

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



9914

Г-61

1/xi-76

P13 - 9914

4342/2-76

В.М.Головатюк Ю.В.Заневский, В.Д.Пешехонов

ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ КАМЕРА
С ДРЕЙФОВЫМ ПРОМЕЖУТКОМ
ДЛЯ ИОНИЗАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

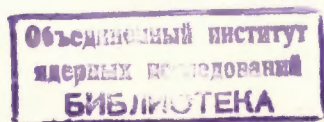
1976

P13 - 9914

В.М.Головатюк Ю.В.Заневский, В.Д.Пешехонов

ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ КАМЕРА
С ДРЕЙФОВЫМ ПРОМЕЖУТКОМ
ДЛЯ ИОНИЗАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Направлено в "Nuclear Instruments and Methods"



Головатюк В.М., Заневский Ю.В., Пешехонов В.Д. P13 - 9914

Пропорциональная камера с дрейфовым промежутком для
ионизационных измерений

Представлена конструкция и приведены основные характеристики
пропорциональной камеры с дрейфовым промежутком.

Исследовано энергетическое разрешение детектора. Для α -частиц
с энергией $\sim 5,2$ МэВ $\Delta E/E$ составляет 3%.

Показано, что критическая величина произведения коэффициента газо-
вого усиления и ионизационных потерь в пропорциональной камере состав-
ляет $\sim 3 \cdot 10^7$ эВ на нить.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Golovatyuk V.M. et al. P13 - 9914

A Proportional Chamber with a Drift Gap of
Ionization Measurements

The construction and main characteristics of a propor-
tional chamber with a drift gap are presented. It is shown
that the energy resolution $\Delta E/E$ is equal to 3% for
5.2 MeV α -particles. The critical value of the product
of gas amplification and radiation energy loss in the pro-
portional chamber is about $3 \cdot 10^7$ eV per wire.

The investigation has been performed at the
Laboratory of High Energy, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research

Dubna 1976

Целью настоящей работы являлось изучение энерге-
тического разрешения многопроволочной пропорциональ-
ной камеры для сильноионизирующих частиц в случае
их остановки в газовом объеме детектора.

Конструкция камеры

Детектор состоит из дрейфового промежутка объемом
 $100 \times 80 \times 300$ мм³ и пропорциональной камеры пло-
щадью 100×300 мм² с межэлектродным расстоянием
7 мм. В основу прибора положен принцип электронного
проецирования трека ионизирующей частицы из дрейфо-
вого объема на анодную плоскость пропорциональной
камеры /1,2/.

Схематическое изображение детектора показано на
рис. 1. Внешний катод пропорциональной камеры выполнен

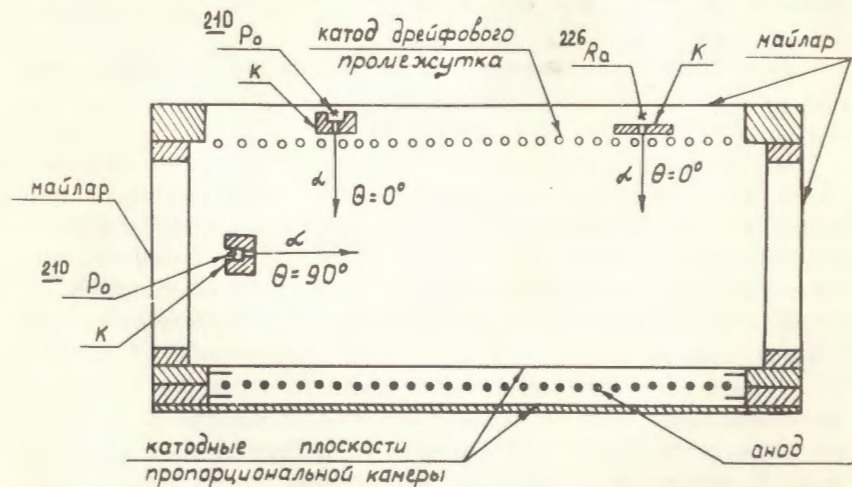


Рис. 1. Схематическое изображение пропорциональной
камеры с широкозазорным дрейфовым промежутком. К -
коллиматор, ²²⁶Ra и ²¹⁰Po - источники α -частиц.

из фольгированного стеклотекстолита, внутренний - прозрачный, намотан проволокой из бериллиевой бронзы диаметром 0,1 мм с шагом 2 мм. Анодная плоскость намотана золоченой вольфрамовой проволокой диаметром 20 мкм с шагом 2 мм. Катодная плоскость дрейфового промежутка выполнена проволокой диаметром 0,1 мм с шагом 2 мм.

Газовый объем камеры изолирован майларовой пленкой толщиной 20 мкм.

Высоковольтное напряжение подавалось на катоды пропорциональной камеры - U_K , а также на катод дрейфового промежутка - $U_{КД}$. Разность этих величин определяла напряженность поля в дрейфовом промежутке.

Ионизационные измерения

Ионизационные измерения проводились с помощью коллимированных источников ^{226}Ra , испускающего α -частицы с энергиями 4744 ± 15 КэВ, 5449 ± 15 КэВ, 5962 ± 15 КэВ, 7647 ± 15 КэВ, и ^{210}Po с энергией α -частиц 5,25 МэВ. Коллиматор толщиной 3 мм с отверстиями диаметром 0,3 мм обеспечивал угловую расходимость пучка частиц $\pm 6^\circ$.

Облучение дрейфового промежутка проводилось либо под углом $\theta = 0^\circ$ к направлению силовых линий электрического поля, либо под углом $\theta = 90^\circ$.

В первом случае коллиматор с источником помещался непосредственно на катодную плоскость дрейфового промежутка. Во втором случае коллиматор вводился в дрейфовый промежуток, α -частицы проходили в центре промежутка параллельно плоскостям пропорциональной камеры, проекция трека при этом была перпендикулярна направлению намотки сигнальных проволок. Соседние 30 сигнальных проволок пропорциональной камеры объединялись на входе зарядочувствительного усилителя, сигналы с которого подавались на амплитудный анализатор. В качестве газового наполнения детектора использовался аргон с добавкой изобутана.

На рис. 2 показана величина коэффициента газового

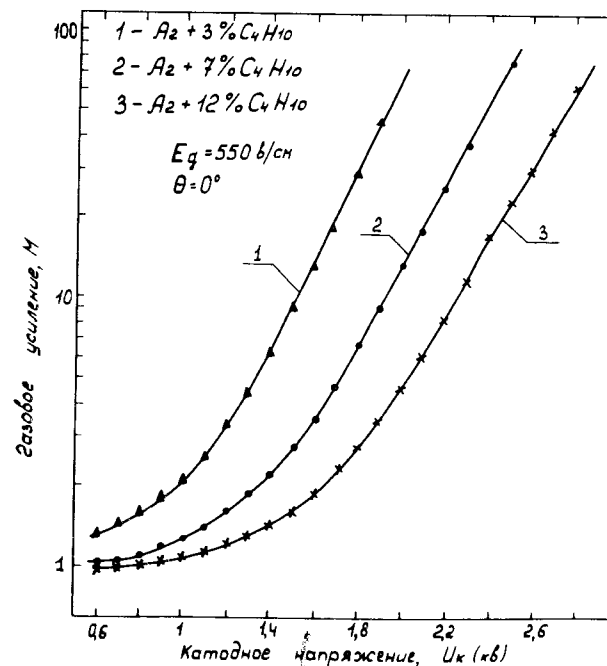


Рис. 2. Коэффициент газового усиления M в зависимости от величины катодного напряжения для α -частиц с энергией 7,6 МэВ.

усиления M в зависимости от катодного напряжения пропорциональной камеры (U_K) для различного содержания изобутана в газовой смеси. Напряженность поля в дрейфовом промежутке составляла 550 В/см. Источник ^{226}Ra облучал дрейфовый промежуток под углом $\theta = 0^\circ$, зависимости построены для α -частиц с энергией 7,6 МэВ. Видно, что детектор может работать с коэффициентом усиления $M = 1$ /ионизационный режим/.

Типичные спектры импульсов с камеры, облучаемой α -источником ^{226}Ra под углом 0° , показаны на рис. 3. Видна хорошая линейность детектора в зависимости от энергии α -частиц.

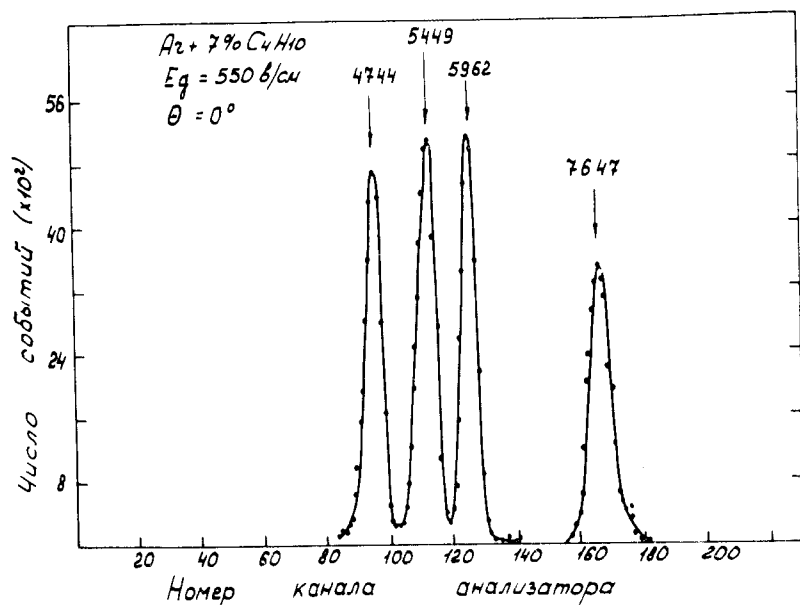


Рис. 3. Спектры импульсов с детектора. Значение энергии α -частиц в кэВ указано для каждого спектра.

При проведении ионизационных измерений существенная ошибка может иметь место при наличии зависимости величин детектируемых сигналов от угла входа (θ) α -частиц [3]. На рис. 4 показаны зависимости коэффициентов газового усиления от величины катодного напряжения для α -частиц с энергией 5,2 МэВ, входящих в дрейфовый объем под углами 90° и 0°. Стабильность режима работы контролировалась с помощью источника ^{226}Ra , который облучал другой участок детектора, и выдерживалась в процессе измерений с точностью, лучшей $\pm 1\%$. На рис. 5 показано отношение величин сигналов для $\theta = 0^\circ$ и 90° в зависимости от катодного напряжения U_K . Видно, что угловая зависимость отсутствует до значений катодного напряжения $U_K = 1,7 \text{ кВ}$, что соответствует величине коэффициента газового усиления $M \approx 5$. Величина отношения амплитуд сигналов при $U_K = 1,7 \text{ кВ}$ составляет $\sim 0,97$. Напряженность поля дрейфового промежутка составляла 550 В/см .

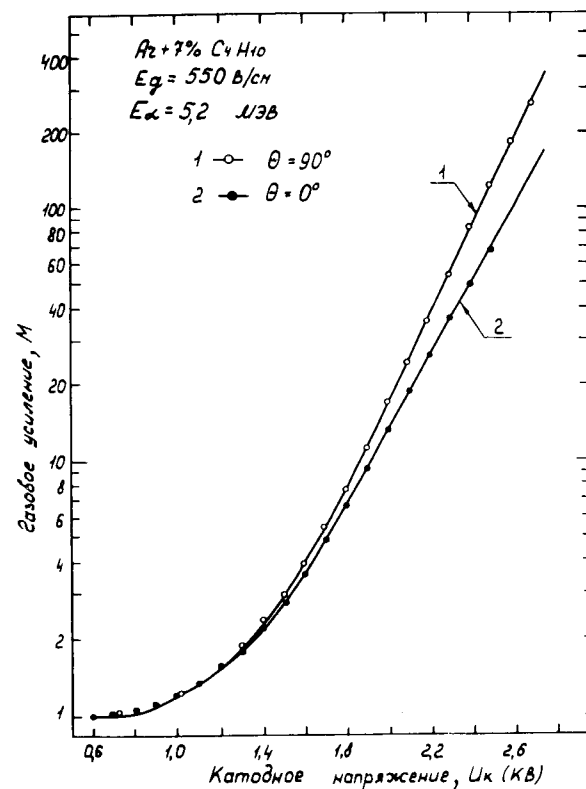


Рис. 4. Коэффициент газового усиления в зависимости от катодного напряжения пропорциональной камеры для разного угла входа частиц.

На рис. 6 показаны зависимости величины сигнала в относительных единицах от напряженности электрического поля в дрейфовом промежутке для газовой смеси $\text{Ar} + 7\% \text{C}_4\text{H}_{10}$. Измерения выполнены при $M=1$. Кривая 2 - для угла входа α -частиц с энергией 5,2 МэВ, $\theta=0^\circ$; кривая 1 - для $\theta=90^\circ$. Характер зависимостей указывает на практическое отсутствие процессов рекомбинации электронов с ионами в дрейфовом промежутке при напряженностях поля $E > 500 \text{ В/см}$ [4].

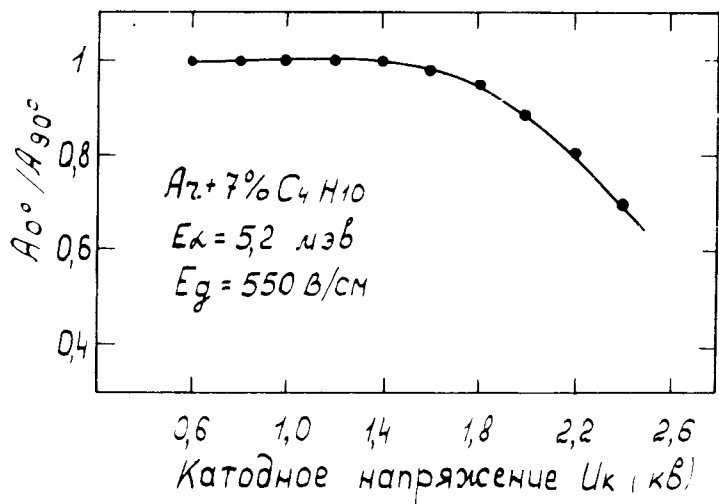


Рис. 5. Отношение величин сигналов A при угле входа α -частиц в дрейфовый промежуток $\theta = 0^\circ$ и $\theta = 90^\circ$ в зависимости от катодного напряжения пропорциональной камеры.

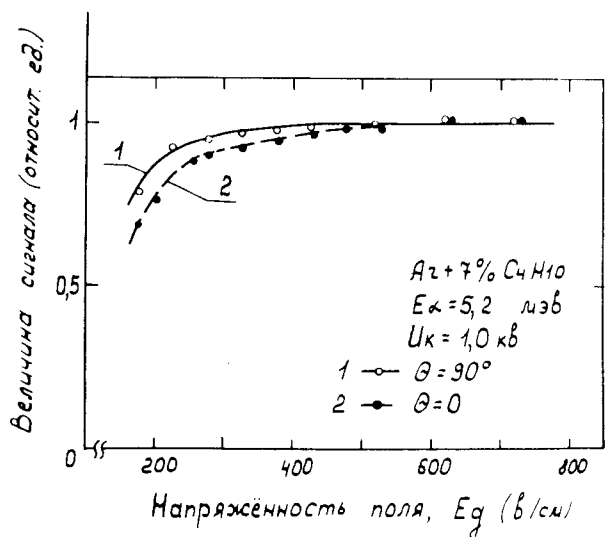


Рис. 6. Величина сигнала в зависимости от напряженности поля в дрейфовом промежутке для различного угла входа α -частиц. Коэффициент газового усиления $M = 1$.

Распределение полной ионизации вдоль пути α -частицы с энергией 5,2 МэВ /кривая Брэгга/, измеренное на газовой смеси Ar + 7% C₄H₁₀, показано на рис. 7. Дрейфовый промежуток при этом облучался источником ²¹⁰Po под углом $\theta = 90^\circ$. Напряженность поля в дрейфовом промежутке составляла 550 В/см. Информация снималась с каждой сигнальной проволоки пропорциональной камеры.

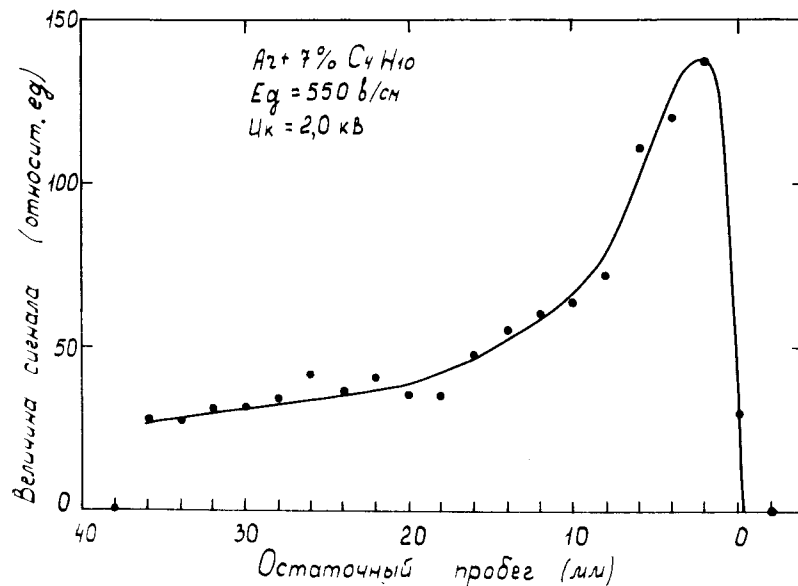


Рис. 7. Зависимость ионизации, производимой α -частицами с энергией 5,2 МэВ, от остаточного пробега.

В работах /5,6/ было показано, что, начиная с некоторой величины произведения $Q_k = M_k \cdot E$, энергетическое разрешение пропорциональных счетчиков ухудшается. M_k - критическое значение коэффициента газового усиления, E - ионизационные потери. В пропорциональных счетчиках величина $U_k \cdot 10^8 \text{ эВ}^{1/5}$, однако в работе /6/ ее считают близкой к $1,4 \cdot 10^7 \text{ эВ}$.

Энергетическое разрешение пропорциональной камеры с дрейфовым промежутком в зависимости от величины коэффициента газового усиления для случаев различной

величины ионизационных потерь на канал детектора, показано на рис. 8. Кривая 1 - величина ионизационных потерь на канал $-7,6 \text{ МэВ}$, $E_\alpha = 7,6 \text{ МэВ}$, $\theta = 0^\circ$; кривая 2 - $E_\alpha = 5,2 \text{ МэВ}$, $\theta = 0^\circ$; кривая 3 - $E_\alpha = 5,2 \text{ МэВ}$, $\theta = 90^\circ$. Среднюю величину ионизационных потерь на канал детектора необходимо оценивать с учетом распределения полной ионизации вдоль пути α -частиц /рис.7/. Оценка величины Q_K в нашем случае дает значение $\sim 3 \cdot 10^7 \text{ эВ}$.

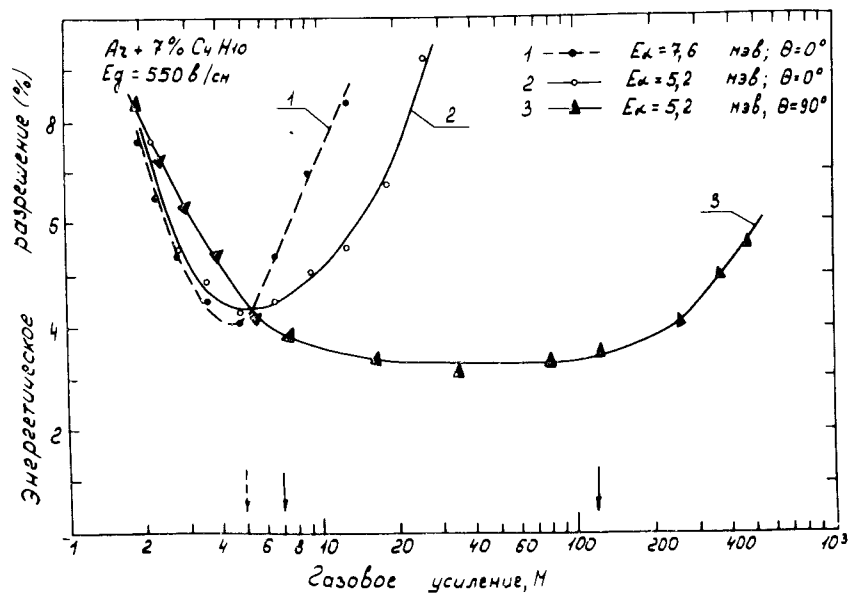


Рис. 8. Энергетическое разрешение детектора в зависимости от коэффициента газового усиления в случае различных ионизационных потерь /полная ширина на полувысоте/.

Проводилась дополнительная проверка критической величины Q_K с помощью источника ^{55}Fe . На рис. 9 показана зависимость коэффициента газового усиления пропорциональной камеры от величины катодного напряжения. Для построения зависимости проводились дополнительные амплитудные измерения с помощью полупроводникового детектора. На рис. 10 показана

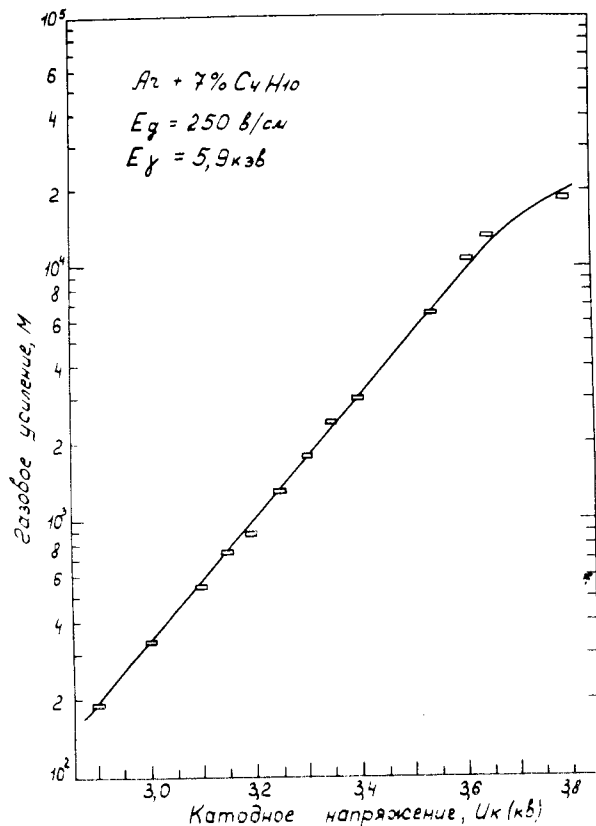


Рис. 9. Коэффициент газового усиления пропорциональной камеры в зависимости от катодного напряжения при облучении дрейфового промежутка γ -квантами с энергией $5,9 \text{ КэВ}$.

но энергетическое разрешение в зависимости от величины катодного напряжения. Видно, что для γ -квантов с энергией $5,9 \text{ КэВ}$ разрешение детектора ухудшается, начиная с $U_K \approx 3,5 \text{ кВ}$, что подтверждает значение Q_K , равное $\sim 3 \cdot 10^7 \text{ эВ}$.

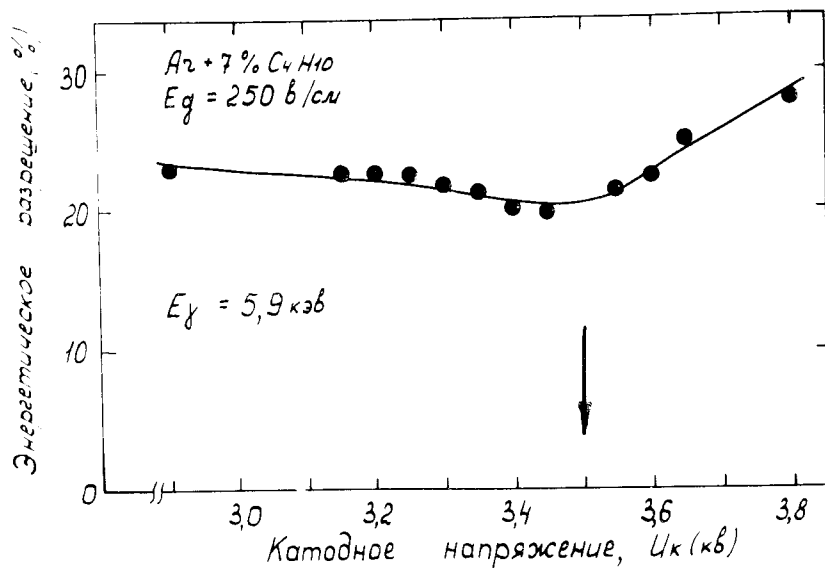


Рис. 10. Энергетическое разрешение детектора для γ -квантов с энергией 5,9 кэВ в зависимости от катодного напряжения.

Заключение

Пропорциональная камера с дрейфовым промежутком, работающая на газовой смеси аргона с изобутаном, обладает высоким энергетическим разрешением для сильноионизирующих частиц.

Для α -частиц с энергией 5,2 МэВ получено энергетическое разрешение $\frac{\Delta E}{E} = 3\%$. В определенном режиме работы детектора отсутствует зависимость величины сигнала от угла входа частиц. Показано, что критическая величина произведения коэффициента газового усиления и ионизационных потерь составляет $3 \cdot 10^7$ эВ на нить.

Существует возможность определения проекции трека как сильноионизирующих, так и релятивистских частиц,

пересекающих дрейфовый промежуток. Возможно изменение распределения полной ионизации вдоль пути сильноионизирующих частиц.

В заключение авторы благодарят Р.М.Базлову, Н.П.Волкову, Л.С.Золина, Н.А.Кузьмина, Ю.Г.Федулова за помощь в работе.

Литература

1. W.W.A.Allison et al. Nucl. Instr. and Meth., 119 (1974), 499-507.
2. A.Breskin, G.Charpak et al. Nucl. Instr. and Meth., 119 (1974), 9-28.
3. А.П.Гаспарян и др. Международное совещание по методике проволочных камер. ОИЯИ, Д13-9164, Дубна, 1975, стр. 311-314.
4. Э.Сегре. Экспериментальная ядерная физика. т. 1, М., ИЛ, 1955.
5. G.C.Hanna et al. Phys. Rev., 75, 985 (1949).
6. T.Ichimori et al. Nucl. Instr. and Meth., 127, 571 (1975).

Рукопись поступила в издательский отдел
30 июня 1976 года.