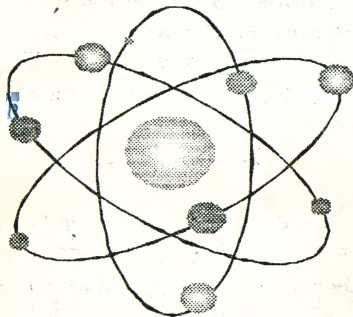


Министерство образования Республики Беларусь
Брестский политехнический институт
Кафедра физики

Лаборатория радиационной безопасности



Определение защитных свойств
различных материалов от радиации

Лабораторная работа Р-4

Измерение удельной активности воды
и пищевых продуктов

Лабораторная работа Р-5

(Модуль 3)

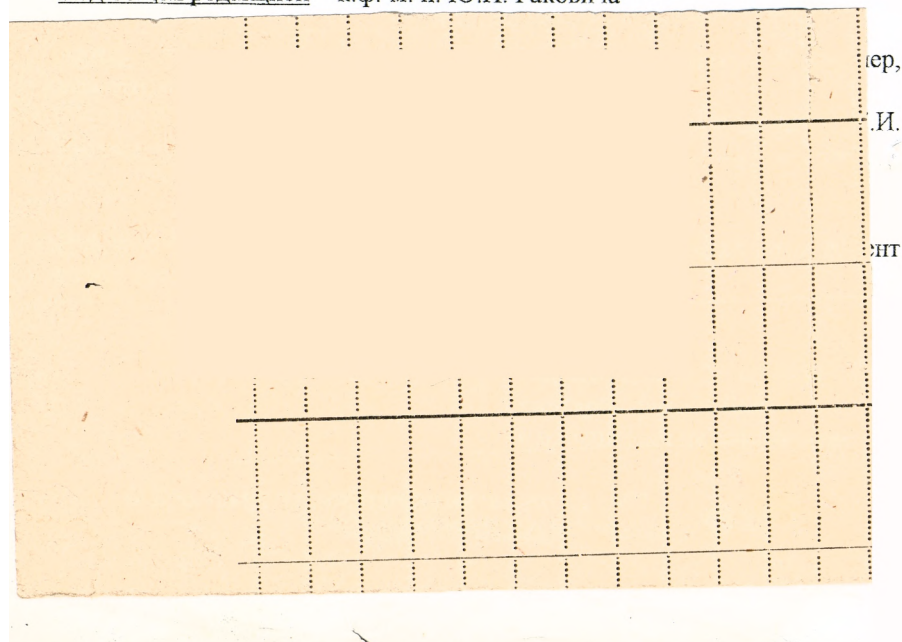
Брест 1999

Методические указания по выполнению лабораторных работ Р-4 "Определение защитных свойств различных материалов от радиации" и Р-5 "Измерение удельной активности воды и пищевых продуктов" (Модуль 3). Брест БПИ, 1999.

В методических указаниях приведено описание лабораторной работы Р-4 "Определение защитных свойств различных материалов от радиации" и лабораторной работы Р-5 "Измерение удельной активности воды и пищевых продуктов". В работе Р-4 изучаются основные закономерности взаимодействия ионизирующего излучения с веществом и способ оценки защитных свойств различных технологических материалов от радиоактивного излучения. В работе Р-5 изучается метод измерения удельной активности продуктов питания и методика обработки экспериментальных данных.

Лабораторные работы составлены в соответствии с разделом "Радиационная безопасность" программы курса "Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность" (1999 г.) и предназначена для студентов всех специальностей технического и экономического профилей БПИ.

Под общей редакцией к.ф.-м. н. Ю.П. Раковича



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА Р-4
(Модуль 3)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ
РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ РАДИАЦИИ

Методические указания

1. **Цель работы:** изучение основных закономерностей взаимодействия ионизирующего излучения с веществом и определение величины коэффициента ослабления потока ионизирующего излучения для различных технологических материалов.
2. **Приборы и принадлежности:** Рентгенометр ДП-5В, частотомер Ф-5034, набор образцов.
3. **Описание экспериментальной установки**

Экспериментальная установка предусматривает возможность измерения количества ионизирующих частиц методом прямого счета импульсов. Общий вид установки приведен на рис.1. Рентгенометр ДП-5В предназначен для измерения мощности дозы ионизирующего излучения в диапазоне от 1 до 6 мР/ч. В процессе измерения рентгенометр ДП-5В вырабатывает импульсы напряжения, число которых пропорционально плотности потока ионизирующего излучения. Частотомер Ф-5034 предназначен для регистрации числа импульсов за заданный промежуток времени.

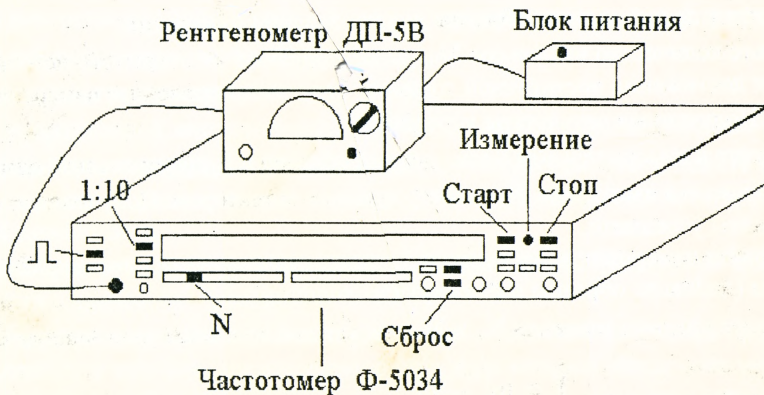


Рис.1. Общий вид экспериментальной установки.

4. Проведение измерений

Подготовка приборов к работе:

- Включить блок питания рентгенометра ДП-5В;
- Включить рентгенометр ДП-5В, поставив переключатель в положение $\times 1$;
- Нажать клавишу "СЕТЬ" частотомера Ф-5034;
- Установить частотомер в режим счета импульсов, при этом на передней панели частотомера должны быть нажаты клавиши:

"N" - режим счета отдельных импульсов;

"П" - клавиша вида импульса;

"1:10" - установка коэффициента деления.

- Перевести тумблер "АВТОМАТ.ИЗМЕРЕНИЕ-РУЧН.ВНЕШН." в положение "РУЧН.ВНЕШН."

Для измерения потока бета-излучения необходимо выполнить следующие операции:

- Обнулить показания табло кнопкой "СБРОС";
- Нажать кнопку "СТАРТ", после чего загорается лампочка "ИЗМЕРЕНИЕ";
- Через 1 минуту нажать кнопку "СТОП";
- Прочитать показания с табло частотомера.

5. Задания для самостоятельной работы

1. Получите у преподавателя образцы для проведения измерений.
2. Измерьте количество импульсов N_0 , регистрируемых от открытого источника. Для достижения достаточной точности результата проведите измерение 5 раз. Полученные результаты усредните.
3. Поместите в измерительном блоке первый образец и 5 раз проведите измерение количества импульсов N_1 регистрируемых детектором. Полученные результаты усредните.
4. Повторяйте измерения аналогично п.3, последовательно увеличивая толщину защиты (добавляя образцы и суммируя их толщину).
5. Используя средние значения N_0 и N_i для каждой толщины слоя защиты d

рассчитайте величину
$$Y = \ln\left(\frac{N_0}{N}\right).$$

6. Результаты измерений и расчетов занесите в следующую таблицу:

Таблица 1.

Номер серии измерений (i)	Толщина слоя защиты d (мм)	Количество импульсов N	$y = \ln \frac{N_0}{N_i}$
0	0 ----- ср. $N_0 = \dots$	
1 ----- ср. $N_1 = \dots$...
... и т.д.	... и т.д.	... и т.д.	... и т.д.

Теория, изложенная в Приложении, предсказывает линейную зависимость между переменными Y и d :

$$Y = \mu \cdot d,$$

где μ - коэффициент ослабления потока ионизирующего излучения. Располагая измеренными значениями d и рассчитанными значениями Y по формулам (7) найдите значение постоянной μ .

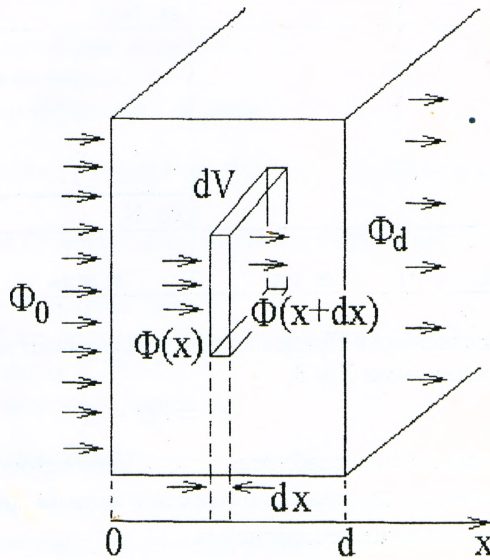
8. Найдите погрешность $\Delta\mu$ по формуле (8).
9. На координатной плоскости (d, Y) отметьте все экспериментальные точки и проведите по найденному значению μ наилучшую прямую. Оцените визуально, хорошо ли расположение экспериментальных точек соответствует линейной зависимости.
10. По формуле (3) определите величину средней длины свободного пробега β -частиц в данном материале.
11. Используя полученное значение μ и закон ослабления излучения (формула (2)), рассчитайте толщину поглощающего слоя, при которой поток ионизирующего излучения ослабляется
 - а) в 2 раза;
 - б) в 100 раз.

ПРИЛОЖЕНИЕ Закон ослабления излучений

При прохождении ионизирующей β -частицы через вещество она может испытать рассеяние, поглощение (захват), деление или пройти вещество без взаимодействия.

Пусть на слой толщиной d падает поток β -частиц, плотность которого Φ_0^1 . Выделим на глубине x элементарный объем $dV = dx \cdot S$ (Рис.2) и обозначим плотность потока частиц на входе в этот объем - через $\Phi(x)$, а на выходе из этого объема - через $d\Phi(x+dx)$.

Рис.2
К выводу закона
ослабления



Число частиц, поглощенных в объеме dV равно $N_{\text{погл}} = d\Phi(x+dx) \cdot dS$ будет пропорционально плотности потока частиц $\Phi(x)$ и объему dV . Следовательно:

$$d\Phi(x) \cdot dS = -\mu \cdot \Phi(x) dV \quad (1)$$

¹ Плотность потока Φ частиц численно равна количеству частиц N , падающих на площадь $S=1\text{см}^2$ за время $t=1\text{с}$.

где μ - коэффициент пропорциональности, называемый линейным коэффициентом ослабления². Знак минус в правой части указывает, что частицы выводятся из пучка.

Разделив правую и левую части уравнения (1) на $\Phi(x)$ и dS , получим уравнение:

$$d\Phi(x)/\Phi(x) = -\mu \cdot dx$$

решение которого имеет вид:

$$\Phi(x) = C \cdot \exp(-\mu \cdot x),$$

где C - константа.

Используя условие, что при $x=0$ плотность потока $\Phi(x)=\Phi_0$ (см. Рис.1), получаем

$$\Phi(x) = \Phi_0 \cdot \exp(-\mu \cdot x),$$

Таким образом, плотность потока на выходе из слоя толщиной d равна

$$\Phi_d = \Phi_0 \cdot \exp(-\mu \cdot d), \quad (2)$$

Полученный экспоненциальный закон называется законом ослабления излучения.

Единицы измерения коэффициента ослабления μ - обратные единицы измерения длины (m^{-1} ; cm^{-1} ; mm^{-1}) в зависимости от того, в каких единицах измеряется толщина d .³ Величина, обратная коэффициенту ослабления оказывается равной средней длине свободного пробега (λ_{cp}):

$$\lambda_{cp} = 1/\mu \quad (3)$$

и имеет размерность длины. При толщине защиты, равной одной λ_{cp} , плотность потока ионизирующего излучения уменьшается в $e = 2.7183$ раз.

Если все измерения проводить за одно и то же время и не изменять геометрию измерений, то вместо уравнения (2) закон ослабления излучений можно записать в виде:

² Правильнее было бы называть коэффициент пропорциональности в уравнении (1) макроскопическим сечением взаимодействия - для β -излучения и коэффициентом ослабления - для γ -излучения.

³ В системе единиц СИ коэффициент ослабления измеряется в m^{-1} .

$$N_d = N_0 \cdot \exp(-\mu \cdot d), \quad (4)$$

где N_0 - количество частиц, регистрируемых детектором при отсутствии слоя защиты;

N_d - количество частиц, регистрируемых детектором при наличии защитного слоя толщиной d .

Путем несложных математических преобразований из формулы (2) можно получить:

$$\ln \frac{N_0}{N_d} = \mu \cdot d \quad (5)$$

Вводя обозначения:

$$Y = \ln(N_0/N_d),$$

$$x = d \quad \text{и} \quad a = \mu$$

зависимость (5) можно записать в виде

$$Y = a \cdot x \quad (6)$$

Теория, таким образом, предсказывает линейную зависимость между переменными Y и x .

Располагая рядом экспериментальных значений величины $Y = \ln(N_0/N_d)$ при различных значениях толщины защитного слоя d (см. Таблицу 1), можно с помощью метода наименьших квадратов (МНК) найти наилучшее⁴ значение постоянной a в уравнении (6) и, таким образом, определить величину коэффициента ослабления μ :

$$a = \mu = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (7)$$

где

$$Z_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i, \quad Z_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2,$$

где n - число измерений. Для доверительной вероятности $P=95\%$ погрешность определения a определяется формулой:

⁴ В смысле МНК

$$\Delta a = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - a \cdot x_i)^2}{(n-1) \cdot \eta \cdot Z_2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Контрольные вопросы:

1. Укажите основные механизмы взаимодействия бета- и гамма-излучения с веществом.
2. Что называется плотностью потока β -частиц?
3. Что называется линейным коэффициентом ослабления ионизирующего излучения?
4. Что называется средней длиной свободного пробега?
5. По какому закону уменьшается плотность потока β -частиц, проходящих через поглотитель?
6. Получите формулу (6) из закона ослабления.
7. Укажите, каков конечный результат воздействия ядерных излучений на вещество.
8. Чем может быть обусловлен выбор экранирующих материалов для защиты от гамма-излучения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА Р-5
(Модуль 3)

ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ
ВОДЫ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

1. **Цель работы:** освоение метода измерения γ -активности Cs-137 в продуктах питания и оценка уровня их загрязненности.
2. **Приборы и принадлежности:** радиометр РИС-ЭНКОН-3, набор проб продуктов питания.

3. **Введение**

В результате аварии на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению подверглась $\sim 1/5$ территории Республики Беларусь. В силу социально-экономических условий при ликвидации последствий аварии не был осуществлен полный вывод пораженных земель из сельскохозяйственного оборота. Поэтому до сих пор для населения "чистых" районов основным путем радиационного облучения остается внутреннее облучение за счет употребления "загрязненных продуктов". Таким образом, до настоящего времени огромное значение имеет контроль за содержанием радионуклидов в продуктах питания.

В 1986 г. Правительственная комиссия по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС установила для населения временные нормативы: в первый год 100 мЗв, а в последующие - 30 и 25 мЗв. Исходя из этих дозовых пределов были рассчитаны **временные допустимые уровни (ВДУ-86)** концентрации радиоактивности в пищевых продуктах.

В 1988 - 1990 г. для контроля за содержанием радионуклидов в пищевых продуктах использовались **временные допустимые уровни (ВДУ-88)**. Их расчет производился на основе установленных Министерством здравоохранения СССР временных нормативов эффективной эквивалентной дозы за год и доли загрязненных продуктов в рационе человека.

В период с 1990 по 1992 г. действовали **республиканские контрольные уровни (РКУ-90)** содержания радионуклидов Cs-137 и Sr-90, в которых заложены более жесткие нормы, чем в ВДУ-88. Кроме того, в РКУ-90 впервые введены нормативы по Sr-90. Контроль за содержанием Sr-90 осуществлялся по содержанию радиоактивного цезия с учетом того, что соотношение стронция-90 к цезию-137 в продуктах питания является постоянной величиной для конкретных продуктов и территорий. Нормативы РКУ-90 рассчитаны таким образом, чтобы за счет постоянного поступления радионуклида с пищевыми продуктами годовая доза внутреннего облучения не превышала 1.7 мЗв.

С 1992 г. по 1995 г. действовали **республиканские допустимые уровни (РДУ-92)** содержания радионуклидов цезия и стронция в продуктах питания, а в настоящее время на территории Республики Беларусь действуют **республиканские допустимые уровни (РДУ-96)** (см. Приложение 1).

4. Описание установки. Радиометр РИС-ЭНКОН-3 предназначен для измерения удельной активности гамма-излучающих нуклидов в диапазоне энергии 150÷900 кэВ, содержащихся в пробах почв, донных отложений, продуктов питания, растениеводства и животноводства.

В состав радиометра входят источник питания (1), пересчетное устройство (2) и спектрометрический детектор со свинцовой защитой (3).

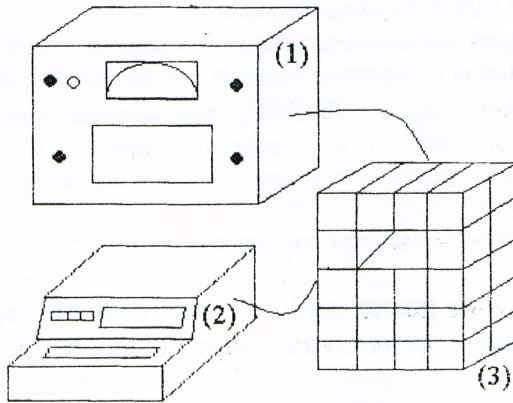


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

Принцип действия радиометрической установки основан на регистрации с помощью сцинтилляционного детектора γ - излучения содержащихся в пробе радионуклидов, и подсчете числа импульсов с помощью частотомера (пересчетного устройства). Датчиком является кристалл йодистого натрия, в котором γ - кванты вызывают вспышки света (сцинтилляции), регистрируемые фотоумножителем (ФЭУ). Пересчетное устройство подсчитывает количество импульсов ФЭУ за определенный промежуток времени и выводит это значение на индикатор. Свинцовая защита ослабляет поток ионизирующих частиц от внешних источников излучения.

5. Порядок работы с радиометром РИС-ЭНКОН-3.

**КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ
САМОСТОЯТЕЛЬНО ВКЛЮЧАТЬ И ВЫКЛЮЧАТЬ
УСТАНОВКУ !!!**

5.1. Проверить готовность радиометра к работе:

- на передней панели источника питания должны гореть лампочки над переключателем «ВКЛ» и значком «+»;
- на стрелочном индикаторе источника питания должно быть установлено значение **2,5**;
- все переключатели пересчетного устройства должны быть установлены в нижнее положение, кроме переключателей «РЕЖИМ» и «ВЫВОД», которые устанавливаются в верхнее положение («N» и «ОДНОКР» соответственно);
- на передней панели пересчетного устройства должно светиться **только табло цифрового индикатора**, на котором должны быть установлены цифры: **000,000**¹; перемещение запятой по табло происходит при переводе переключателя «УСТ. ЭКСП.» в верхнее положение, а ее остановка - при переводе в нижнее положение.
- в свинцовом контейнере не должно быть посторонних предметов.

При обнаружении каких-либо отклонений от перечисленных параметров - немедленно обратитесь к преподавателю.

5.2 Нажать кнопку «ПУСК» на передней панели пересчетного устройства и подождать прекращения счета импульсов ФЭУ.

5.3. После прекращения счета импульсов записать отсчет по табло.

5.4. Нажать кнопку «СБРОС».

6. Определение удельной активности пробы.

6.1. Последовательно выполняя п.п. 5.2÷5.4 при пустом контейнере свинцовой защиты, 3 раза проведите измерение и запишите величину радиоактивного фона N_i^ϕ .

¹ Запятая на индикаторном табло не является десятичным разделителем цифр - она указывает на время отсчета числа импульсов, обозначенное на панели непосредственно под индикатором. В данном случае $t = 100$ с.

6.2. Усредните фоновое значение числа импульсов по формуле:

$$\bar{N}_\phi = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m N_i^\phi = (N_1^\phi + N_2^\phi + N_3^\phi) / 3,$$

где $m = 3$ - число измерений.

6.3. Поместите внутрь свинцового домика пробу измеряемого продукта и 3 раза проведите измерение числа импульсов от продукта N_i согласно п.п. 5.2÷5.4. Полученные результаты запишите.

6.4. Определите среднее значение числа импульсов \bar{N} , соответствующего загрязненности продуктов по формуле:

$$\bar{N} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m N_i,$$

6.5. Определите относительную активность исследуемого продукта (число отсчетов за 1 с) по формуле:

$$N_a = (\bar{N} - \bar{N}_\phi) / 100$$

6.6. Определить загрязненность (удельную активность) продукта по формуле:

$$A_{уд} = C \cdot N_a \cdot M_{эт} / M_{пр},$$

где $C = 1.18 \cdot 10^{-10}$ - пересчетный коэффициент [Ки·с/кг];

$M_{эт} = 1$ кг - масса эталона;

$M_{пр}$ - масса продукта, указанная на пробе;

N_a - относительная активность продукта [1/с].

6.7. Определить стандартную погрешность относительной активности исследуемого продукта по формуле:

$$\Delta N_a = \frac{1}{100} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (N_i - \bar{N})^2}{m(m-1)}}$$

6.8. Рассчитать погрешность измерения удельной активности (загрязненности) пробы продукта по формуле:

$$\Delta A_{уд} = C \cdot \Delta N_a \cdot M_{эт} / M_{пр}$$

6.9. Проверить, не превышает ли сумма $A_{уд} + 3\Delta A_{уд}$ соответствующую норму РКУ-90 для Cs-137 (Приложение 1) и сделать вывод о возможности употребления продукта в пищу.

6.10. Повторить пп. 6.1÷6.9 для измерения удельной активности следующего продукта питания.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.
Республиканские допустимые уровни
содержания Cs-137 и Sr-90 (РДУ-96).

Наименование продукта	Бк/кг (л)	Ки/кг (л)
Для радионуклида цезий-137		
Вода питьевая	18.5	$5 \cdot 10^{-10}$
Молоко, кисломолочные продукты, сметана, творог, сыр	111	$3 \cdot 10^{-9}$
Масло сливочное, молоко сгущенное и концентрированное	111	$3 \cdot 10^{-9}$
Молоко сухое	740	$2 \cdot 10^{-8}$
Мясо (говядина, свинина, баранина), птица, рыба, яйца, мясные и рыбные продукты	600	$1.6 \cdot 10^{-8}$
Жиры растительные и животные, маргарин	185	$5 \cdot 10^{-9}$
Картофель	370	$1 \cdot 10^{-8}$
Овощи, садовые фрукты и ягоды, столовая зелень	185	$5 \cdot 10^{-9}$
Хлеб и хлебобулочные изделия	185	$5 \cdot 10^{-9}$
Консервы овощные, фруктовые соки, варенье, ме	185	$5 \cdot 10^{-9}$
Крупа, мука, сахар	370	$1 \cdot 10^{-8}$
Сухофрукты садовые, сушеные грибы и дикорастущие ягоды	3700	$1 \cdot 10^{-7}$
Детское питание	37	$1 \cdot 10^{-9}$
Прочие продукты питания и пищевые добавки	370	$1 \cdot 10^{-8}$
Для стронция-90		
Вода питьевая	0.37	$1 \cdot 10^{-11}$
Молоко натуральное и молокопродукты	3.7	$1 \cdot 10^{-10}$
Картофель	3.7	$1 \cdot 10^{-10}$
Детское питание всех видов в готовом для употребления виде	1.85	$5 \cdot 10^{-11}$
Хлеб и хлебобулочные изделия, крупа, мука, сахар	3.7	$1 \cdot 10^{-10}$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Физические принципы работы детекторов излучений.

Детектор - это устройство, используемое для обнаружения ионизирующих излучений, измерения их энергии и других свойств. Детектор является основным элементом приборов и установок, предназначенных для измерения характеристик излучений.

Действие детекторов основано на регистрации эффекта, вызываемого взаимодействием излучения с веществом детектора. Например, при попадании излучения в вещество могут образоваться свободные электроны и ионы, может возникнуть люминесцентное свечение, излучение Вавилова-Черенкова или инициироваться химические реакции, сопровождающиеся тепловыми явлениями. Детектор преобразует поглощенную энергию в какой-либо другой вид энергии, удобный для регистрации. Обычно применяются детекторы, в которых энергия излучения преобразуется в электрический сигнал.

К наиболее распространенным детекторам относятся ионизационная камера, пропорциональный счетчик, счетчик Гейгера-Мюллера, кристаллический счетчик, полупроводниковый счетчик, сцинтилляционный счетчик и черенковский счетчик. Для научных целей применяются разного рода трековые детекторы, в которых следы частиц наблюдаются визуально, фотографируются или определяются с помощью электронных устройств. К трековым детекторам относятся камера Вильсона, пузырьковая камера, ядерные фотоэмульсии.

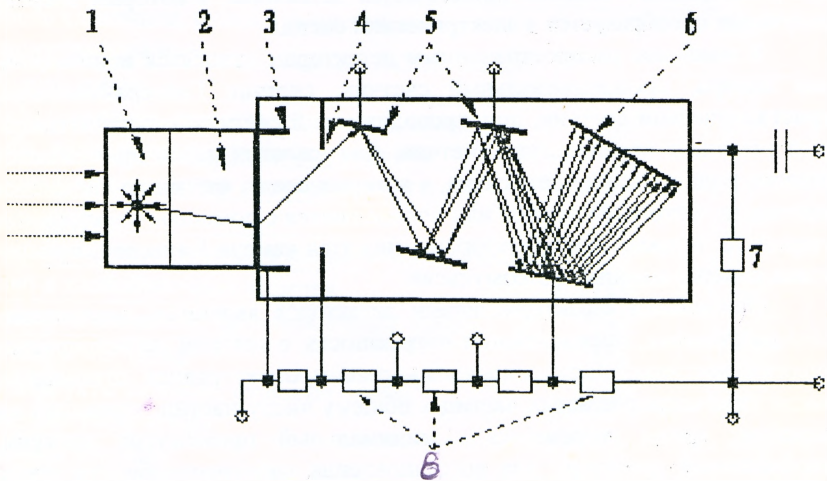
Основными характеристиками детекторов являются: *энергетическое разрешение*, определяющее погрешность, с которой регистрируется энергия частицы; *эффективность регистрации*, равная отношению числа зарегистрированных частиц к общему числу частиц, попавших на детектор; *время разрешения* - минимальный промежуток времени, необходимый детектору для восстановления работоспособности после его срабатывания; *пространственное разрешение* - минимальное расстояние между траекториями регистрируемых частиц, при котором эти траектории различимы.

Сцинтилляционный метод детектирования.

Физическая основа сцинтилляционного метода - возбуждение и ионизация атомов и молекул вещества при прохождении через него заряженных частиц. Через короткое время ($\sim 10^{-6} \div 10^{-9}$ с) возбужденные атомы переходят в основное состояние, испуская световое излучение (это явление называется люминесценцией). Сцинтилляторы представля-

ют собой монокристаллы органических (антрацен, нафталин, толан) и неорганических (NaI, CsI, ZnS) соединений. При выращивании таких кристаллов в них вводятся специальные примеси (активаторы), которые увеличивают плотность центров люминесценции. Принципиальная схема сцинтилляционного детектора показана на рисунке.

Ионизирующее излучение, взаимодействуя с веществом сцинтиллятора 1, создает в нем вспышку света. Некоторая часть фотонов через светопровод 2 попадает на фотокатод 3 фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) и вырывает из него фотоэлектроны. Фотоэлектроны проходят через фокусирующую диафрагму 4 и ускоряются электрическим полем, существующим между умножающими электродами (динодами) 5. Каждый ускоренный электрон, тормозясь в диноде, выбивает из него несколько вторичных электронов, которые благодаря специальной геометрии динодов направляются на следующий динод.



Поток электронов собирается на последнем диноде 6, который называется анодом. Питание ФЭУ осуществляется с помощью высоковольтного стабилизированного напряжения делителем 8. В цепь анода 6 включается сопротивление нагрузки 7, на котором выделяется импульс напряжения. Этот импульс усиливается с помощью линейного усилителя и поступает на счетное устройство, осуществляющее подсчет количества импульсов ФЭУ за определенный промежуток времени.

Контрольные вопросы

1. Как осуществляют контроль «загрязненности» продуктов питания?
2. Какие приборы существуют для определения удельной активности продуктов питания?
3. Принцип действия установки РИС-ЭНКОН и ее основные элементы.
4. Расчетная формула для определения погрешности измерений.
5. Что такое детектор излучений?
6. Основные типы детекторов.
7. Принцип работы сцинтилляционного детектора.
8. Основные характеристики детекторов излучений.

Литература

1. М.Т. Максимов, Г.О. Оджагов. Радиоактивные загрязнения и их измерение. М.: Энергоатомиздат, 1989.- С.29-67.
2. А.В. Аверьянова, В.П. Луговский, И.М. Русак. Что нужно знать о радиации. Мн.: Вышэйшая школа, 1992. С.55-85.
3. А.М. Люцко, И.В. Ролевич, В.И. Тернов. Выжить после Чернобыля. Мн.: Вышэйшая школа, 1990. С.83-87.
4. И.И. Наркевич, Э.И. Волмянский, С.И. Лобко. Физика для ВУЗов. Электричество и магнетизм. Оптика. Строение вещества. Мн.: Вышэйшая школа, 1994. С.513-516.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители: Гладышук Анатолий Антонович
Кушнер Татьяна Леонидовна
Ракович Юрий Петрович
Русаков Константин Иванович
Русакова Зоя Витальевна

Под общей редакцией Раковича Юрия Петровича

"ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ОТ РАДИАЦИИ"

Методические указания по выполнению
лабораторной работы Р-4 (Модуль 3).

" ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ВОДЫ
И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ"

Методические указания по выполнению
лабораторной работы Р-5 (Модуль 3).

Ответственный за выпуск Ракович Ю.П.
Редактор Строкач Т.В.

Подписано к печати 27.05.99. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 11. Уч. изд. л. 125. Заказ № 629. Тираж 200 экз. Бесплатно.
Отпечатано на ризографе Брестского политехнического института,
224017, г. Брест, ул. Московская, 267