

Г. А. Марикян, В. М. Харитонов

Влияние магнитного поля на работу пропорционального счетчика

Измерение ионизирующей способности заряженных частиц осуществляется, наряду со многими другими методами, также и пропорциональными счетчиками [1]. При этом часто приходится работать в таких условиях, когда пропорциональный счетчик оказывается под действием магнитного поля. Представляется поэтому интересным выяснить, как влияет магнитное поле на величину импульсов напряжения, появляющихся на нити счетчика при прохождении через счетчик заряженных частиц.

Ротвелл и Вест [2], исследуя величину ионизации, создаваемой в цилиндрическом пропорциональном счетчике электронами с энергией $\sim 2,8$ кэв, не заметили влияния магнитного поля на величину коэффициента газового усиления при напряженности поля до 7500 гаусс. В этой работе условия были такие, что как первичные электроны, так и все их вторичные продукты ионизации оставались в пределах рабочего объема счетчика. Обычно такие условия выполняются очень редко, особенно при изучении ионизирующей способности частиц космических лучей. В этом случае изучаются настолько энергичные частицы, что не только они сами не останавливаются в рабочем объеме счетчика, но создают также и быстрые вторичные продукты, выходящие за пределы этого объема.

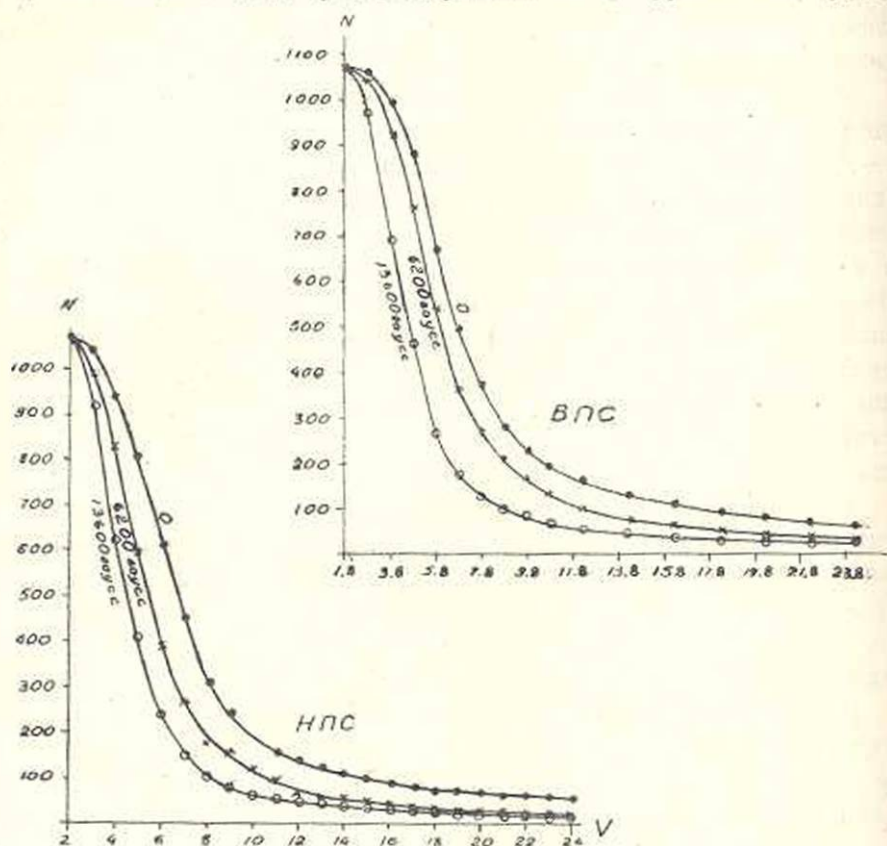
При помещении пропорционального счетчика в магнитное поле электроны и ионы в счетчике будут двигаться под совместным влиянием электрического поля счетчика и внешнего магнитного поля. Пути быстрых и медленных электронов в счетчике изменяются, в результате чего может измениться и величина импульсов на выходе пропорционального счетчика.

В течение 1951—52 гг. нами были проведены длительные измерения ионизирующей способности частиц космических лучей [3, 4]. При этом были получены приводимые ниже данные относительно влияния магнитного поля на работу пропорционального счетчика.

1. Зависимость средней величины импульсов от величины напряженности магнитного поля

Двойной пропорциональный счетчик с прямоугольным катодом помещался в магнитном зазоре, непосредственно над пятым рядом счетчиков Большого масс-спектрометра [5]. Двойной счетчик представлял из себя два счетчика, расположенных один над другим (параллельно), общая стенка которых была из медной фольги толщиной 0,15 мм. Остальные две наружные стенки (параллельные к общей), через которые проходили изучаемые частицы, были из дюралюминия толщиной по 3 мм. Весь счетчик помещался в рубашку из медной фольги толщиной 0,15 мм и наполнялся смесью метана (75%) и аргона (25%) до общего давления 40 см. Рабочий объем каждого из счетчиков равнялся $300 \times 100 \times 40 \text{ мм}^3$. Измерялась ионизирующая способность быстрых частиц с пробегом больше чем 15 см свинца, при трех значениях напряженности магнитного поля: 0, 6200 и 13600 гаусс.

На фиг. 1 приведены интегральные кривые распределения импульсов напряжения, получаемые для верхнего (ВПС) и нижнего (НПС) счетчиков в этих трех измерениях. На фигуре по оси ординат



Фиг. 1.

отложено относительное число частиц, а по оси абсцисс — величина импульса в условных единицах. Все кривые приведены к одинаковому числу частиц. На фигуре видно систематическое смещение кривых влево по мере возрастания величины напряженности магнитного поля.

Средние значения ионизирующей способности жестких частиц, получаемые, на основании кривых фиг. 1, для ВПС и НПС при различных полях, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Напряженность магнитного поля в гауссах	Число частиц	В П С		Н П С	
		$I_{\text{ср}}$	статистическая ошибка	$I_{\text{ср}}$	статистическая ошибка
0	1220	7,85	0,26	7,40	0,22
6200	1069	6,65	0,21	5,80	0,19
13600	1227	4,96	0,15	4,78	0,15

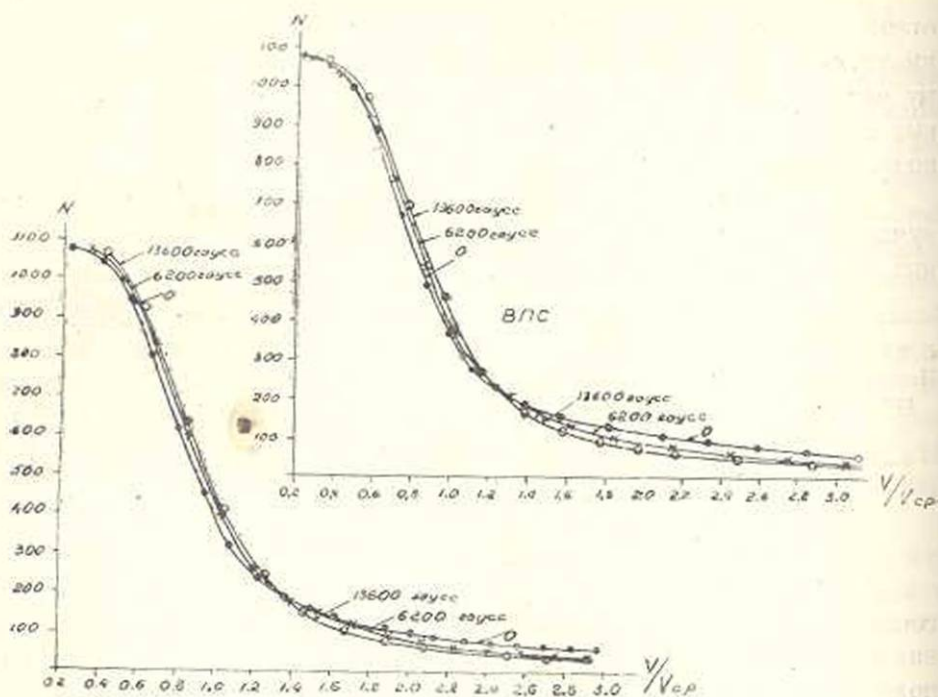
Как видно из таблицы, при изменении напряженности магнитного поля от 0 до 6200 гаусс абсолютная величина измеренного значения ионизирующей способности падает на 15–20%, а при увеличении поля с 6200 до 13600 гаусс — еще на ~20%. При поле 6200 гаусс, при изменении величины напряженности поля на 1%, средняя величина импульсов от пропорционального счетчика меняется на ~0,2%.

Следует отметить, что, как видно из кривых фиг. 1, наиболее вероятное значение величины импульсов, соответствующее точкам наиболее крутого подъема кривых, ведет себя аналогично средним значениям и падает с увеличением напряженности магнитного поля.

2. Зависимость формы флуктуационной кривой от величины напряженности магнитного поля

Из кривых, приведенных на фиг. 1, нельзя еще сделать заключения о влиянии магнитного поля на форму флуктуационных кривых. Для сравнения формы флуктуационных кривых, получаемых при различных магнитных полях, эти кривые были пересчитаны таким образом, чтобы величина импульсов для каждой из них была выражена в долях среднего значения импульсов, получаемого для той же самой кривой, или, иными словами, все кривые, приведенные ранее к одному и тому же значению общего числа частиц, были теперь приведены также к одному и тому же значению средней величины импульсов. Пересчитанные кривые представлены на фиг. 2.

Как видно из фиг. 2, наблюдается некоторое расхождение между кривыми, полученными при различных значениях магнитного поля, и эти кривые не могут быть приведены в совпадение простым изменением масштаба по оси абсцисс. Следует, однако, заметить, что разница между различными кривыми невелика по сравнению с точностью экспериментальных данных.



Фиг. 2.

3. Влияние магнитного поля на δ -электроны

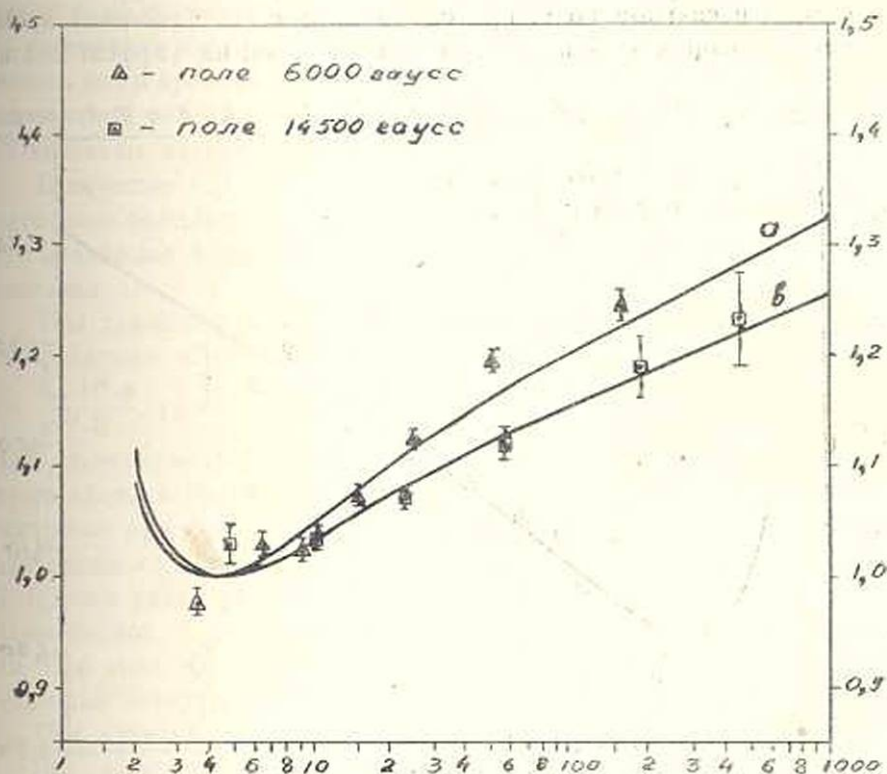
Некоторые данные о влиянии магнитного поля на δ -электроны были получены при изучении зависимости ионизирующей способности μ -мезонов от их импульса [6].

Измерения производились с помощью двух разделенных пропорциональных счетчиков, один из которых помещался в нижней части зазора электромагнита, над пятым рядом счетчиков масс-спектрометра [5], а другой — непосредственно под этим рядом. Верхний счетчик был изготовлен из дюрала. Толщина верхней и нижней стенок равнялась 3 мм. Счетчик помещался в чехол из медной фольги толщиной 0,2 мм. Нижний счетчик был изготовлен из медного листа. Толщина верхней и нижней стенок составляла ~ 4 мм. Над нижним счетчиком помещался свинцовый поглотитель толщиной ~ 1 см. Оба счетчика наполнялись смесью метана (75%) и аргона (25%) до общего давления 40 см.

Были проведены две серии измерений: при магнитном поле в зазоре 6000 гаусс и при поле 14500 гаусс; в области, где находился нижний счетчик, величина напряженности магнитного поля была порядка 1 т. гаусс и 3 т. гаусс соответственно.

На фиг. 3 приведены средние значения ионизирующей способности, получаемые с верхним и нижним счетчиками при слабом и сильном полях. Экспериментальные точки в каждом случае нормировались та-

ким образом, чтобы получить наилучшее совпадение с теоретическими кривыми. Данные для верхнего и нижнего счетчиков на фиг. 3 объединены вместе.



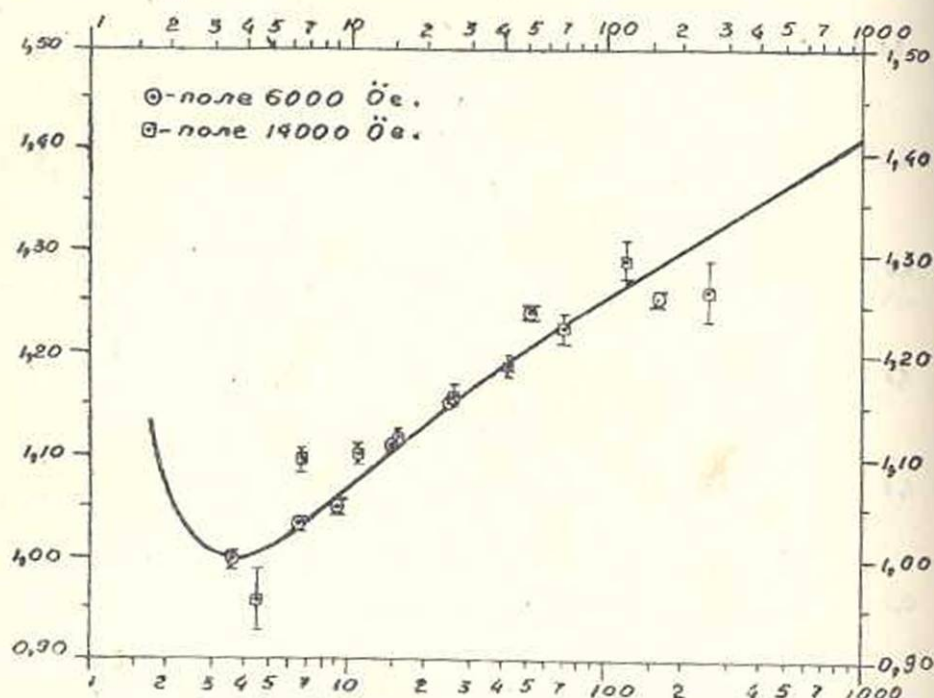
Фиг. 3.

Из фиг. 3 видно, что при поле 14500 гаусс кривая идет значительно выше, чем при поле в 6000 гаусс: значение ионизации при $p/\mu=50$ составляет в первом случае $\sim 1,12$ I мин, а во втором $\sim 1,16$ I мин.

Сплошные кривые, приведенные на фиг. 3, получены следующим образом: в формулу Бете-Блоха вместо $w_{\max}$ было подставлено $25 \cdot 10^3$ эв для кривой „a“ и 10^6 эв для кривой „b“. Затем были введены поправки на „эффект плотности“ по Вику (поправки были взяты из графика, приведенного в обзоре Кунина [7]).* Таким образом, из фиг. 3 следует, что полученные данные могут быть, повидимому, интерпретированы в том смысле, что при увеличении напряженности магнитного поля вступают в игру δ -электроны больших энергий. Это вполне естественный вывод, так как при увеличении магнитного поля все меньшее число δ -электронов может покинуть рабочий объем счетчика.

* Вычисление кривых было проведено А. Барским, которому выражаем благодарность.

Для тех же данных, для которых были вычислены средние значения, приведенные на фиг. 3, были определены также и наиболее вероятные значения. Результаты, полученные для нижнего счетчика при слабом и сильном поле, приведены на фиг. 4. Сплошная кривая получена по формуле Ландау с учетом поправок на „эффект плотно-



Фиг. 4.

сти" по Вику. Как видно из фиг. 4, в этом случае трудно заметить такую же разницу в ходе кривых ионизации при разных полях, какая была отмечена для кривых средних значений. Это можно объяснить тем, что медленные δ -электроны, определяющие форму флуктуационной кривой вблизи максимума, остаются полностью в пределах рабочего объема счетчика уже при поле ~ 1000 гаусс. Дальнейшее увеличение величины напряженности магнитного поля никакого влияния на создаваемую ими ионизацию оказать не может. (Во избежание недоразумений заметим, что данные, полученные при сильном и слабом поле, нормировались раздельно).

4. Обсуждение результатов

Как видно из приведенных данных, результаты п. 3 не могут служить подтверждением результатов п. 1, а экспериментальные результаты, приведенные в статье [2], противоречат результатам, полученным в п. 1.

Наблюдаемый эффект уменьшения средней и вероятной величины импульса при увеличении магнитного поля не может быть объяснен влиянием магнитного поля на радиотехническое устройство. Хотя первые каскады усилителей помещались вблизи счетчика, в области, где рассеянное магнитное поле могло достигать ~ 100 гаусс, однако в течение всего времени измерений непрерывно контролировался полный анодный ток первых каскадов, который не менялся при изменении величины магнитного поля.

В качестве одного из возможных объяснений наблюдаемого эффекта было предложено следующее. Магнитное поле может влиять на пути медленных δ -электронов, образующихся в результате процесса ионизации.

При движении заряженной частицы в скрещенном магнитном и электрическом полях характерным параметром является величина $\alpha = \frac{l_{\text{св}} \cdot H^2 \cdot e}{mc^2 \cdot E}$, где $l_{\text{св}}$ — длина свободного пробега. Для ионов при тех полях, с которыми мы можем иметь дело, $\alpha \ll 1$, и магнитное поле никакого влияния на их движение практически оказать не может. Для электронов при поле порядка несколько тысяч гаусс вблизи нити счетчика также $\alpha \ll 1$, что может служить объяснением результатов статьи [2]. Однако вдали от нити, где напряженность электрического поля сильно падает, α для электронов может быть порядка нескольких единиц. При этом магнитное поле будет существенно влиять на пути медленных электронов во время их дрейфа к нити счетчика.

Это влияние может сказаться двояко.

В скрещенных электрическом и магнитном полях при свободном движении частица движется не по направлению электрического поля, а по циклоиде, центр образующей окружности которой перемещается в направлении, перпендикулярном обоим полям. Радиус образующей окружности порядка $[l_{\text{св}}/\alpha]$. Следовательно, при наличии магнитного поля электрон будет находиться вблизи образовавшегося при ионизации положительного иона значительно дольше, чем в отсутствии поля. В результате может резко возрасти вероятность рекомбинации ионов, которая и приведет к наблюдаемому нами эффекту. Однако, этот эффект должен был бы, по видимому, иметь место и в работе [2], чего в действительности не наблюдалось. Это ставит под сомнение приемлемость такого объяснения.

Другое возможное объяснение заключается в следующем. При наличии магнитного поля скорость дрейфа электронов по направлению к нити счетчика может сильно уменьшаться. Если обычно время дрейфа электрона порядка десятых микросекунды, то при наличии магнитного поля оно может стать сравнимым со временем движения положительных ионов. В результате этого может сильно возрасти длительность фронта импульса от счетчика. В усилительных устройствах импульсы от счетчиков всегда проходят через дифференцирующую цепочку. Увеличение длительности фронта импульса должно

привести к уменьшению его величины на выходе усилителя. В качестве иллюстрации этого приведем следующие данные. В нашей радиотехнической системе постоянная времени дифференцирующей цепочки равнялась 12 мик./сек. Уменьшение этой величины до 8 мик./сек. приводило к уменьшению величины импульсов на выходе системы на $5 \pm 1,4\%$. Возможно, что в работе [-] постоянная времени была настолько велика, что рассматриваемый эффект не мог иметь места.

5. Заключение

Авторами наблюдалось уменьшение величины импульсов от пропорционального счетчика при помещении счетчика в магнитное поле. Возможно, что это уменьшение связано с увеличением времени дрейфа электронов под действием магнитного поля. Мы пока не можем, однако, предложить удовлетворительного количественного объяснения наблюдаемого эффекта.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность руководителю группы Большого масс-спектрометра А. И. Алиханяну, относившемуся с неизменным вниманием к их работе, участникам группы: А. Т. Дадазяну, М. И. Дайону, Г. С. Акопяну, Г. Мерзону, Л. Потапову, Н. В. Шостакович, оказавшим содействие при проведении измерений, и А. Резикяну за участие в обсуждении результатов.

Физический институт
АН Армянской ССР

Поступило 27 IX 1955

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Векслер, В., Грошев, Л., Исаев, Б. Ионизационные методы исследования излучений, 1950.
2. Rothwell P. and West D. Proc. Phys. Soc., 63A, 539, 1950.
3. Харитонов В., Мариан Г. и Алиханян А. ДАН СССР, 80, 201 (1951).
4. Харитонов В. М. Изв. АН СССР, серия физич., 17, 102 (1953).
5. Алиханян А., Дадазян А., Шостакович Н., Акопян Г. и Дайон М. ДАН СССР, 80, 37 (1951).
6. Харитонов В. М. Автореферат докторской диссертации.
7. Куниг П. Е. Сборник „Мезон“ под редакцией И. Е. Томма, 1947.

Գ. Ն. Մարիկյան, Վ. Մ. Խարիտոնով

ՄԱԳՆԵՏԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀԱՄԵՄԱՏԱԿԱՆ ՀԱՇՎԻԶԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՎՐԱ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. ս. մ.

Լիցքավորված կոամիկական մասնիկների իոնացնող քնդունակության չափումների ժամանակ կարելի է լինում օգտագործել համեմատական հաշվիչներ, որոնք տեղավորված են լինում մագնիսական դաշտում: Հոգովածում բերված են փորձական օւսումնասիրությունների աշխարհային:

րը, որոնք ստացվել են 1952 թվականին և վերաբերում են մագնիսական դաշտի աղդեցությունը համեմատական հաշվիչի աշխատանքի վրա:

Քանի որ հաշվիչից անցած մասնիկի խոնացնող ընդունակությունը համեմատական է հաշվիչի ելքում ստացվող լարման խմբուլսի մեծությանը, ուստի մասնիկի խոնացնող ընդունակության չափումը վերածվում է ալյ. խմբուլսի մեծության չափմանը:

Նշված փորձնական ուսումնասիրությունների ժամանակ նկատվել է համեմատական հաշվիչի ելքում ստացվող խմբուլսի փոքրացում, երբ մեծացել էր մագնիսական դաշտի լարվածությունն այն տեղում, որտեղ աեղավորված է հաշվիչը: Այդ փոքրացումը եղել է մոտ 1,5 անգամ, երբ մագնիսական դաշտի լարվածությունը գերոյից փոփոխվել է մինչև 13,6 հազար էրեստեղ:

Հստակագործելով քննարկվում են այն երևույթները, որոնք կարող են հանդիսանալ նկատված փոփոխության հիմնական պատճառը: Տրված է նաև երկչերտ համեմատական հաշվիչի նկարագիրը, որով կատարվել են ավել փորձնական ուսումնասիրությունները: