МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

НИИ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ЛАБОРАТОРИЯ ОБЩИХ ЯДЕРНОГО И АТОМНОГО ПРАКТИКУМОВ

Контрольный лист инструктажа по технике безопасности

школьников, посещающих Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ.

Инструктаж проводится на основании «Кратких инструкций по технике безопасности для студентов, работающих в общем ядерном практикуме №№ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9», утвержденных директором НИИЯФ в ноябре 2013 г., и правил использования ЭВМ в ОЯП

дата проведения инструктажа « » 201 года

провел

(должность*, Ф.И.О.)*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Группа | Фамилия, имя, отчество полностью | Подпись  студента / ученика | Подпись  Инструкти-­  рующего |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**Краткая общая инструкция № 1**

**по технике безопасности для обучающихся, работающих в общем ядерном практикуме**

В помещениях общего ядерного практикума работают студенты, изучающие курс общей ядерной физики. Помещения практикума являются помещениями с повышенной опасностью.

Питание сети, подаваемое на электрощиты, – 80/220 В. Аппаратура питается напряжением 220 В (напряжение между нулем и фазой).

В практикуме на установках находятся альфа-, бета- и гамма-источники, а также источники нейтронного излучения, но используются только закрытые р/а источники, т.е. источники, в которых р/а вещество защищено специальными герметическими покрытиями и находится в особых защитных контейнерах. Замена р/а источников на установках производится только лаборантом.

Приступая к выполнению задания, студент обязан знать общие правила работы с энергоустановками и р/а веществами, а также изучить установку и порядок выполнения лабораторной работы, которую он будет выполнять по описанию ее в книге «Практикум по ядерной физике».

В помещениях практикума категорически воспрещается:

- трогать, включать и выключать без разрешения преподавателя или дежурного сотрудника практикума аппаратуру;

- самостоятельно менять предохранители и кабели;

- вскрывать приборы и производить ремонт на установках;

- оставлять без присмотра включенную аппаратуру;

- ходить без дела по лаборатории;

- вскрывать систему защиты от р/а излучения и извлекать источники из установок;

- опускать в коллиматоры и пазы, ведущие к р/а источникам, какие-либо посторонние предметы;

- держать руки на пути пучка;

- заглядывать в коллиматоры;

- принимать пищу в помещениях;

- вносить верхнюю одежду в помещения, где проводится работа с р/а изотопами;

- без разрешения преподавателя занимать места на установках, на которых находятся р/а источники.

Студент обязан выполнять только ту работу, которая связана с выполнением его задания.

В случае аварии при разгерметизации р/а источника студент обязан прекратить работу на установке и сообщить преподавателю или дежурному сотруднику практикума. Место радиоактивного загрязнения должно быть огорожено, и должны быть выставлены знаки опасности. Срочно должна быть вызвана служба дозиметрии. Студент должен тщательно вымыть руки, снять халат и выйти в безопасное помещение. Уходить до прихода службы дозиметрии запрещается. Экстренные меры по ликвидации р/а загрязнения проводятся по указанию службы дозиметрии.

По окончании работы необходимо выключить установку, привести в порядок свое рабочее место и сообщить сотруднику лаборатории об окончании своей работы.

**Инструкцию составил:** вед. программист ЛОЯАП Гришин В.С.

**Альфа-спектрометр**

**Описание установки**

Установка состоит из камеры с тремя α-источниками, кремниевого детектора и регистрирующей электронной аппаратуры. В качестве детектора в установке используется полупроводниковый кремниевый детектор. Источники расположены на турели, которая имеет три фиксированных положения поворота и может перемещаться в камере относительно детектора. В режиме измерения крышка камеры должна быть закрыта, чтобы на детектор не попадал свет. Электронная регистрирующая аппаратура состоит из зарядочувствительного предусилителя, усилителя. Импульсы с усилителя поступают в аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), который служит интерфейсом ЭВМ.

*Зарядочувствительный предусилитель* служит для преобразования информации о заряде, образовавшемся в чувствительной области детектора в амплитуду импульса.

*Усилитель* усиливает и формирует сигналы для улучшения соотношения «сигнал – шум».

*Аналого-цифровой преобразователь* (АЦП) служит для измерения амплитуд импульсов, т.е. для перевода аналоговой информации в цифровую. Он генерирует число, линейно зависимое от амплитуды входного сигнала. Событие, обработанное АЦП, фиксируется в соответствующей определенному диапазону амплитуд ячейке памяти (канале). Каналы последовательно нумеруются так, что большим амплитудам соответствуют большие номера каналов. По мере набора статистики в памяти ЭВМ формируется распределение «номер канала – количество событий», которое после проведения измерений можно наблюдать на мониторе или распечатать.

*Источник напряжения смещения детектора* служит для создания электрического поля, под воздействием которого собираются заряды, образовавшиеся в детекторе при ионизации, производимой в чувствительном слое регистрируемой частицей.

Блок схема альфа-спектрометра: 

**Сцинтилляционный спектрометр**

Для регистрации γ-квантов часто используются сцинтилляционные детекторы.

Когда гамма-квант попадает в детектор, в результате трех процессов – фотоэффекта, эффекта Комптона и образования электрон-позитронных пар – образуются заряженные частицы. В сцинтилляторах при прохождении через них заряженных частиц возникают световые вспышки. Интенсивность световой вспышки пропорциональна энергии, потерянной частицей в сцинтилляторе.

Сцинтилляционный спектрометр состоит из сцинтиллятора и фотоэлектронного умножителя. Для регистрации γ-излучения в сцинтилляционных спектрометрах используют взаимодействия γ-квантов с веществом сцинтиллятора. Результатом всех трех основных процессов взаимодействия γ-квантов с веществом (фотоэффекта, комптоновского рассеяния и рождения пар) является передача энергии γ-кванта вторичным частицам – электронам и позитронам. При прохождении заряженных вторичных частиц через вещество их энергия тратится на возбуждение и ионизацию

среды. Переходы с возбужденных состояний сцинтиллятора на более низкие уровни

энергии сопровождаются излучением фотонов: в сцинтилляторе возникает световая вспышка. Таким образом, сцинтиллятор трансформирует энергию падающего γ-кванта в большое количество вторичных γ-квантов низких энергий-фотонов флюоресценции.

Возникшие в сцинтилляторе под действием падающего пучка γ-квантов вторичные фотоны попадают на фотокатод. Фотокатод нанесен на внутреннюю торцевую поверхность стеклянного баллона ФЭУ, в котором создан вакуум, необходимый для

свободного движения электронов. Под действием фотонов происходит фотоэффект на фотокатоде с вылетом электронов, которые попадают в электронно-оптическую систему

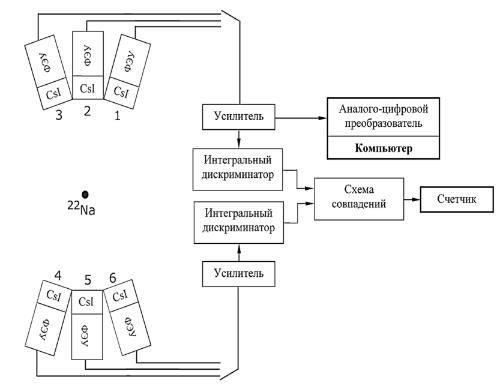
«фотокатод – диноды (электроды)». В результате вторичной электронной эмиссии на динодах электроны выбивают из них вторичные электроны, образуя нарастающую от

динода к диноду электронную лавину. Форма динодов подобрана для эффективного ускорения и фокусировки вторичных электронов. Между динодами поддерживается разности потенциалов 100–150 В. Общий коэффициент усиления ФЭУ, имеющих обычно от 10 до 14 динодов, достигает величин порядка 106–109.

Амплитуда импульса напряжения, создаваемого на нагрузке последнего динода (анода) ФЭУ, обычно составляет несколько десятых вольта и пропорциональна энергии, потерянной частицей в сцинтилляторе.

**Описание установки**

Блок-схема установки показана на рисунке. Регистрация γ-квантов осуществляется шестью неподвижными сцинтилляционными спектрометрами, установленными друг напротив друга. Регистрация аннигиляционных фотонов происходит в двух режимах: счетном и аналитическом. В счетном режиме регистрация фотонов проводится с помощью пересчетного устройства ПСО 2.2 eM. Выбор ФЭУ осуществляется тумблерами на передней панели установки, вынесенной в отдельный блок. Также схема совпадений позволяет проводить измерения одновременно для двух ФЭУ. В аналоговом режиме можно получить энергетический спектр регистрируемых фотонов с помощью многоканального анализатора.



**«Стык наук»**

Уроженец Одессы, выпускник Ленинградского университета 24-летний Георгий Гамов имел в 1928 году редчайшую в СССР профессию: физик-теоретик. В том году он приехал в Англию поработать у Резерфорда, и первооткрыватель атомного ядра предложил новичку «горячую» задачу. Было известно, что излучение, возникающее при радиоактивном распаде атомных ядер, содержит два типа частиц, которые Резерфорд назвал «альфа» и «бета». Известна была и природа этих излучений: в частности, в альфа-частице опознали ядро атома гелия, состоящее из двух нейтронов и двух протонов (название «протон» тоже предложил Резерфорд!); возник новый термин «альфа-распад». Однако в этой стройной картине появилась и тёмное пятнышко: покидая материнское ядро, альфа-частица должна преодолеть так называемый потенциальный барьер, созданный ядерными силами притяжения. А расчёты показывали, что работа частицы по преодолению барьера оказывалась больше, чем энергия самой частицы. Возникал парадокс: с точки зрения классической механики такое явление, нарушающее закон сохранения энергии, было невозможно, но оно наблюдалось!

Размышляя над парадоксом, российский теоретик обратил внимание на внешнее сходство недавно найденного уравнения, описывающего движение атомных объектов, — уравнения Шрёдингера и классического уравнения, описывающего прохождение света через неоднородную среду. Шрёдингер формально представлял движение атомного объекта с помощью особого типа волн — так называемых волновых функций. Пользуясь образным определением американского пионера статистической физики Д. Гиббса: «Математика есть искусство называть разные предметы одним именем», — можно было увидеть аналогию между проникновением альфа-частицы через потенциальный барьер и просачиванием световых волн через непрозрачный слой в режиме НПВО. От аналогии волновых уравнений оставался один шаг к аналогии решений — и этот шаг был сделан: появилась формула Гамова, выражающая, в нарушение привычной механики, экспоненциально малую, но конечную вероятность пролёта частицы сквозь барьер, то есть вероятность альфа-распада атомного ядра. Этот эффект закона сохранения энергии не нарушает. В определении импульса квантовой частицы ρ и координаты х всегда присутствуют неопределённости ∆ ρ и ∆ х, связанные с постоянной Планка ћ фундаментальным «принципом неопределённости» Гейзенберга: ∆ ρ∆ x ≥ ћ/2; при этом «неопределённость» импульса частицы, пролетающей сквозь барьер, допускает «неопределённость» координаты «за барьером». Следует подчеркнуть, что ввиду малости постоянной ћ эти рассуждения имеют смысл лишь для атомных (и меньших) масштабов.

Полученное выражение очень напоминало формулу для ослабления светового потока при НПВО. Сенсация!

Как сказали бы сегодня, сенсация возникла на «стыке двух наук» — оптики и той новой науки, для которой Макс Борн придумал название «квантовая механика». Триумфом стало и первое приложение идей квантовой механики к другой зарождающейся науке — ядерной физике.

После работы Гамова сформировалось новое понятие волновой физики — **туннелирование**. Понятие сразу прижилось, вместо качественных описаний типа «частичное проникновение волн» или «просачивание частиц» появилось целое семейство породнённых терминов — туннельная эмиссия и туннельный переход; в следующем поколении заговорили про туннельные диоды и туннельные микроскопы. Сам автор теории альфа-распада к своей пионерской работе больше не возвращался, его необыкновенная научная судьба только начиналась. Впереди было бегство из СССР в 1933 году, теория «горячей Вселенной», расшифровка генетического кода, работа в Университете Боулдера (США) в 11-этажной башне, названной потом в честь знаменитого одессита, так, увы, и не ставшего нобелевским лауреатом, «башней Гамова».

А теория альфа-распада, ответив на один вопрос, породила вскоре другой, не менее острый…