

ОТЧЁТ  
по лабораторной работе №114

СНЯТИЕ СЧЁТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЧЁТЧИКА ГЕЙГЕРА

Выполнил студент группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Преподаватель кафедры физики

\_\_\_\_\_

Отметка о защите \_\_\_\_\_

## Лабораторная работа №114

## СНЯТИЕ СЧЁТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЧЁТЧИКА ГЕЙГЕРА

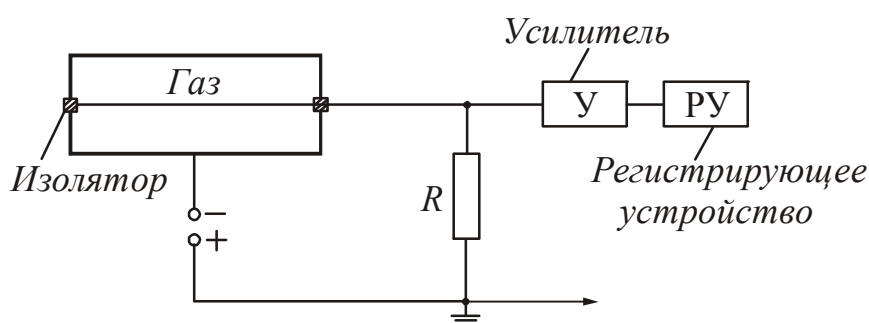
Цель работы – ознакомиться с принципом работы счётчика Гейгера, построить его счётную характеристику и определить ее основные параметры.

Приборы и принадлежности: радиометр со встроенными блоками питания и счёта импульсов, счётчик Гейгера.

## Общие положения

Среди разнообразных методов регистрации радиоактивного излучения наиболее широкое применение получил газоразрядный счётчик (счётчик Гейгера). Он представляет собой тонкостенный стеклянный или металлический цилиндр, наполненный одноатомным газом аргоном при пониженном давлении порядка 100 мм рт. ст.

Схема устройства счётчика представлена на рис. 1. Корпус цилиндра служит катодом. Если он из стекла, то покрывается изнутри тонким слоем металла. Анодом является



центральная тонкая металлическая нить, натянутая вдоль оси цилиндра и изолированная от корпуса. К электродам подведено постоянное напряжение от источника

эдс. Величина тока, проходящего через газ, измеряется по падению напряжения на измерительном сопротивлении.

Газ, заполняющий сосуд, сам по себе не проводит электрического тока. Под действием радиоактивного излучения в объёме счётчика происходит процесс ионизации молекул аргона, т.е. образуются первичные положительные ионы и свободные электроны. При создании достаточной разности потенциалов между электродами счётчика электроны ускоряются электрическим полем, и начинается протекание вторичной (ударной) ионизации газа ионами. В объёме счётчика возникает значительное количество положительных ионов и электронов, которые движутся соответственно к катоду и аноду.

Попадание хотя бы одной ионизирующей частицы (или кванта) в объём счётчика вызывает с определенной вероятностью прохождение через счётчик кратковременного импульса тока, который после усиления регистрируется электромеханическим счётчиком импульсов. Количество импульсов  $n$ , возникающих в счётчике в единицу времени, называется скоростью счёта.

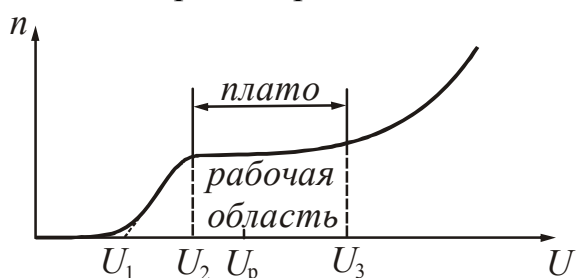
$$n = \frac{N}{t} \quad (1)$$

где  $N$  – количество импульсов, зарегистрированных за время  $t$ .

Скорость счёта зависит от интенсивности излучения и от напряжения, приложенного к электродам.

Важнейшей технической характеристикой счётчика Гейгера является счётная характеристика. Она определяет зависимость числа частиц, регистрируемых счётчиком за единицу времени, от напряжения на счётчике при постоянной интенсивности излучения и неизменном расстоянии от радиоактивного источника. Общий вид счётной характеристики представлен на рис. 2.

При напряжении меньшем  $U_1$ , газовый разряд в счётчике не происходит, так как энергия первичных ионов недостаточна для вторичной (ударной) ионизации.



Напряжение  $U_1$ , при котором на счётчике возникает газовый разряд, называется напряжением начала счёта. Однако при этом напряжении не все возникающие в газовом счётчике импульсы регистрируются электромеханическим счётчиком. Регистрируются лишь те импульсы, амплитуды которых после усиления станут достаточными для срабатывания электромеханического счётчика.

С увеличением напряжения от  $U_1$  до  $U_2$  количество зарегистрированных импульсов увеличивается, так как их амплитуды возрастают, и при  $U_2$ , которое называется напряжением начала плато, регистрируются практически все импульсы.

Участок характеристики счётчика от  $U_2$  до  $U_3$ , на котором скорость счёта мало зависит от приложенного напряжения, называется плато счётчика. Плато имеет некоторый наклон  $\varepsilon$ , который принято выражать относительным увеличением скорости счёта в процентах, рассчитанным на 1 В увеличения напряжения. Наклон плато определяется соотношением:

$$\varepsilon = \frac{(n_3 - n_2) \cdot 100\%}{0,5(n_3 + n_2)(U_3 - U_2)}, \quad (2)$$

где  $n_2$  – скорость счёта при напряжении начала плато  $U_2$ ;

$n_3$  – скорость счёта при напряжении пробоя  $U_3$ .

Лучшие счётчики имеют плато шириной 150–200 В и наклон не более 0,15 % на 1 В.

В качестве рабочего напряжения  $U_p$  счётчика принимается напряжение, соответствующее первой трети ширины плато:

$$U_p = U_2 + \frac{1}{3}(U_3 - U_2) \quad (3)$$

За плато начинается быстрый рост числа отсчётов, связанный с многократной регистрацией каждой частицы. Увеличение скорости счёта в этой области служит предупреждением о том, что счётчик переходит в режим непрерывного разряда и, следовательно, будет испорчен. Подъём напряжения должен быть немедленно прекращен, и режим счётчика возвращен к середине плато.

## Описание экспериментальной установки

Установка состоит из радиометра – прибора, предназначенного для количественной регистрации радиоактивных излучений. Радиометр типа Б-2 состоит из:

1. Блока типа ВСП, включающего в себя высоковольтный выпрямитель для питания газовых счётчиков, пересчётное устройство и электромеханический счётчик;
2. Входного блока с держателем счётчика Гейгера.

Импульсы, возникающие в счётчике после усиления, подаются на пересчётное устройство, которое позволяет подавать на электромеханический счётчик не каждый импульс, а каждый 4-й, 16-й или 64-й. Это расширяет возможности прибора, ограниченные механической частью счётчика, которая при больших интенсивностях излучения может не успевать срабатывать и пропускать импульсы. Электромеханический счётчик фиксирует поступающие импульсы на двух циферблатах, считающих единицы и сотни. Прибор включают на нужный пересчёт с помощью переключателя кратности счёта. При пользовании пересчётом на  $\times 4$ ,  $\times 16$  или  $\times 64$  электромеханический счётчик срабатывает только после регистрации пересчётным устройством соответственно 4-х, 16-ти или 64-х импульсов.

Каждый импульс, поступающий в пересчётный период, фиксируется загорающимися неоновыми лампочками. Если пересчётное устройство выключить раньше, чем очередной раз сработает электромеханический счётчик, то число незарегистрированных им импульсов можно определить, сложив цифры у лампочек, которые будут гореть после выключения счётчика. Поэтому каждый раз перед началом счёта необходимо с помощью кнопки «сброс» выключить весь ряд лампочек.

### Пример расчёта скорости счёта.

Работа производится с пересчётом  $\times 64$ . За 3 минуты сняты следующие показания:

- а) на электромеханическом счётчике на шкале  $\times 100 - 3$   
на шкале  $\times 1 - 15$
- б) неоновые лампочки горят у цифр 32, 8 и 2.

Рассчитаем общее число зарегистрированных импульсов:

$$N = (3 \cdot 100 + 15 \cdot 1) \cdot 64 + (32 + 8 + 2) = 20202 \text{ импульса}$$

Определим скорость счёта:

$$n = \frac{20202}{3} = 6734 \text{ имп/мин.}$$

### Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?

3. Какой график надо построить по результатам работы? Схематично нарисуйте ожидаемую зависимость, укажите ее основные параметры.
4. Запишите формулы, по которым рассчитывается наклон плато и рабочее напряжение. Поясните смысл обозначений.

### Выполнение работы

1. Перед включением прибора регулятор напряжения должен находиться в крайнем левом положении (повернут против часовой стрелки), а ручки переключателей – в положении «выкл». Включить радиометр в сеть и дать прибору прогреться в течение 2-3 мин.
2. Переключатель кратности счёта установить в положение  $\times 64$ . Включить тумблер «пуск». Плавно и очень медленно поворачивая регулятор напряжения, довести напряжение до начала счёта импульсов, что определяют по началу мигания лампочек пересчётного устройства. Источником излучения служит радиационный фон, обусловленный космическим излучением.
3. Выключить тумблер «пуск». Нажать кнопку «сброс». Установить на нуль обе шкалы электромеханического счётчика.
4. Включить одновременно с секундомером тумблер «пуск». Через 3 минуты выключить. Записать показания электромеханического счётчика и показания неоновых лампочек. Нажать кнопку «сброс». Установить на нуль обе шкалы электромеханического счётчика.
5. Последовательно увеличивая напряжение на электродах газоразрядного счётчика на 50 В, повторить измерения согласно п. 4.

**Обратите внимание!** Чтобы счётчик не испортился, измерения надо прекратить, когда скорость счёта импульсов значительно возрастет и будет слышен непрерывный звук работы механического счётчика. Примерное значение максимально допустимого напряжения 900-1000 В.

6. После окончания эксперимента выключить установку в следующей последовательности:
  - а) уменьшить до нуля напряжение на счётчике поворотом ручки регулятора против часовой стрелки до упора;
  - б) нажать кнопку «замыкание высокого напряжения»;
  - в) выключить тумблер «сеть» и вынуть вилку сетевого шнура из розетки.

### Оформление отчёта

#### 1. Расчёты

1. Рассчитать количество зарегистрированных импульсов  $N$  (см. пример в тексте):

$$N = (100N_{100} + N_1)k + \sum N_{\text{л}} \quad (4)$$

где  $N_{100}$  – показание сотен электромеханического счётчика,  
 $N_1$  – показание единиц электромеханического счётчика,  
 $N_{\text{л}}$  – значения показаний возле светящихся неоновых лампочек,  
 $k$  – коэффициент пересчёта.

2. Рассчитать скорость счёта  $n$  по формуле (1).
3. Построить график зависимости скорости счёта от напряжения на электродах газоразрядного счётчика  $n=f(U)$ . Для определения значения напряжения начала счёта  $U_1$ , кривую счётной характеристики следует продолжить до пересечения с осью напряжения.
4. Определить основные параметры счётной характеристики счётчика Гейгера: напряжение начала счёта  $U_1$ , напряжение начала плато  $U_2$ , напряжение пробоя  $U_3$ .
5. Рассчитать:
  - а) ширину плато:  $U_3 - U_2$ ;
  - б) рабочее напряжение  $U_P$  по формуле (3);
  - в) наклон плато  $\varepsilon$  по формуле (2).

## 2. Защита работы

*(ответы представить в письменном виде)*

1. Объясните устройство и принцип работы счётчика Гейгера.
2. Какое излучение регистрировал счётчик Гейгера в данной работе?
3. Сравните график, полученный экспериментально с ожидаемой зависимостью. Сделайте вывод.
4. Почему рабочее напряжение нельзя выбирать за пределами плато?
5. Какие меры безопасности необходимо соблюдать при работе со счётчиком Гейгера? Почему?

**ПРОТОКОЛ**  
измерений к лабораторной работе № 114

Выполнил(а) \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Определение цены деления приборов

№ п/п	Прибор	Предел подключения с указанием единицы измерения	Число делений на шкале прибора	Цена деления с указанием единицы измерения
1	Вольтметр			

№ п/п	$t$ , мин	$U$ , В	коэфф. пересчёта	Показания электромех. счётчика		Показания неон. лампы (цифры)	$N$ , имп.	$n$ , имп/мин
				x100	x1			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Основные параметры счётной характеристики

Напряжение начала счёта  $U_1 =$  \_\_\_\_\_Напряжение начала плато  $U_2 =$  \_\_\_\_\_Напряжение пробоя  $U_3 =$  \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_