

В. Ш. Камалян

Об обратном потоке протонов регистрируемых магнитным масспектрометром

1. В космическом излучении, помимо основного потока частиц идущих сверху, существует слабый поток протонов, π -мезонов и других частиц, возникающий в веществе от взаимодействия космического излучения и направленный снизу вверх. При масспектрометрических измерениях указанные частицы будут регистрироваться как частицы имеющие противоположный знак заряда. Так например: протоны возникающие в веществе, расположенном под магнитным зазором, и идущие снизу, будут регистрироваться как отрицательно заряженные частицы. При наличии генератора над магнитным зазором такие протоны, останавливаясь в веществе, могут имитировать "зарождение" отрицательно заряженной частицы в данном генераторе от нейтрального компонента космического излучения.

Одновременно известно, что в генераторе, от нейтрального излучения, зарождаются также отрицательно заряженные частицы — преимущественно π -мезоны; поэтому выделить обратный поток протонов остановившихся в генераторе от отрицательно заряженных частиц, зарожденных в том-же генераторе, при масспектрометрических измерениях — весьма трудная задача, если отсутствуют специальные измерения по определению ионизирующей способности частиц. Однако, при определенных условиях, можно выделить обратный поток протонов от отрицательно заряженных генерированных частиц и без ионизационных измерений; пользуясь импульсными спектрами выше-указанных частиц.

Импульсный спектр отрицательно заряженных частиц регистрируемый масспектрометром, поскольку частицы зарождаются в генераторе от нейтрального компонента космического излучения, можно рассмотреть как наложение двух спектров, а именно:

а) импульсного спектра отрицательно заряженных частиц, возникающих в данном генераторе и,

б) импульсного спектра протонов идущих в обратном направлении и остановившихся в том-же генераторе (при достаточно толстых генераторах).

В случае очень тонкого генератора, из общего спектра обратных протонов будет вырезываться узкий интервал импульсов, соответст-

вующий протонам ионизационно-остановившимся в данном генераторе. При этом в импульсном спектре отрицательно заряженных частиц, зарождаемых в данном генераторе, появится максимум, обусловленный остановками обратных протонов. Разумеется, что при изменении ионизационного пробега максимум в импульсном спектре также соответственно сдвинется.

В течение 1953—54 гг. в лаборатории Большого Постоянного Магнита Арагацской Высотной Станции на высоте 3200 м над уровнем моря изучались вопросы зарождения частиц от нейтрального компонента космического излучения в генераторах разных толщин [1, 2].

Магнитный масспектрометр был дополнен специальным годоскопическим устройством состоящим из 10 групп координатных счетчиков Гейгера — Мюллера позволяющих выделить случаи зарождения заряженных частиц от нейтрального компонента космического излучения, изучать пространственную картину зарождения, выделить случаи звездообразования от одиночного прохождения частиц и т.д. На фиг. 1 приведен разрез магнитного масспектрометра с дополнительным годоскопическим устройством в двух взаимно перпендикулярных проекциях. С помощью координатных счетчиков создана своеобразная коробка с шестью отсеками А, Б, В, Г, Д, Е, внутри которых размещались блоки вещества.

Частица считалась зарождающей от нейтрального излучения в соответствующем отсеке, если отсутствовало срабатывание в счетчиках перекрывающих данный отсек сверху, а также в боковых и торцевых группах счетчиков.

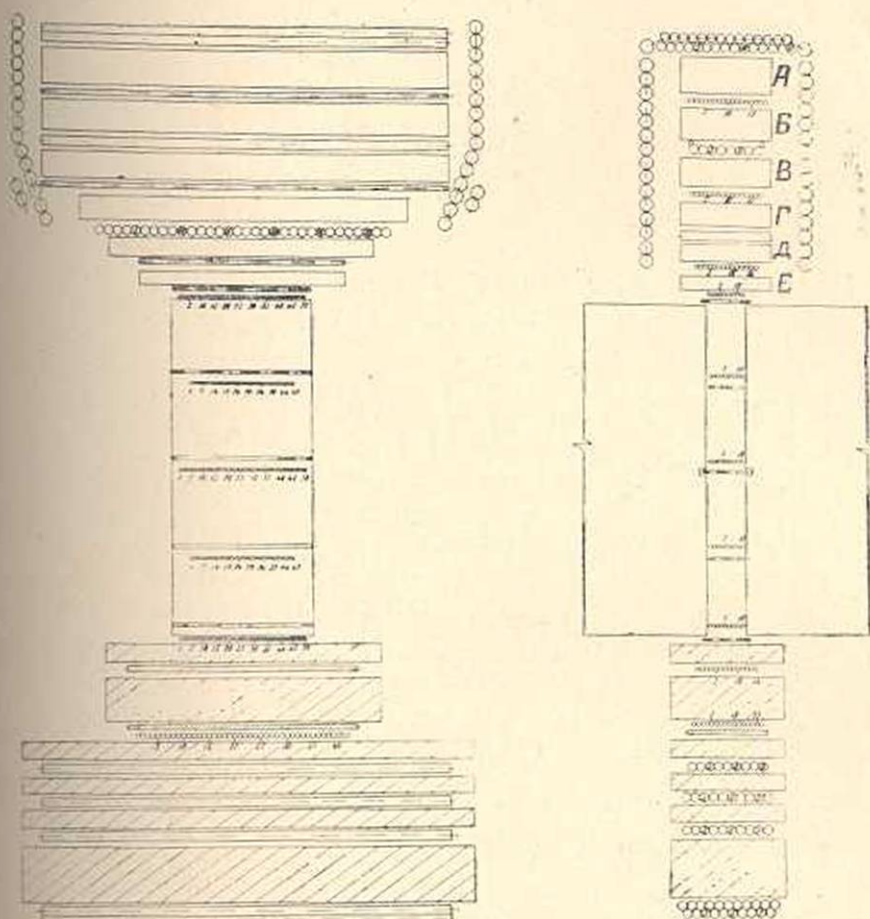
Далее частица исследовалась обыкновенным способом: по магнитному отклонению определялись импульс и знак частицы. Для частиц, остановившихся в поглотителях, по пробегу и импульсу определялась их масса.

Среднеквадратичная ошибка в измерении импульса частиц не превышала 3% при импульсе $2,10^8$ эв/с и 10% при 10^9 эв/с.

Распределение и толщина вещества для соответствующих отсеков приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ № серий	№ № пленок	Количество вещества в отсеках в см						Продолжи- тельность измерений в часах
		А	Б	В	Г	Д	Е	
1	163—318	—	7 св.	6 св.	—	—	—	560
2	403—435 464—2494	7 св.	6 св.	—	—	—	—	256
3	436—463	7 св.	6 св.	—	—	—	0,3 медь 0,15 алю.	132
4	495—597	7 св.	6 св.	5 св.	—	—	—	614
5	598—637	8 св.	7 св.	—	—	—	—	193
6	638—668	8 св.	7 св.	0,3 медь 0,25 алю.	—	—	—	146
7	669—735	5 св.	5 св.	—	—	—	—	320



Фиг. 1.

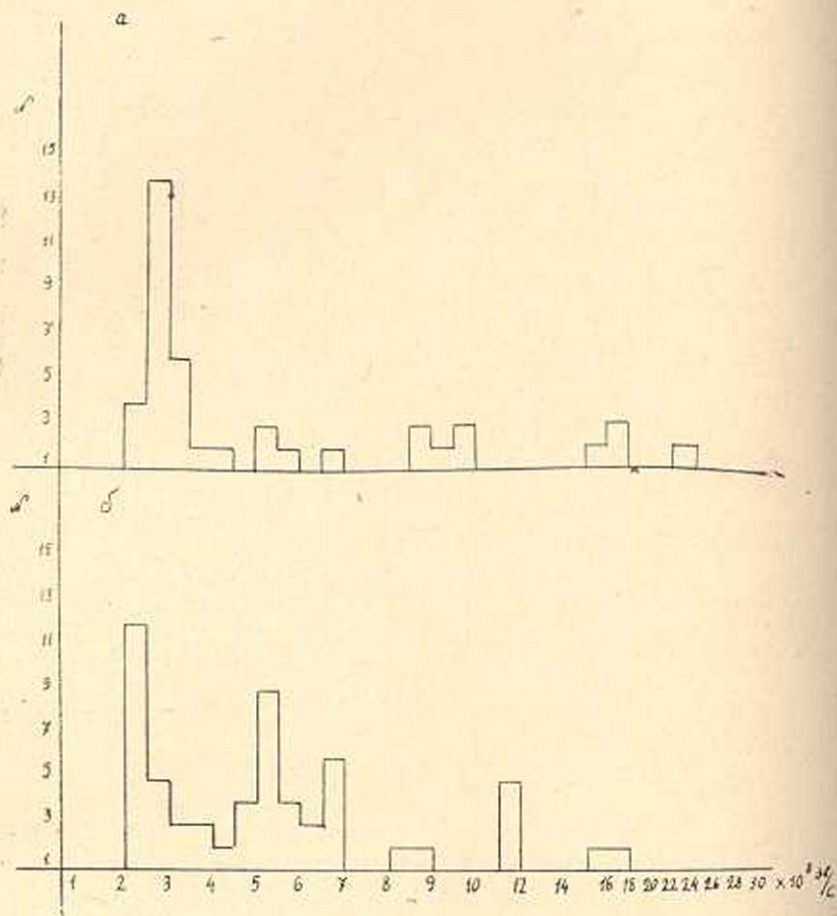
Для выделения из всего потока зарожденных частиц возникающих в генерационной коробке от нейтрального компонента космического излучения, тех частиц, которые зародились в очень тонких слоях вещества, были отделены случаи зарождения частиц в отсеках не содержащих свинцовых блоков (таблица 1).

За 2220 часов измерений в интервале импульсов $2 \cdot 10^8$ зв/с — $3 \cdot 10^8$ зв/с был зарегистрирован 631 случай, положительно и 86 случаев отрицательно заряженных частиц. Для выяснения вопроса возникают ли указанные частицы в веществе стенок счетчиков, или имеют иное происхождение, в сериях измерений 3 и 6 в отсеках „Е“ и „В“ было помещено $3,2 \text{ гр/см}^2$ меди и алюминия. С увеличением вещества пропорционально увеличивались и количество зарожденных частиц в соответствующих отсеках, указывая тем самым, что наблюдаемые частицы зарождаются в стенках счетчиков толщиной 0,12–0,15 м.м.

Рассмотрим более подробно отрицательно заряженные частицы,

зарожденные в меди общей толщиной 2—2,5 мм., расположенных под свинцовыми блоками толщиной 10—18 см.

На фиг. 2 приведены распределения отрицательно заряженных частиц по импульсам отобранные в отдельные группы по следующим признакам:



Фиг. 2.

- а—Отрицательно заряженные частицы зарожденные в однолучевых звездах.
б—Отрицательно заряженные частицы зарожденные в многолучевых звездах.

Группа „а“: отрицательно заряженные одиночные частицы возникающие в отсеках без сопровождающих частиц — однолучевые звезды.

Группа „б“: отрицательно заряженные частицы возникающие в отсеках в сопровождении более одной частицы — многолучевые звезды.

Как видно из фиг. 2 распределение частиц в двух группах отличается по форме. Основная часть частиц возникающих в многолучевых звездах распределена в более широком интервале импульсов и группируется вокруг значений $P = 2-2,5 \cdot 10^8$ эв/с, $P = 5-5,5 \cdot 10^8$ эв/с. В случае однолучевых звезд, большинство частиц группируется в узком интервале импульсов, вокруг значений $P = 2,5-3 \cdot 10^8$ эв/с.

Сравнивая средние значения импульса частиц для групп „а“ и „б“ зарожденных в разных отсеках в интервале $P = 2-4 \cdot 10^8$ эв/с, видим, что для частиц группы „а“ (таблица 2) среднее значение импульса с удалением отсека от магнитного зазора увеличивается в то время, как для частиц группы „б“ определенной закономерности не наблюдается.

Таблица 2

Отсек	Отрицательно заряженные частицы с импульсом $2-4 \cdot 10^8$ эв/с зарожденные в данном отсеке							среднее значение импульса в 10^8 эв/с
	Частицы зарожденные в однолучевых звездах							
В	3,29	3,59						3,44
Г	2,32	3,25	2,85	2,61	3,33	3,27		2,81
	2,41	2,4						
Д	2,67	2,81	2,8	2,58				2,81
Е	2,54	2,92	2,53	2,66	2,52	2,53		2,7
	2,59	3,33						
	Частицы зарожденные в многолучевых звездах							
В	2,52	2,47	2,41	2,8	2,7	3,0	2,5	2,61
Г	2,52	3,64	3,93					3,27
Д	2,2	2,2	3,14	3,93	2,2	2,06	2,28	2,6
Е	3,29	2,29						2,79

Наблюдаемая для частиц группы „а“ зависимость среднего значения импульса, от места зарождения, можно объяснить ионизационными остановками протонов идущих снизу вверх, так как с удалением отсека увеличивается и ионизационный пробег.

Укажем, что остановки обратных протонов будут регистрироваться как зарождение частицы в однолучевых звездах, в отличие от π -мезонов возникающих в ядерных расщеплениях и в большинстве случаев регистрируемых, как частицы возникающие в многолучевых звездах.

Любопытно сравнение частиц групп „а“ и „б“ по взаимодействию с веществом в нижних поглотителях. В группе „а“ в интервале импульса $P = 2-4 \cdot 10^8$ эв/с наблюдаены 22 частицы; из них 19 провзаимодействовало с веществом в первых двух поглотителях толщиной 12 см графита. При чем, под взаимодействием подразумевается: а) остановка частицы, б) рассеивание на угол больше чем 15° , в) образование звезд. В группе „б“ наблюдаены 19 частиц в том же интервале импульса, из которых только 6 провзаимодействовало в тех же поглотителях.

Допуская, что все наблюдаемые нами отрицательно заряженные частицы группы „а“ и „б“ являются π -мезонами, можно определить ослабление π -мезонного пучка в поглотителях из-за ядер-

ного взаимодействия. π -мезоны с импульсом $P = 2-4 \cdot 10^8$ эв/с в графитовом поглотителе толщиной 12 см могут остановиться только из-за неионизационных потерь энергии.

Количество π -мезонов выходящих из поглотителя $N = N_0 l^{-x}$, где N_0 —поток падающих частиц на поглотитель, N —число частиц прошедших поглотитель без взаимодействия, x —толщина поглотителя и λ —длина ядерного пробега вещества поглотителя.

Учитывая, что в интервале импульса $P = 2-4 \cdot 10^8$ эв/с сечение ядерного взаимодействия π -мезонов близко к геометрическому $\lambda = 36$ см, получим величину первичного потока, если известно количество частиц N прошедших через поглотитель толщиной 12 см.

Для частиц группы „б“ имеем $N = 13$, отсюда $N_0 = 18,5$. На опыте наблюдаются 19 частиц, т. е. все частицы в группе „б“ являются π -мезонами. Для группы „а“ $N = 3$, $N_0 = 4,5$, на опыте наблюдаются 22 частицы.

Так как сечение ядерного взаимодействия не может быть больше геометрического, то следовательно из 22 частиц около 17 не являются π -мезонами. Можно предполагать, что они являются К-мезонами ионизационно остановившимися в 12 см графите. Однако трудно допустить, что тяжелые частицы зародились несколько раз интенсивнее чем π -мезоны при данном интервале импульсов, что противоречит известным экспериментальным фактам.

В таблице 3 приведены все 19 случаев частиц группы „а“, про- взаимодействовавших в 12 см графита. В графе 3 приведены импульсы частиц. В графах 4 и 5 приведены пробеги и масса частиц в предположении, что отрицательно заряженная частица зародилась в стенках счетчиков генерационной коробки и остановилась в нижних поглотителях из-за ионизационных потерь энергии. Для восьми случаев определение массы оказалось невозможным, из-за неионизационных остановок частиц.

В графах 6 и 7 приведены пробег и масса частиц в предположении, что положительно заряженная частица зародилась в нижних поглотителях и остановилась в стенках счетчиков генерационной коробки.

При чем можно вычислить массу для всех 19 частиц.

Сравнивая значения полученные в графах 5 и 7 видим, что в графе 7 разброс в значениях масс меньше, чем в графе 5 и значения масс группируются вокруг значения массы протона.

Перечисленные факты дают основание утверждать, что некоторые из отрицательно заряженных частиц возникающих в однолучевых звездах, от нейтрального компонента космического излучения, являются протонами, идущими в обратном направлении—снизу вверх и остановившимися в данном генераторе.

Можно оценить вклад вносимый обратными протонами в общий поток отрицательно заряженных частиц, возникающих в генераторе от нейтрального компонента космического излучения. Возьмем отри-

Таблица 3

№№ пп.	№ пачек и калориметров	Импульсы заряженных частиц в 10^8 эв/с	Пробег для отрицат. заряженных частиц в см свинца	Масса для отрицат. заряжен. частиц в эд. массах	Пробег для положительно заряжен. частиц в м.м свинца	Масса для положительно заряженных частиц в эд. массах
1	2	3	4	5	6	7
1	171-1	2,59	2-12	910-2050	2,0	2050
2	201-5	3,33	?	?	3,5	2240
3	216-25	3,33	?	?	2,0	2830
4	249-6	3,37	12-33	840-1330	3,5	2240
5	273-15	2,98	2-12	1070-2300	2,5	2300
6	420-4	2,4	2-12	840-1800	3,5	1460
7	437-56	2,53	?	?	2,0	2050
8	459-113	2,41	2-12	840-1800	3,5	1460
9	463-3	2,61	13-35	520-900	3,5	1700
10	526-42	2,54	?	?	2,0	1950
11	527-6	2,67	2-12	970-2050	2,5	1950
12	535-30	2,32	12-32	470-780	3,5	1360
13	701-70	3,25	?	?	3,5	2240
14	613-70	2,92	13,5-36	600-1000	2,0	2440
15	685-20	2,66	?	?	2,0	2140
16	689-2	3,59	2-12	1440-3200	4,5	2340
17	705-35	2,32	?	?	2,0	1950
18	768-59	2,81	12-32	640-1030	2,5	2140
19	770-79	2,53	?	?	2,0	1950

ительно заряженные одиночные частицы зарождающиеся в стенках счетчиков и в нижних блоках свинцового генератора толщиной 5-7 см.

За 2220 часов измерений в интервале импульса $P=2-5 \cdot 10^8$ эв/с зарегистрировано 77 частиц. Из них: в 12 см графите провзаимодействовало 50 и прошло без видимого взаимодействия 27. За то же время с импульсами превышающими $P=5 \cdot 10^8$ эв/с зарегистрировано 56 частиц. Из них в графите толщиной 12 см провзаимодействовало 19 и прошло без видимого взаимодействия 37. По количеству не взаимодействовавших частиц определен общий поток π -мезонов приведенный в таблице 4.

Как видно из таблицы 4 в интервале импульсов $P=2-5 \cdot 10^8$ эв/с, из 77 частиц 39 являются π -мезонами, остальные 38 частиц могут

Таблица 4

Отрицательно заряженные одиночные частицы	Всего частиц	Провзаимодействовали в графите толщиной 12 см	Прошли без видимого взаимодействия	Ожидаемый поток π -мезонов	Другие частицы
$2 \cdot 10^8 < P < 5 \cdot 10^8$ эв/с	77	50	27	$36 \pm 6,2$	38
$P > 5 \cdot 10^8$ эв/с	56	19	37	$52 \pm 7,2$	4

быть обратными протонами и частично К-мезонами; Однако, нужно предполагать, что доля последних невелика, так как они в основном зарождаются в многолучевых звездах и составляют небольшую часть от π -мезонов в данном интервале импульса.

Магнитным-масспектрометром за 2220 часов измерения в интервале импульса $P = 2-5 \cdot 10^8$ эв/с зарегистрирован 251 отрицательно заряженная частица, зарождающаяся в однолучевых и многолучевых звездах от нейтрального компонента космического излучения в свинцовых генераторах толщиной 10–18 см. Из них 38 могут быть приняты как обратные протоны, что составляет около 15% от всех отрицательно заряженных частиц, зарождающихся в генераторе от нейтрального компонента в данном интервале импульсов и при указанной толщине генератора. Частота регистрации обратных протонов в указанных интервалах импульсов и толщине генератора равна $0,017 \pm 0,0028$ частиц в час, при телесном угле ограниченном магнитным зазором в $70 \times 30 \times 8$ см.

Частота регистрации протонов и π -мезонов, зарождающихся в свинцовом генераторе толщиной 10–18 см, от нейтрального компонента космического излучения, в интервале импульсов $P = 2-5 \cdot 10^8$ эв/с при том же телесном угле составляет соответственно $0,45 \pm 0,027$ и $0,096 \pm 0,0066$ частиц/час.

2. В течение 1955 года продолжались измерения по изучению частиц, зарождающихся в свинцовых генераторах от нейтрального компонента космического излучения. Существующая регистрирующая система была дополнена пятислойным пропорциональным счетчиком, позволяющим определить ионизирующую способность частицы с точностью 15%. Таким образом стало возможным проверить правильность выводов, высказанных выше на основании анализа экспериментального материала 1953/54 гг. о существовании обратного потока протонов. Были произведены измерения при разных толщинах генератора, для приближения условий эксперимента к условиям 1954 года. В одной серии измерений в качестве генератора были использованы сравнительно тонкие свинцовые листы толщиной 4–10 мм, с суммарной толщиной 20, 30, 50 мм.

Все отрицательно заряженные частицы, зарождающиеся в свинцовых генераторах от нейтрального компонента космического излучения, отобранные и обработанные также, как и в 1953–1954 гг., были условно разделены на две группы:

- а) частицы, зарождающиеся в однолучевых звездах, и
- б) частицы, зарождающиеся в многолучевых звездах.

На фиг. 3, 4 приведены распределения отрицательно заряженных частиц по группам „а“ и „б“ в зависимости от импульса и ионизирующей способности. Сплошными кривыми проведены зависимости ионизирующей способности частиц от импульса для π , К-мезонов, протонов, дейтронов.

При сравнении этих двух групп видно, что частицы возникающие в многолучевых звездах (фиг. 3) обладают ионизирующей способностью соответствующей частицам с массой π -мезонов. Повышенная ионизация в трех случаях обусловлена прохождением через пропорциональный счетчик нескольких частиц.

В случае однолучевых звезд (фиг. 4) выделяются две группы частиц, обладающих резко отличающимися ионизирующими способностями. Одна группа—это π -мезоны возникающие в генераторах. Вторая группа обладает значительно повышенной ионизирующей способностью, соответствующей частицам с массой протона.

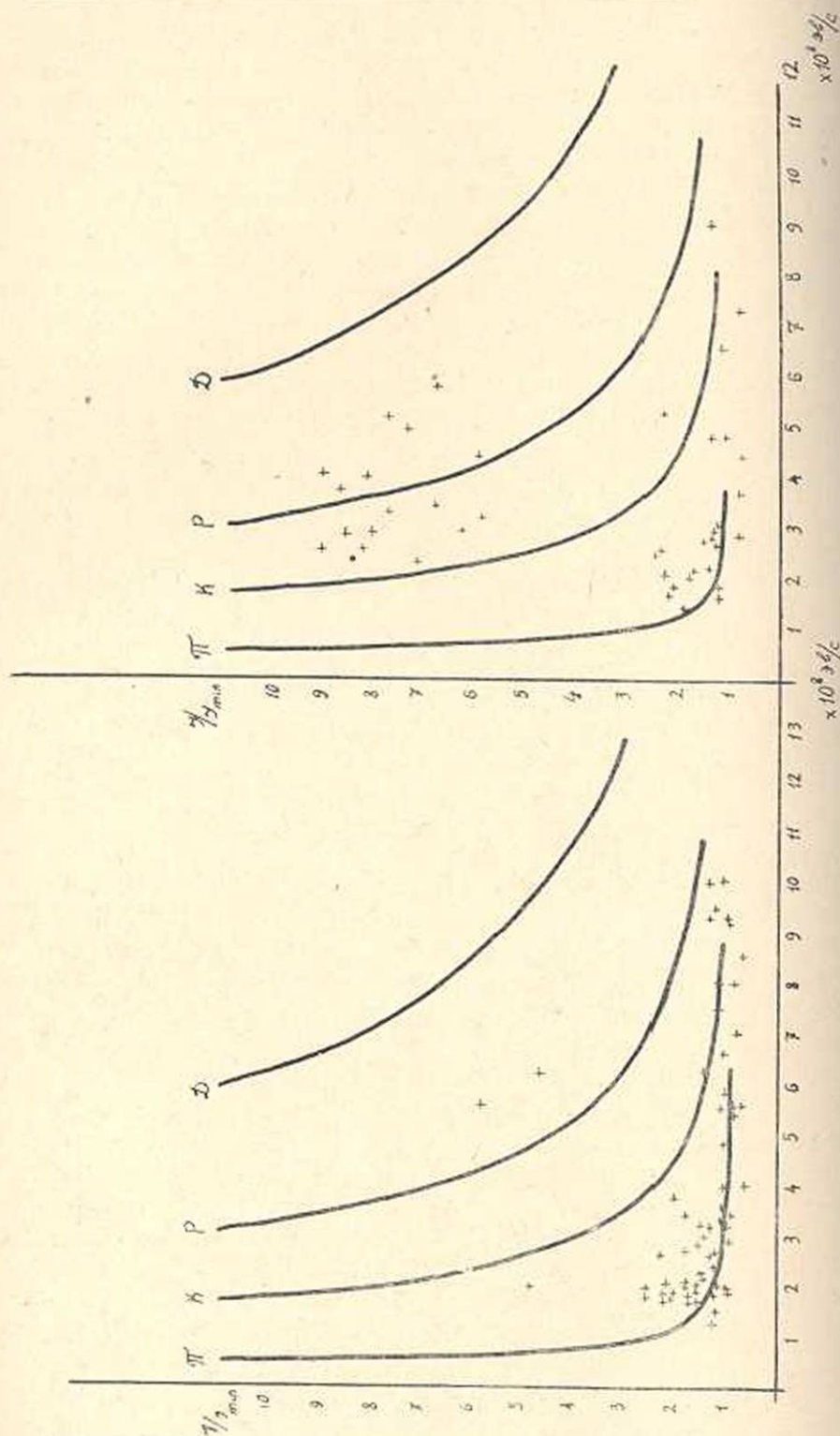
В таблице 5 приведены более подробные данные об этих частицах. В графе 4 приведены импульсы, в графе 7—массы частиц вычисленные по импульсу и ионизации. В графе 8 указан ионизационный пробег частицы в предположении, что она является обратной частицей, остановившейся в генераторе. В графе 9 вычислены масса по импульсу и пробегу для обратных частиц.

Как видно из табл. 5, значение массы частицы вычисленное двумя независимыми способами, в пределах экспериментальной ошибки, совпадает со значением массы протона*.

Таблица 5

№ п.п.	№ пленок и кадров	Суммарная толщ. генератора в м.м	$P \times 10^3$ эв/с	Эксп. рим. J/мин	Ожидаем. J/мин для π -мезонов	M в электрон. массах	Пробег в м.м свинца	M в электрон. массах
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	306—14	30	2,55	9,1	1,2	1400	2—6	1650 ± 400
2	315—10	30	2,3	7,2	1,2	1100	2—6	1560 ± 400
3	324—21	30	5,17	7,8	1,05	2600	12—18	2550 ± 400
4	325—16	30	2,57	8,3	1,2	1350	2—6	1650 ± 400
5	326—14	30	4,95	7,4	1,05	2480	6—12	2900 ± 400
6	379—9	50	4,0	8,2	1,1	2050	2—10	3000 ± 1000
7	388—4	50	5,8	6,8	1,0	2800	20—30	2250 ± 250
8	390—2	50	2,9	8,1	1,2	1370	2—10	2050 ± 450
9	400—5	50	3,74	8,75	1,1	2000	2—14	2650 ± 950
10	435—57	20	3,48	6,8	1,1	1500	2—12	2350 ± 850
11	450—74	20	4,03	9,1	1,1	2100	2—5	3350 ± 650
12	86—600	250	3,25	5,9	1,15	1450	2—32	1925 ± 1075
13	88—15	250	2,92	6,32	1,1	1300	2—32	1600 ± 900
14	97—442	250	3,3	7,75	1,15	1580	2—32	1925 ± 1095
15	164—163	250	4,36	5,95	1,1	1880	2—32	2800 ± 1600
16	187—7	250	5,81	7,25	1,1	1840	2—32	2350 ± 1250
17	188—15	250	2,86	8,66	1,2	1500	2—32	1600 ± 900

* Заниженное значение для M при импульсе $P < 3,5 \cdot 10^3$ эв/с связано с ограничениями регистрирующей системы: начиная с определенного значения ионизации превышающего регистрирующие возможности системы, происходит отсечение нони.



Фиг. 3. Отрицательно заряженные частицы: зарождающиеся и охваченные ядрами.

Фиг. 4. Отрицательно заряженные частицы: зарождающиеся и охваченные ядрами.

зации, приводящее к уменьшению измеряемого значения конизации для данной стиги и соответственно к занижению значения массы.

Все вышеуказанные факты дают нам основание утверждать, что существует поток обратных протонов, которые регистрируются магнитным масспектрометром как отрицательно заряженные частицы, возникающие в однолучевых звездах, причем, как правило, они являются малознергичными протонами обладающими импульсами меньшими чем $6 \cdot 10^8$ эв/с (таблица 4 и 5).

Частота регистрации обратных протонов меняется с изменением толщины генератора, что вполне закономерно, так как при этом изменяется поток радиоактивного компонента. Так, при толщине генератора 2—5 см свинца, частота регистрации обратных протонов в интервале импульса $2-5 \cdot 10^8$ эв/с равна $0,018 \pm 0,006$ частица/час. При толщине 25 см равна $0,01 \pm 0,0024$ частица/час.

В заключение приношу глубокую благодарность А. И. Алиханяну за интерес к работе и за весьма ценные замечания, и Н. М. Кочаряну за участие в обсуждении результатов.

Институт физики
АН Армянской ССР

Поступило 24 XII 1956

Չ. Զ. Քամակյան

ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ՄԱՍՍՊԵԿՏՐՈՄԵՏՐԻ ԿՈՂՄԻՑ ԱՐՁԱՆԱԳՐՎՈՂ ՀԵՏԱԴԱՐՁ ՊՐՈՏՈՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Կոսմիկական ճառագայթների մեջ, բացի վերելից բնիկնող մասնիկների հիմնական հոսքից, դոշուծյուն ունի նաև հետադարձ մասնիկների թույլ հոսք, ընդ որում այդ հետադարձ մասնիկները մագնիսական մասսպեկտրոմետրի կողմից արձանագրվում են որպես հակառակ նշանի լիցքի մասնիկներ:

Այսպիսով, հետադարձ պրոտոնները արձանագրվում են որպես բացասական լիցք ունեցող մասնիկներ, ընդ որում, եթե մասսպեկտրոմետրի վրա դրված է բաժանական նյութ, ապա վերջիններս, կանգ առնելով նյութի (զեներատորի) մեջ, իմիտացիայի են ենթարկվում որպես բացասական լիցք ունեցող մասնիկների «ծնունդ» կոսմիկական ճառագայթների նեյտրալ կոմպոնենտի կողմից: Միաժամանակ հայտնի է, որ նույն նեյտրալ կոմպոնենտը նյութի մեջ ծնում է բացասական լիցք ունեցող մասնիկներ, հիմնականում π -մեզոններ, որոնց անջատումը հետադարձ պրոտոններից կախված է էքսպերիմենտալ մեծ դժվարությունների հետ:

Ոչտազործելով պղինձի շատ բարակ շերտերում նեյտրալ կոմպոնենտի կողմից ծնված բացասական լիցք ունեցող մասնիկները, որոնք ծնվել են միանառագայթ և բազմաճառագայթ առաղերում, ցույց է տրված, որ միաճառագայթ առաղերում ծնված մասնիկների զգալի մասը կազմում են հետադարձ պրոտոններ, ի տարբերություն բազմաճառագայթ առաղերի, որտեղ ծնվում են π -մեզոններ:

Հետադարձ պրոտոնները կազմում են նեյտրալ կոմպոնենտի կողմից ծնված բացասական լիցք ունեցող բոլոր մասնիկների մոտ $15^0/0$ -ը, երբ գեներատորի (կապար) հաստությունը առանձնապես է $10-18$ սմ առանձնակրում:

Հետադարձ պրոտոնների արձանագրման հաճախականությունը կազմում է $0,017 \pm 0,0028$ մասնիկ/ժամ գեներատորի նույն հաստության համար:

Հետազայում մասնակետումների և հնդաշերտ հարաբերական հաշվի միջոցով կատարված խոնդացիոն չափումներով, ցույց է տրվում, որ միաձառադայթ ատոմների դեպքում բացասական լիցք ունեցող մասնիկները բաղկացած են տարբեր խոնդացիոն հատկություն ունեցող երկու խումբ մասնիկներից, որոնցից առաջինները ունեն π -մեղոնին համապատասխանող խոնդացիոն հատկություն, իսկ երկրորդ խումբը՝ պրոտոնի մասնա ունեցող մասնիկների խոնդացիոն հատկություն:

Բազմաձառադայթ ատոմներում ծնված բացասական մասնիկներն ավելի են π -մեղոններին համապատասխանող խոնդացիոն հատկությամբ:

ЛИТЕРАТУРА

1. Камалаян В. Ш. ДАН, т. 95, № 6, (1954).
2. Хримян А. В. Изв. АН СССР, сер., физ., т. 13, № 6 (1955).