

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
ФИЗТЕХ-ШКОЛА РАДИОТЕХНИКИ И КИБЕРНЕТИКИ

Изучение поглощения космических лучей в свинце

Работу выполнил:
Шурыгин Антон Алексеевич, группа Б01-909

Долгопрудный, 2021

Содержание

1	Теоретические положения	3
2	Экспериментальная установка	4
3	Ход работы и обработка данных	5
4	Вывод	8

Цель работы: измерить зависимость интенсивности космического излучения в лаборатории от толщины свинца, оценка верхней границы отношения жесткой и мягкой компонент.

Оборудование: космический телескоп, блок управления и индикации.

1 Теоретические положения

Космические лучи - это заполняющие все космическое пространство микрочастицы с высокой энергией, называемые также первичным космическим излучением. Вторичное космическое излучение вследствие прохождения космических лучей через атмосферу по пути к Земле. Оно состоит из следующих компонент:

- адронная (ядерно-активная) компонента, взаимодействующая с ядрами элементов, составляющих атмосферный слой. Состоит компонента из нуклонов и мезонов.
- жесткая (мюонная) компонента, которая генерируется в результате распада заряженных пионов.
- мягкая (электронно-фотонная) компонента возникающая из-за распада нейтральных пионов с образованием квантов высокой энергии, которые при столкновении с атомным ядром рожают электронно-позитронную пару последняя в свою очередь испускает тормозные кванты, создавая лавинообразный процесс, происходящий до тех пор, пока энергия не уменьшится до критической энергии в в воздухе порядка 72 МэВ.

Атмосфера сильно поглощает адронную и мягкую компоненты вторичного излучения, до Земли доходят фактически только высокоэнергетические галактические лучи с энергией более 10^{10} эВ, так, например, на уровне моря интенсивности жесткой и мягкой компонент составляют:

$$I_{\text{ж}} = 1,7 \cdot 10^{-2} \frac{\text{част}}{\text{см}^2}$$

$$I_{\text{м}} = 0,7 \cdot 10^{-2} \frac{\text{част}}{\text{см}^2}$$

В данной работе исследуется прохождение космических лучей через вещество (свинец).

Учтем в работе, что измерения проводятся в лаборатории, и мягкая компонента излучения практически полностью поглощается перекрытиями. Поэтому доля мягкой компоненты, дошедшей до пластин и способной в них поглотиться, мала по сравнению с полным потоком вторичного излучения, и реально мы оцениваем только верхнюю границу $\frac{I_{\text{м}}}{I_{\text{ж}}}$.

2 Экспериментальная установка

Основой установки является телескоп, отбирающий для регистрации лишь те частицы, которые приходят в определенном направлении внутри телесного угла, определяемого геометрией детекторов. Установка состоит из двух детекторов частиц – сцинтилляционных счетчиков, набора свинцовых фильтров и электронных схем, служащих для регистрации и дискриминации сигналов от детекторов.

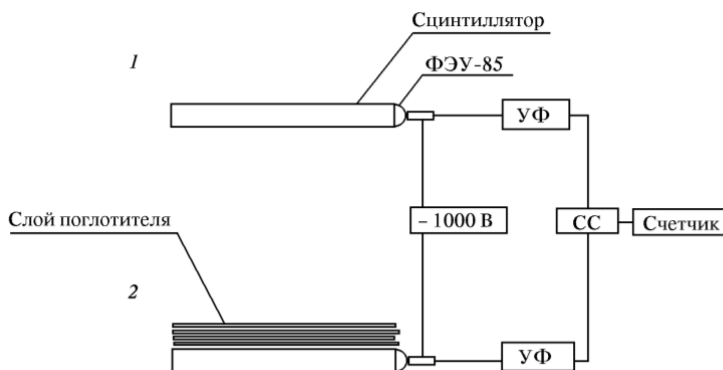


Рис. 1 Схема экспериментальной установки

Регистрация световых вспышек от сцинтилляторов производится с помощью ФЭУ-85, напряжение питания на каждый ФЭУ подается от ста-

билизованного высоковольтного выпрямителя. Сигналы с ФЭУ поступают на усилители-формирователи, а затем на схему двойных совпадений. Схема совпадений формирует на выходе сигнал только в том случае, если в обоих детекторах появились сигналы, совпадающие во времени в интервале, равной разрешающему времени схемы. Число зарегистрированных импульсов регистрируется пересчетным прибором.

3 Ход работы и обработка данных

Ниже представлены результаты измерений, число частиц измерялось за время $t = 900$ с.

Погрешность измерения штангенциркулем положим $\sigma_d = 0,01$ см.

Погрешность измерения излучения, будем полагать, находится в 10% от измеренной величины. Погрешность обусловлена сложностью процесса излучения. Основное упрощение в нашей модели - учет потери энергии при прохождении через свинцовые пластины. Поэтому такая большая погрешность.

N_0	d, см	Ni	σ_d , см	$\sigma_{Ni, \text{стат}}$
1	0	1127	0	113
2	0,92	1053	0,01	105
3	2,54	1012	0,01	101
4	4,42	937	0,01	94
5	5,68	924	0,01	92
6	7,36	898	0,01	90
7	8,84	864	0,01	86
8	10,55	842	0,01	84
9	13,16	811	0,01	81

Таблица 1 : данные для графика

Известно, что мягкая (электронно-фотонная) компонента космического излучения почти полностью поглощается слоем свинца толщиной 10 - 15 см, а жесткая (мюонная) практически не поглощается. Имея это

в виду, вычитаем из значений n на предыдущем графике значение, соответствующее $d = 131$ мм.

N	d, см	$N_{i_{\text{мягк}}}$	σ_d , см	$\sigma_{N_{i_{\text{мягк}}}, \text{стат}}$
1	0	316	0	32
2	0,92	242	0,01	24
3	2,54	201	0,01	20
4	4,42	126	0,01	13
5	5,68	113	0,01	11
6	7,36	87	0,01	9
7	8,84	53	0,01	5
8	10,55	31	0,01	3
9	13,16	0	0,01	0

Таблица 2 : данные для графика

Построим графики зависимости по таблицам 1, 2.

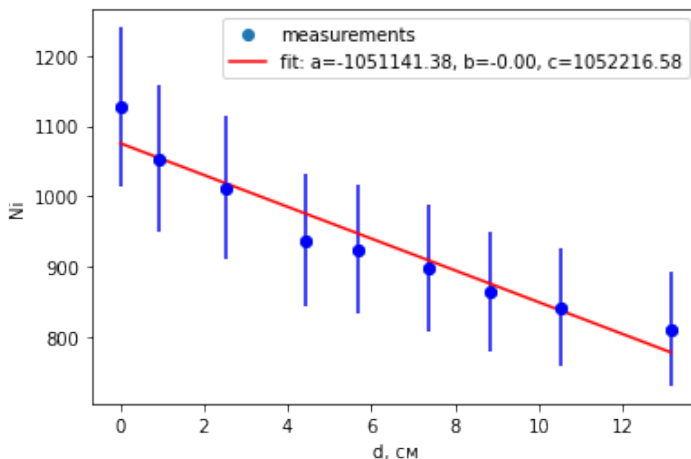


Рис. 2 Зависимость числа прошедших частиц от толщины свинца

Заметим, что данные первого графика оказались слишком проблемными для аппроксимации экспонентой, поэтому кривая выродилась

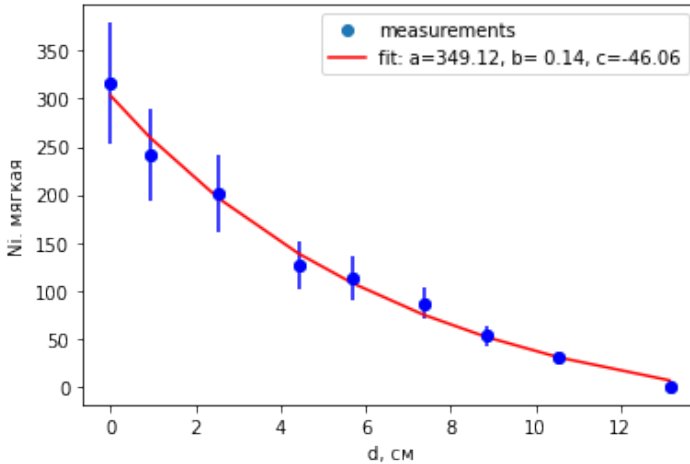


Рис. 3 Зависимость числа прошедших частиц (мягкая компонента) от толщины свинца

в прямую. В любом случае рассчитаем искомое отношения компонент.

Используя формулу:

$$\frac{I_M}{I_{жк}} = \frac{N_{i(d=0)} - N_{i(d=\max)}}{N_{i(d=\max)}}$$

$$\sigma_{\frac{I_M}{I_{жк}}} = \frac{I_M}{I_{жк}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{N_{i(d=0)}} + \sigma_{N_{i(d=\max)}}}{N_{i(d=0)} - N_{i(d=\max)}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{N_{i(d=\max)}}}{N_{i(d=\max)}} \right)^2}$$

и полученную аппроксимацию с учетом погрешности измерения:

$$N_{i(d=0), \text{approx}} \approx (1075,20 \pm 113) \frac{\text{част}}{\text{см}^2},$$

$$N_{i(d=\max), \text{approx}} \approx (777,68 \pm 81) \frac{\text{част}}{\text{см}^2}, \Rightarrow$$

$$\frac{I_M}{I_{жк}} \approx 0,382 \pm 0,046$$

В пределах погрешности полученное отношение совпадает с теоретическим значением, приведенным в теоретическом положении.

4 Вывод

В предложенной работе была получена зависимость мягкой и жесткой, только мягкой компонент излучения от толщины свинцовых пластин. В обоих случаях зависимость аппроксимировалась экспонентой.

График 1 приблизить экспонентой получилось сложнее в виду большего количества частиц \rightarrow большего накопления ошибки.

Из построенной аппроксимации с учетом вычисленных погрешностей получили верхнюю границу отношения мягкой и жесткой компонент.

Измеренное значение:

$$\frac{I_M}{I_{ж}} \approx 0,382 \pm 0,046$$

Полученные результаты хорошо совпадают с теоретическим значением в пределах погрешности.

Теоретическое значение:

$$\frac{I_M}{I_{ж\text{ theor}}} \approx 0,412$$