**Методические указания для решения задачи на тему «Получение радионуклидов с помощью ядерного реактора»**

Предельная активность () *i*-го радионуклида при производстве с помощью реакции деления 235U равна:

где Ф – поток нейтронов, *σf* – сечение взаимодействия для реакции деления радионуклида 235U (1 барн=10-24 см2), – начальное количество ядер урана, – выход *i*-го радионуклида при реакции деления

Зависимость активности *i*-го радионуклида от времени при облучении мишени, содержащей 235U, можно приближенно рассчитать по уравнению:

где – постоянная распада *i*-го радионуклида.

Для расчета Aпред *i*-го радионуклида необходимо найти число атомов 235U в материале мишени. Для этого рекомендуется использовать следующую формулу:

где ν – количество вещества, – число Авогадро.

Т.к. ν(U)= ν(UO2), то можно принять:

где *m* – масса мишени из диоксида урана UO2, М – молярная масса UO2.

Для расчета молярной массы UO2 необходимо учитывать, что в составе мишени всходит смесь изотопов (например, 16% 235U и 84% 238U).

При определении количества вещества ядер урана 235U также необходимо учитывать степень обогащения. Так, например, при обогащении 16%:

**Учебное задание на тему «Получение радионуклидов с помощью ядерного реактора» (без вариаций)**

Определите предельную активность осколочного молибдена при облучении 100 г диоксида урана UO2, обогащенного по 235U до 16% и активность, полученную через 8 суток облучения. Поток нейтронов 1014 н/см2·с, Т1/2= 66 ч, *σf*= 584,4 барн, выход 99Мо в делении 6,1%. Выгоранием урана 235U можно пренебречь. Ответ запишите в ТБк.

Для расчета Aпред радионуклида 99Мо найдем число атомов 235U в материале мишени.

Введите значение молярной массы урана U с учетом степени обогащения (в г/моль):

=237,5

*Подсказка:*

*Степень обогащения урана по изотопу 235U – 16%, содержание изотопа 238U – 84%.*

*Введите значение молярной массы в единицах измерения [г/моль].*

Введите значение молярной массы урана UO2 с учетом степени обогащения (в г/моль):

=269,5

*Подсказка:*

*Значение молярной массы одного атома кислорода 16 г/моль.*

*Введите значение молярной массы в единицах измерения [г/моль].*

Введите значение количества вещества с учетом того, что (в моль):

=0,37

*Подсказка:*

*Значение количества вещества можно определить с помощью массы и молярной массы вещества.*

*Введите значение количества вещества в единицах измерения [моль].*

Введите значение количества вещества с учетом степени обогащения урана (в моль):

=0,059

*Подсказка:*

*Степень обогащения урана по изотопу 235U – 16%. Количество вещества пропорционально степени обогащения.*

*Введите значение количества вещества в единицах измерения [моль].*

Введите значение числа атомов 235U в материале мишени (безразмерная величина). Введите число перед множителем 1022:

=3,57

*Подсказка:*

*Значение числа атомов можно определить с помощью количества вещества и числа Авогадро.*

*Введите только число перед множителем 1022.*

Введите значение предельной активности радионуклида 99Мо Aпред(99Мо) (в ТБк, тера=1012).

=127

*Подсказка:*

*Значения величин должны быть приведены к единым единицам измерения.*

*1 барн=10-24 см2*

*Выход продукта нужно подставлять в долях, а не в процентах (например, 1%=0,01).*

*Введите значение активности в ТБк.*

Введите значение активности радионуклида 99Мо Aпред(99Мо) через 8 суток (в ТБк, тера=1012).

=110

*Подсказка:*

*Значение постоянной распада радионуклида 99Мо можно определить с помощью значения периода полураспада.*

*Значения переменных, связанных со временем, должны быть приведены к единым единицам измерения (напр., минуты, часы, сутки).*

*Введите значение активности в ТБк.*

***Решение:***

Предельная активность радионуклида 99Мо определяется по следующей формуле:

где – поток нейтронов, – сечения захвата нейтронов при делении (1 барн=10-24 см2), – количество атомов в мишени в начальный момент времени, – выход при делении i-го РН.

Для расчета Aпред(99Мо)необходимо найти число атомов 235U в материале мишени.

где ν – количество вещества, – число Авогадро.

Т.к. ν(U)= ν(UO2), то рассчитаем

где *m* – масса мишени из диоксида урана UO2, М – молярная масса UO2.

Молярная масса смеси изотопов урана с учетом обогащения равна:

Молярная масса UO2 равна:

Отсюда

Причем с учетом обогащения

Таким образом, число атомов 235U в материале мишени равно:

Отсюда предельная активность радионуклида 99Мо Aпред(99Мо) равна:

Активность радионуклида 99Мо через 8 суток (8 сут∙24 ч=192 ч) определяется по формуле:

Ответ:

**Контрольное задание на тему «Получение радионуклидов с помощью ядерного реактора»**

Радионуклид 133Xe (Т1/2=5,2 сут, выход – 6,7%) получают при облучении урановых мишеней в течение 2 недель. Определите активность полученного радионуклида, если поток нейтронов 1012 н/см2·c, сечение деления на тепловых нейтронах *σf*= 584,4 барн, масса мишени UO2 – 140 г, степень обогащения по 235U – 16%. Выгоранием урана 235U в процессе облучения можно пренебречь. Ответ запишите в ТБк.

***Решение:***

Введите значение молярной массы урана UO2 с учетом степени обогащения (в г/моль):

=269,5

*Подсказка:*

*Степень обогащения урана по изотопу 235U – 16%, содержание изотопа 238U – 84%.*

*Значение молярной массы одного атома кислорода 16 г/моль.*

*Введите значение молярной массы в единицах измерения [г/моль].*

Введите значение количества вещества с учетом того, что (в моль):

=0,52

*Подсказка:*

*Значение количества вещества можно определить с помощью массы и молярной массы вещества.*

*Введите значение количества вещества в единицах измерения [моль].*

Введите значение количества вещества с учетом степени обогащения урана (в моль):

=0,083

*Подсказка:*

*Степень обогащения урана по изотопу 235U – 16%. Количество вещества пропорционально степени обогащения.*

*Введите значение количества вещества в единицах измерения [моль].*

Введите значение числа атомов 235U в материале мишени (безразмерная величина). Введите число перед множителем 1022:

=5,00

*Подсказка:*

*Значение числа атомов можно определить с помощью количества вещества и числа Авогадро.*

*Введите только число перед множителем 1022.*

Введите значение предельной активности радионуклида 133Xe (в ТБк, тера=1012).

=1,96

*Подсказка:*

*Значения величин должны быть приведены к единым единицам измерения.*

*1 барн=10-24 см2*

*Выход продукта нужно подставлять в долях, а не в процентах (например, 1%=0,01).*

*Введите значение активности в ТБк.*

Введите значение активности радионуклида 133Xe через 2 недели облучения (в ТБк, тера=1012).

=1,66

*Подсказка:*

*Значение постоянной распада радионуклида 99Мо можно определить с помощью значения периода полураспада.*

*Значения переменных, связанных со временем, должны быть приведены к единым единицам измерения (напр., минуты, часы, сутки).*

*Введите значение активности в ТБк.*

Переменные:

* масса мишени UO2, интервал изменений [100-200] г, шаг – 20 г;
* степень обогащения по 235U – 16% или 95%;
* время облучения – 1 неделя или 2 недели.