. На экране высвечивается количество зарегистрированных частиц или мощность дозы излучения.

Как же оценить чувствительность дозиметра? Сделать это, исходя из теоретических рассуждений, очень сложно: придется учитывать то, что далеко не все частицы, образующиеся при распаде радиоактивного изотопа, попадут в прибор. Во-первых, большая часть излучения поглощается самим продуктом. Во-вторых, нужно учесть поглощение частиц в воздухе и стенке счетчика. И,

наконец, то, что некоторые частицы пролетят мимо прибора и не каждая из попавших частиц в корпус счетчика будет зафиксирована. Чтобы избежать этой проблемы, мы просто создадим модель с известным содержанием радиоактивного изотопа и узнаем, может ли мы, пользуясь этим прибором, заметить повышенную по сравнению с естественным фоном радиацию или она окажется в пределах границ погрешностей измерений. Естественный фон облучения создают космические лучи, радиоактивны породы земной коры и стены здания.

Основные этапы эксперимента заключались в следующем: измерить естественный фон излучения с помощью счетчика Гейгера-Мюллера, определить массу радиоактивного изотопа калия, изготовить 4 модели, в каждую из которых добавляем нужную массу хлорида калия, измерить радиацию от моделей, рассчитать ошибки и сравнить зоны погрешностей естественного фона и моделей.

1. Измерение естественного фона излучения с помощью индикатора радиоактивности Радекс РД 1503

Естественный фон облучения создается гамма-излучением естественных радиоактивных изотопов, имеющихся в земной коре и земной атмосфере, естественными радиоактивными изотопами, имеющимися в организме человека, космическим излучением, приходящим на землю из межпланетного пространства.

Измерения естественного фона проводим 10 раз по 15 мин на том месте, где непосредственно будет проходить эксперимент. Все данные заносим в таблицу, где A – активность, \bar{A} – среднее значение активности, σ_a – среднее квадратичное отклонение для A

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A , имп/мин	25	17	19	22	23	23	25	16	24	25
\bar{A} , имп/мин							21,9			
σ_a , имп/мин							3,4			

2. Определение массы KCl , при которой $A(^{40}K) = A(^{90}Sr)$

Как уже говорилось выше, для модельного эксперимента нам нужно добиться равной активности при использовании различных веществ:

$$A(^{40}K) = A(^{90}Sr),$$

где A – это активность изотопа.

Посчитаем, какая масса изотопа ^{40}K будет иметь такую же активность, как и опасная доза ^{90}Sr , т.е. ≈ 2000 расп/мин.

Для эксперимента мы взяли хлорид калия. Найдем массу KCl , обладающего активностью 2000 расп/мин.

Найдем количество ядер ^{40}K согласно закону радиоактивного распада.

Закон радиоактивного распада:

$$N = A * T / \ln 2,$$

где N – количество ядер, T – период полураспада,

$$T(^{40}K) = 1,25 \text{ млрд лет} = 6,57 * 10^{14} \text{ мин.}$$

$$N(^{40}K) \approx 1,9 * 10^{18} \text{ ядер.}$$

Найдем массу m изотопа калия ^{40}K :

$$m = N * M / N_A,$$

где M – молярная масса калия, N_A – число Авогадро.

$$M = 39 \text{ г}$$

Учитывая, что в природном калии содержится 0,012% радиоактивного изотопа ^{40}K , вычисляем массу калия, которую нужно взять для измерений:

$$39 * 0,012\% = 0,0468 \text{ г}$$

$$X = 100\%$$

Она оказывается равна примерно 1,02 г.

Мы использовали соль KCl . Посчитаем нужную массу этой соли:

$$1,02 \text{ г} / 39 = 0,0263 \text{ г}$$

$$X \text{ г} = 39 + 35,5 = 74,5 \text{ г}$$

Она примерно равна 2 г.

3. Изготавливаем 4 модели из теста, в каждую из которых добавляем нужную массу KCl (2г)

Так как большая часть излучения поглощается самими продуктами и не фиксируется счетчиком, то для создания модели, похожей на продукт, мы смешали KCl с тестом.

4. Измеряем радиацию от моделей

Максимально приближая счетчик к модели, мы измерили радиацию тел массами 10, 20, 30 и 50г, в каждом из которых содержалось примерно 2г KCl. Для каждого тела мы проводили по 10 измерений.

Радиация чистого KCl

Радиация модели массой 10 g

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A, имп/мин	48	50	42	51	47	43	50	53	46	44
\bar{A} , имп/мин						47,4				
σ_a , имп/мин						5,8				
% поглощение образцом						75,2				

Радиация модели массой 20г

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A, имп/мин	37	33	41	40	37	40	32	39	41	36
\bar{A} , имп/мин						37,6				
σ_a , имп/мин						6,5				
% поглощение образцом						84,7				

Радиация модели массой 30г

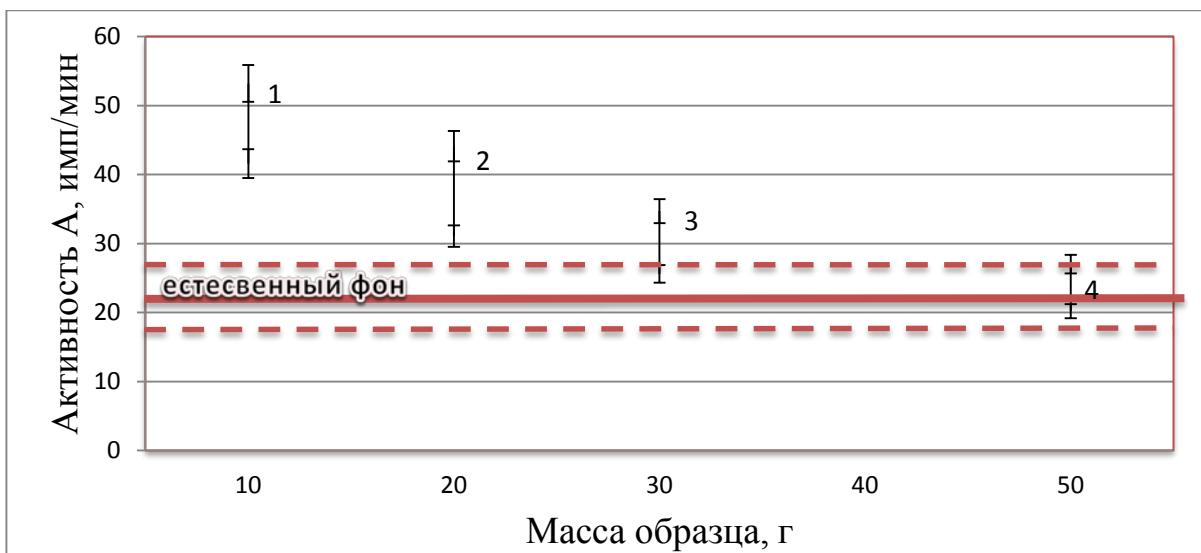
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A , имп/мин	33	27	31	26	32	33	28	31	32	33
\bar{A} , имп/мин						30,6				
σ_a , имп/мин						4,1				
% поглощение образцом						91,4				

Радиация модели массой 50г

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A, имп/мин	25	23	21	24	22	24	26	23	26	22
\bar{A} , имп/мин	23,6									
σ_a , имп/мин	3,4									
% поглощение образцом	98,1									

5. Рассчитываем ошибки и сравниваем зоны погрешностей естественного фона и моделей

Мы построили график зависимости активности образца от его массы, выделив естественный фон и указав границы погрешности.



Из графика мы видим, что для тел массами 30 и 50г могут быть зафиксированы такие значения активности, которые входят в зону погрешности естественного фона. Поэтому нельзя уверенно сказать, что в этих образцах находится повышенное содержание радиоактивных изотопов. А точку 3 можно считать пограничной, т. е. если предельно допустимое количество радиоактивных изотопов содержится в продукте, масса которого больше 30г, то радиоактивность не может быть обнаружена, а если масса продукта меньше 30г, то это возможно, что и подтверждается точками 1 и 2, которые лежат гораздо выше уровня естественного фона.

Заключение

Проделав все вышеуказанные этапы эксперимента, мы пришли к выводу, что обнаружить предельно допустимое содержание изотопа стронция в продуктах питания простым приближением к ним радиометра со счетчиком Гейгера-Мюллера практически невозможно. Необходимо, во-первых, делать большое количество измерений для уменьшения погрешности, во-вторых, необходимо знать среднее значение внешнего облучения, а в-третьих, очень большая доля излучения поглощается самими тестируемыми продуктами. Так для тела массой 10г доля поглощенного излучения равна 75%, для 50г она составит уже 98%.

Список литературы

1. Мякишев Г.Я. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. Учреждений: базовый и профил.уровни
2. Заборенко К. Радиоактивность
3. Сапожников Р. А., Алиев С. Н., Калмыков Ю. А. Радиоактивность окружающей среды
4. <http://dic.academic.ru>
5. <http://class-fizika.narod.ru>
6. <http://ru.wikipedia.org>