

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО РАДИАЦИОННОГО ФОНА В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ

Карнаухов А.А. ст.гр. ПН-141м

Научный руководитель доц. Кудленко В.Г.

Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля

Лабораторные работы по физике демонстрируют действие физических законов и тем самым возбуждают у студентов интерес к предмету, воспитывают в них творческую инициативу. Обычно они тесно связаны с лекционным курсом. Поскольку значительная часть курса связана с физикой прошлого века, большинство лабораторных работ известны в течении многих десятилетий, если не больше.

Почувствовать дух современной науки студент может при выполнении лабораторных работ по ядерной физике [1]. Постановке таких работ с использованием искусственных радиоактивных источников часто препятствуют бюрократические нормы, преодоление которых требует времени и финансовых затрат. Избежать этого можно, используя в качестве источника излучений естественный радиационный фон.

В физическом практикуме для студентов ВНУ им. В.Даля, обучающихся по специальности «Прикладная физика», таких работ несколько:

1. Статистические ошибки измерений в ядерной физике.
2. Снятие характеристики счетчика Гейгера-Мюллера по космическому излучению.
3. Дозиметрия ядерных излучений.
4. Оценка периода полураспада короткоживущих атомных ядер.
5. Регистрация мюонов космического излучения на поверхности Земли.
6. Изучение активности препарата, содержащего торий.

Первые три работы являются достаточно известными. Четвертая работа убедительно доказывает наличие радоновой опасности.

Детального внимания, на наш взгляд, заслуживает пятая из перечисленных лабораторных работ, вариант выполнения которой представлен ниже.

Космическое излучение – это стабильные частицы и ядра атомов, зародившиеся и ускоренные до высоких энергий где-то вне Земли.

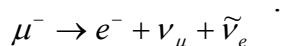
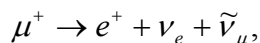
Это излучение имеет галактическое (энергии до 10^{20} эВ и выше) и солнечное происхождение (энергии $\leq 10^{10}$ эВ). В состав космического излучения входит: примерно 90% протонов, 7% α -частиц, 1% электронов и позитронов. В оставшейся доле содержатся ядра более тяжелых элементов. Заметная трансформация первичных космических лучей в атмосфере начинается на глубине примерно 3 г/см^2 , что соответствует высоте примерно 40 км (граница атмосферы).

В процессе взаимодействия протонов с ядрами атомов атмосферы с большой вероятностью происходит множественное рождение π -мезонов (0,9), с вероятностью 0,05 – 0,1 – К-мезонов, с вероятностью около 0,01 гиперонов и антипротонов и с еще меньшей вероятностью электронов, позитронов и мюонов [2].

Образовавшиеся нейтральные пионы из-за малого времени их жизни практически сразу распадаются на два гамма-кванта, давая тем самым, начало электрон-фотонной компоненте. Заряженные пионы распадаются по схемам:



Максимальная генерация мюонов приходится на высоту ~ 15 км. Собственное время жизни мюонов составляет $\sim 2 \cdot 10^{-6}$ с, а скорость близка к скорости света, и именно в силу релятивистского замедления времени мюонам удается достичь земной поверхности. В конце жизни мюоны распадаются по схемам:



На уровне моря вторичное космическое излучение состоит в основном из мюонов (жесткая компонента), электронов и гамма-квантов (мягкая компонента). Эти компоненты разделяются слоем свинца ~ 5 см и это свойство используется для решения данного задания.

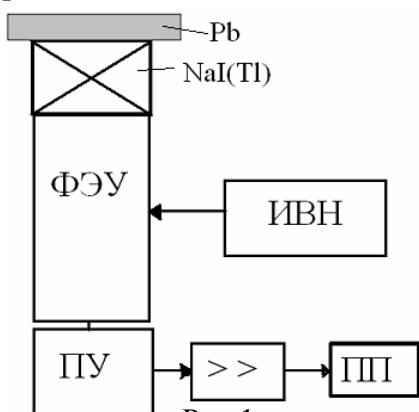


Рис.1

Блок-схема установки для этой лабораторной работы представлена на рис.1, где использованы следующие обозначения: ФЭУ – фотоэлектронный умножитель типа ФЭУ-82 ; ПУ – предварительный усилитель; ИВН – источник высокого напряжения.; ПП – пересчетный прибор; >> - спектрометрический усилитель; NaI(Tl) – сцинтиллирующий кристалл; Pb – слой свинца. Сцинтилляционный детектор находится в свинцовой защите (на рис.1 не показана). В верхней части Pb защиты её толщина может изменяться.

Таблица результатов, полученных в одном из опытов, представлена ниже. В отсутствие поглотителя и для

каждого слоя свинца измерения, в которых фиксировалось количество отсчетов детектора в течение 1 мин, проводились три раза. Видно, что уже расположение первого слоя заметно уменьшает темп счета детектора. Это доказывает, что на поверхности Земли космическое излучение состоит из двух компонент – мягкой, которая быстро поглощается свинцом, и жесткой, которая проходит практически без поглощения более 14 см свинца.

$N n/n$	D, cm	N_1	N_2	N_3	N_{cp}	$\Delta(N) = \sqrt{N}$
1	0	1400	1448	1198	1349	37
2	1,6	793	737	789	773	28
3	3,2	662	676	632	657	26
4	4,8	607	722	758	696	26
5	6,3	646	692	623	654	26
6	7,5	488	566	647	567	24
7	9,7	527	547	543	539	23
8	11,3	535	540	560	545	23
9	13,0	493	520	533	515	23
10	14,6	543	590	587	573	24

За измеренную интенсивность потока мюонов J_μ можно принять интенсивность излучения, прошедшего слой свинца толщиной ≈ 10 см. Для мягкой компоненты $J_e = J - J_\mu$. Зная, что в детекторе сцинтиллятор цилиндрической формы диаметром и высотой 63

мм, можно оценить геометрический фактор установки k и определить абсолютные значения плотности потока компонент $J_0 = J/k$ как число частиц/(см²·с·стер). Эффективность регистрации детектора можно принять равной 100%.

В качестве дополнительного задания студентам предлагается, кроме телесного угла, учивать в геометрическом факторе установки угловое распределение космического излучения относительно вертикального направления в виде $J = J_0 \cos^2\theta$, где θ – угол прилета относительно вертикального направления.

1. Образованный ученый / Пер. с англ. А.В. Митрофанова. – М.: Наука. – 1979.
2. Мурзин В.С. Физика космических лучей. – М.: Изд-во МГУ - 1979.