

5298

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛА

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



P13 - 5298

В.А. Бирюков, В.Г. Зинов, А.Д. Конин

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ЦЕНТРА
ТЯЖЕСТИ ПУЧКА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
С ПОМОЩЬЮ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ КАМЕРЫ

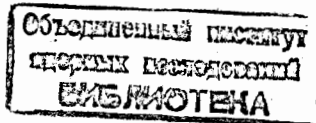
1970

P13 - 5298

В.А. Бирюков, В.Г. Зинов, А.Д. Конин

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ЦЕНТРА
ТЯЖЕСТИ ПУЧКА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
С ПОМОЩЬЮ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ КАМЕРЫ

Направлено в ПТЭ



В настоящее время известны способы измерения координат места пролета заряженных частиц с помощью пропорциональных камер^{/1,2,3/}. Принципиальная схема одной из модификаций такой камеры приведена на рис. 1. Параллельно натянутые нити катодного электрода одним из своих концов присоединены к отводам из резисторов с одинаковым сопротивлением. С одной или двух сторон от катода расположены анодные электроды. При пролете заряженной частицы около какой-либо нити возникающий ток разделится на две части обратно пропорционально сопротивлениям соответствующих участков цепи. Если концы цепочки из резисторов нагружены на усилители токов^{/3/}, имеющие практически нулевое входное сопротивление, то координата места пролета заряженной частицы определяется отношением $K \sim I_B / (I_A + I_B)$, где I_A и I_B — амплитуды сигнала на соответствующих концах цепи.

Определяя координаты отдельных частиц, можно получить, при использовании подходящей системы накопления информации, и распределение плотности частиц в пучке^{/4,5/}. Однако координаты центра тяжести пучка отсюда можно определить лишь путем последующего аналитического расчета. (Заметим, что другие известные способы позволяют определить эти координаты для пучка произвольной формы также лишь путем расчета на основе измеренного профиля пучка). Кроме того, при больших нагрузках этот способ не пригоден из-за наложения импульсов друг на друга. В то же время во многих случаях очень важно измерять непосредственно координаты центра тяжести пучка заряженных частиц и следить за смещением центра тяжести во времени как при малых, так и при больших интенсивностях пучка. Таких способов, пригодных для пучков произвольного сечения, в настоящее время не существует.

1. Предлагаемый метод позволяет это сделать. Как указывалось выше, при пролете через камеру (рис. 1) малого количества частиц определяется координата места пролета каждой из них. При повышении интенсивности пучка и определенном интегрировании импульсов через нагрузку фактически начинает течь постоянный ток. Ток, текущий от каждой нити, пропорционален плотности потока частиц вблизи нее. При этом на входе усилителей А и В потекут токи:

$$I_A = \sum_{k=1}^N i_k \frac{[N - (k - \frac{1}{2})]r + R_B}{Nr + R_A + R_B}, \quad I_B = \sum_{k=1}^N i_k \frac{(k - \frac{1}{2})r + R_A}{Nr + R_A + R_B}, \quad (I)$$

где k - номер нити, i_k - ток ионов, собранных на k -ую рабочую нить, N - число нитей. Поскольку входное сопротивление усилителей токов мало, можно положить в формулах (I) $R_A = R_B = 0$. При этом отношение токов

$$\frac{I_B}{I_A + I_B} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\sum_{k=1}^N i_k (k - \frac{1}{2})}{\sum_{k=1}^N i_k} = \bar{K} \quad (2)$$

есть просто координата центра тяжести пучка в относительных единицах.

Таким образом, переход от измерения импульсных сигналов к измерению постоянных токов при интегрировании, соответствующем интенсивности пучка и скорости его перемещения, дает возможность непосредственного определения координат центра тяжести пучка и позволяет непрерывно наблюдать изменение их во времени.

2. Таким же методом возможно измерение координат центра тяжести пучка с помощью другой модификации камеры^{/3/}, в которой используется единая нить с большим удельным сопротивлением, расположенная зигзагообразно по всей рабочей площади камеры. Здесь

вместо цепочки из резисторов, применяемой в первом случае, используется распределенное сопротивление рабочей нити, причем приведенные выше формулы справедливы и для этого случая.

3. Для практического применения в ряде случаев может оказаться удобным способ сравнения токов с помощью мостовой схемы (рис. 2), которая является частным случаем схемы рис. 1. Здесь могут быть использованы пропорциональные камеры обеих модификаций, упомянутых выше. Двумя плечами моста являются сопротивления r_A и r_B двух концов рабочей цепи камеры, другими двумя — плечи потенциометра R_A и R_B . Для сбалансированного моста разность потенциалов в точках А и В равна нулю: $\Delta V = I_A R_A - I_B R_B = 0$. Воспользовавшись соотношениями (1), получаем:

$$R_A = \frac{R}{N} \cdot \frac{\sum_{k=1}^N i_k (k - \frac{1}{2})}{\sum_{k=1}^N i_k}$$

где $R = R_A + R_B$. Отсюда видно, что координата центра тяжести пучка \bar{K} линейно зависит от R_A :

$$R_A = \text{Const} \cdot \bar{K}. \quad (3)$$

Если потенциометр градуирован в единицах измерения координаты, ее определение практически сводится к установлению нулевой разности потенциалов в точках А и В путем перемещения средней точки потенциометра.

Можно воспользоваться и более простым вариантом мостовой схемы, в которой положение средней точки потенциометра зафиксировано. Отклонение центра тяжести пучка от фиксированного положения камеры определяется механическим перемещением (с соответствующим отсчетом) камеры до момента баланса моста. Этот способ может быть

применен также для выведения центра тяжести пучка в заданную точку перемещением пучка с помощью соответствующих устройств.

Описание способов в п.п. 1, 2 и 3 ради простоты дано для одной координаты (X) центра тяжести пучка частиц. Для измерения второй координаты (Y) можно использовать анодный электрод, который должен иметь такую же конструкцию, как и катодный. При этом направление рабочих участков нитей одного электрода должно быть перпендикулярно направлению рабочих участков нитей другого. Конечно, можно также применить для этой цели и вторую камеру.

4. Экспериментальная проверка метода была выполнена с помощью устройства, описанного в работе^{/3/} и соответствующего модификации п.2. Катодный электрод пропорциональной камеры был сделан из единой проволоки, натянутой зигзагообразно на плексигласовую рамку так, что расстояние между параллельными рабочими участками нити было равно 0,7 см. Полное сопротивление проволоки составляло около 7,5 ком. По обе стороны от катодного электрода располагались анодные электроды, причем один из них - сплошной - был сделан из листа дюралюминия, а другой - "прозрачный" - выполнен в виде металлической рамки с натянутой на нее проволокой.

Поток частиц создавался α -источником, перемещавшимся параллельно плоскости катодного электрода в направлении, перпендикулярном направлению рабочих нитей. Диаметр расходящегося пучка в плоскости катодного электрода был равен около 5 см, полный поток частиц составлял примерно 10^5 сек⁻¹. Счетчик с источником помещались в объем, наполненный очищенным метаном до давления 190 торр.

На рис. 3 представлена зависимость коэффициента газового усиления M от рабочего напряжения на камере. Измерения делались по

току, снимаемому со всего рабочего электрода. Диаметр рабочих проволок 50 мкм, межэлектродные промежутки 1 см.

Для измерения токов, протекающих на концах цепи катодного электрода, были использованы компенсационные усилители постоянного тока чувствительностью 1,5 мкА на всю шкалу. Входное сопротивление усилителей составляло не более 1 ома. При перемещении источника с шагом 1 см в каждом из фиксированных положений измерялся суммарный ток, стекающий со всех нитей рабочего электрода, т.е. в наших обозначениях $I_A + I_B$, а также ток, протекающий на одном из концов цепи, именно I_B .

Результаты измерений представлены на рис. 4, где по оси абсцисс отложена величина перемещения источника X , измеренная в см, а по оси ординат - отношение $I_B / I_A + I_B$. Из рисунка можно видеть, что измеренные точки хорошо ложатся на прямую. Это служит экспериментальным подтверждением линейной зависимости координаты центра тяжести пучка от отношения токов (2). Основная погрешность в определении отношения токов зависит от точности снятия показаний с прибора. Отклонение от прямой нескольких крайних точек связано с тем обстоятельством, что при расположении пучка над крайними рабочими нитями часть пучка выходит за рабочую область камеры, и регистрируется центр тяжести оставшейся части пучка.

Как указывалось в работе ^{13/}, перемещение узкого коллимированного пучка частиц в направлении, перпендикулярном направлению рабочих нитей, с шагом, меньшим расстояния между нитями, должно приводить к ступенчатой зависимости отношения амплитуд токов $I_B / I_A + I_B$ от величины перемещения источника. При измерениях с широким пучком частиц результат суммируется по многим нитям, и неоднородностей наблюдаться не должно. Контрольные измерения в центре

камеры с шагом 0,2 см действительно не обнаружили в пределах точности измерений (1%) наличия отклонений от прямой линии (см. сгущение точек в центре на рис. 4).

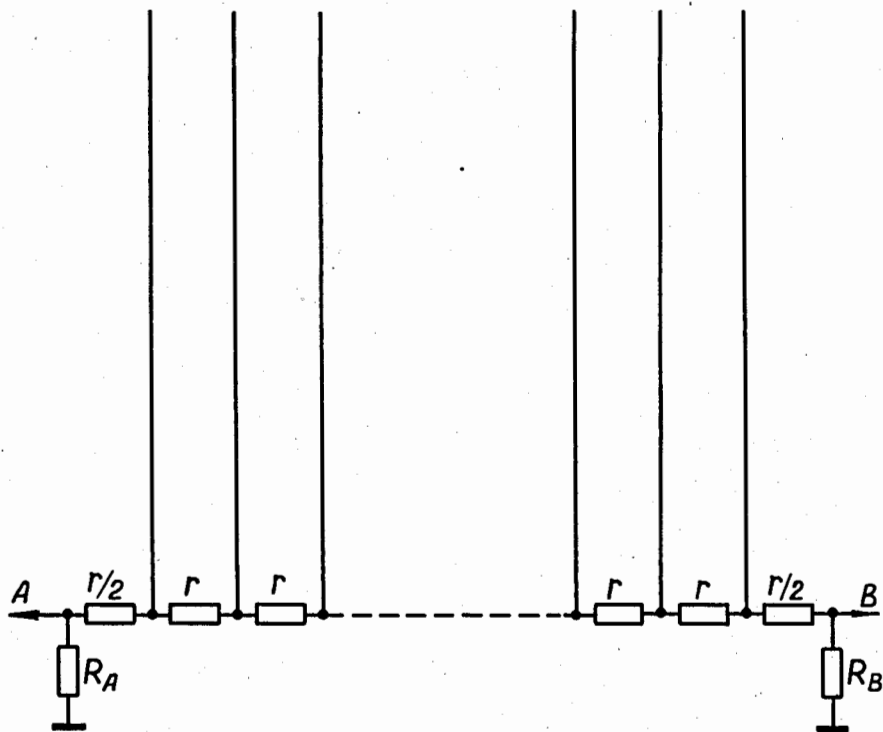
На рис. 5 приведены экспериментальные результаты определения координат центра тяжести пучка с помощью мостовой схемы, изображенной на рис. 2. По оси абсцисс отложено перемещение источника в см, по оси ординат - отсчет потенциометра в делениях (1000 делений на полное сопротивление потенциометра, линейность градуировки 0,1%).

В заключение отметим, что результаты измерений с помощью изложенного в работе метода не зависят от колебаний интенсивности пучка, газового усиления и выходных усилителей ввиду использования отношения токов. В случае мостовой схемы точность определяется в основном линейностью потенциометра.

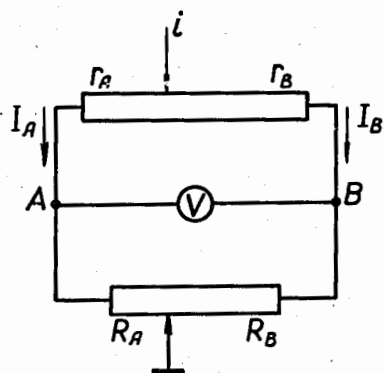
Л И Т Е Р А Т У Р А

1. G.Chargrak et al. Nucl.Instr. and Meth., 62, 262 (1968).
2. В.Г.Зинов. Бюллетень изобретений, №14, Кл.21g, I8/OI, 1969 г.
3. В.А.Биряков, В.Г.Зинов, А.Д.Конин. ЖЭТФ, 58, 104 (1970).
4. CERN COURIER, 9, 166 (1969).
5. G.Amato and G.Petrucci. CERN 68-33, 1968.

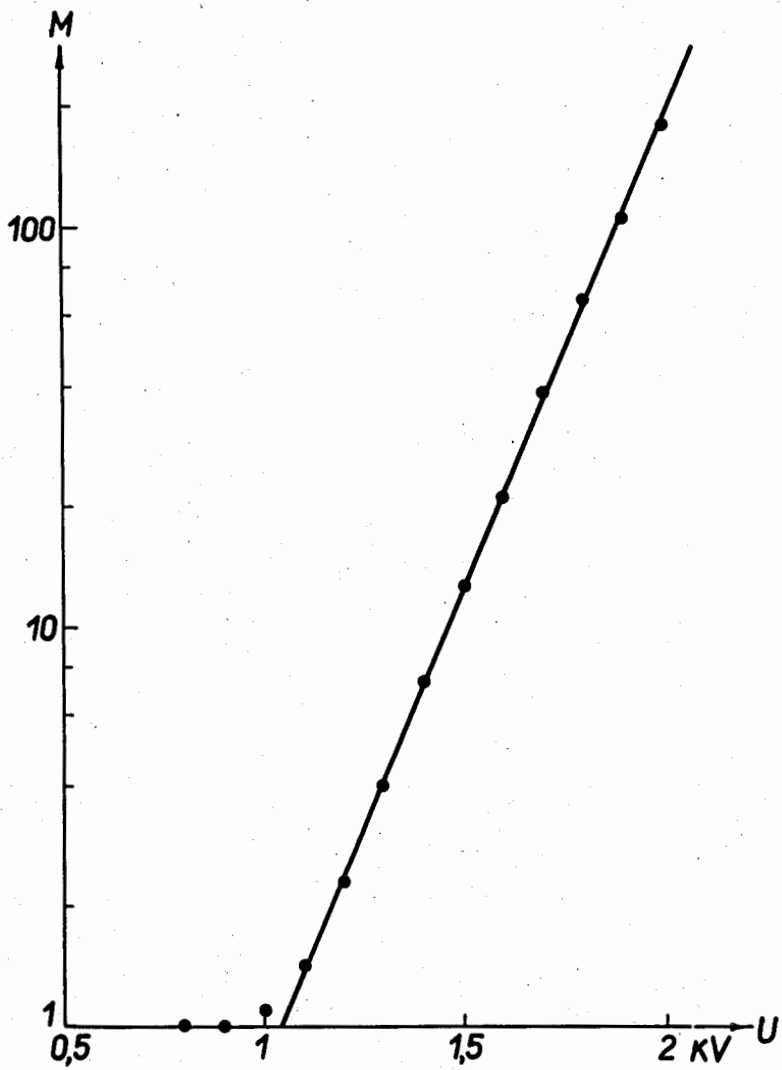
Рукопись поступила в издательский отдел
3 августа 1970 г.



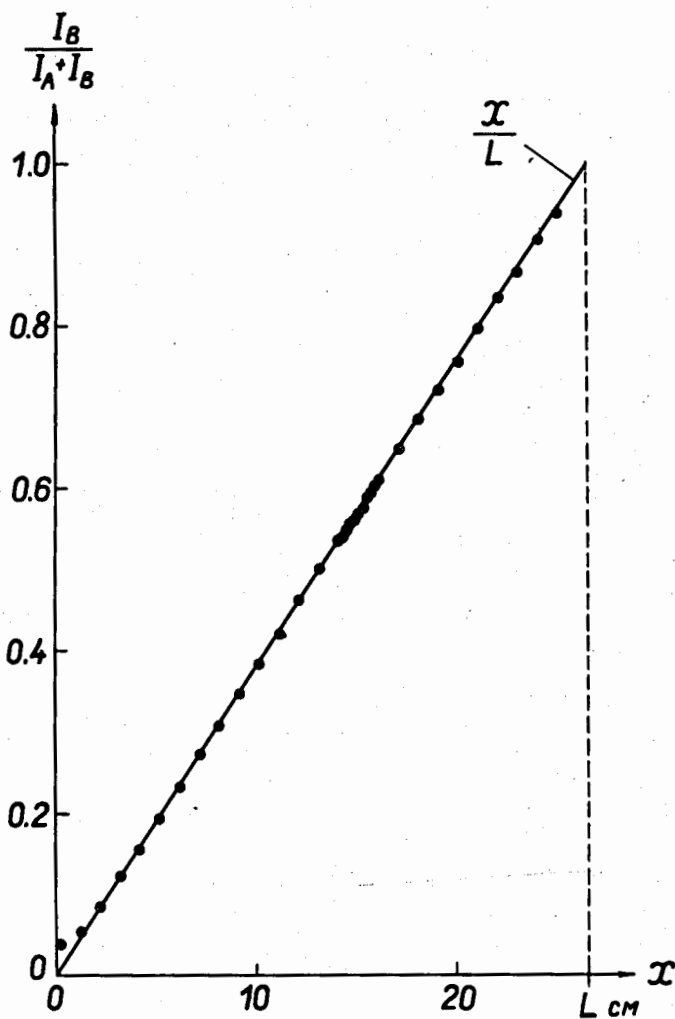
I. Схема пропорциональной камеры.



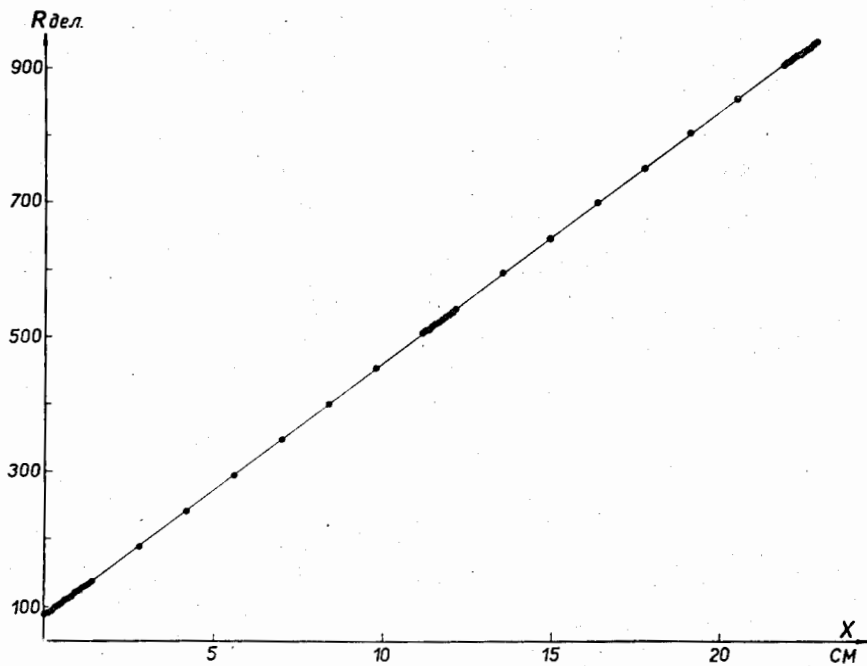
2. Мостовая схема для измерения координат центра тяжести пучка.



3. Зависимость коэффициента газового усиления от рабочего напряжения на камере.



4. Экспериментальная зависимость отношения токов $I_B / I_A + I_B$ от величины перемещения источника α -частиц через всю рабочую область камеры длиной $L = 26,6$ см.



5. Экспериментальная зависимость отсчета потенциометра от смещения пучка.