

2. КАЛОРИМЕТРЫ

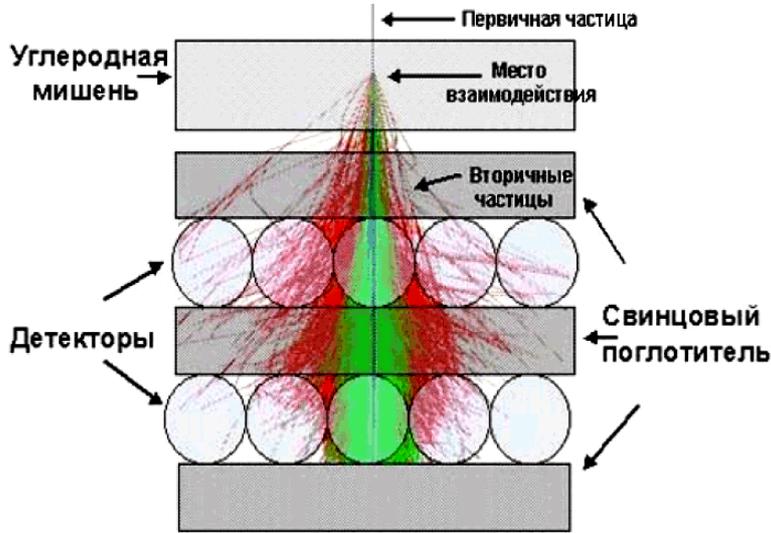


Рис. 1. Калориметр для измерения энергии элементарных частиц.

Калориметры предназначены главным образом для измерения полной энергии высокоэнергичных (в том числе и нейтральных) частиц. Детекторы с газовой и жидкой рабочей средой не удобны для этой цели, так как имеют низкую плотность. Однородные твёрдотельные детекторы (сцинтилляторы, полупроводники и др.) также невозможно изготовить таких размеров, чтобы обеспечить полное поглощение энергии релятивистских и слабоионизирующих частиц. Проблема решается использованием «сэндвичей»,

состоящих из чередующихся слоёв поглощающих и детектирующих сред. В качестве поглотителей могут быть взяты такие плотные и сильно поглощающие материалы как железо и свинец. В качестве детекторов — твёрдые сцинтилляторы или свинцовые стёкла, эффективно генерирующие черенковское излучение. Частица, попадая в такой твёрдотельный сэндвич, создаёт быстро размножающийся по мере продвижения вглубь калориметра каскад (ливень) вторичных частиц. Энергия первичной частицы трансформируется в энергии частиц каскада, а также в возбуждение и ионизацию среды. Если обеспечить размеры калориметра достаточные для остановки и поглощения всех вторичных частиц, то задача будет решена сбором и суммированием всех сигналов с детектирующих слоёв.

Калориметры делятся на два класса — электромагнитные и адронные. Электромагнитные калориметры служат для измерения энергии электронов, позитронов и фотонов с энергией больше 100 МэВ (они пригодны и для регистрации мюонов). Каскад вторичных частиц развивается за счёт генерации тормозного излучения и рождения электрон-позитронных пар. Толщина электромагнитного калориметра - десятки сантиметров. В адронных калориметрах первичный адрон производит главным образом вторичные адроны в реакциях неупругого взаимодействия. Адронные ливни имеют большие размеры, чем электромагнитные (соответственно толщина адронного калориметра может достигать нескольких метров), и подвержены значительно большим флуктуациям в числе и типе вторичных частиц. Кроме того, лишь небольшая доля энергии первичного адрона остаётся в детектирующем материале калориметра. В этой связи энергетическое разрешение адронных калориметров в десятки раз хуже электромагнитных. Энергетическое разрешение калориметров $\Delta E/E$ пропорционально $\frac{1}{\sqrt{E}}$, т. е. улучшается с ростом энергии. При энергии частицы 100 ГэВ оно составляет доли процента для электромагнитного калориметра и проценты для адронного. Временное разрешение калориметра определяется «быстродействием» его детектирующей среды.