ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

XXIII 1956 5

ФИЗИКА

З. А. Киракосян

Пробеги поглощения протонов в графите и свинце

(Представлено А. И. Алиханяном 23. X. 1956)

При помощи магнитного спектрометра, схема которого представлена на рис. 1, были проведены измерения пробегов поглощения протонов в графите и свинце. Измерения производились на высоте 3200 *м* над уровнем моря.

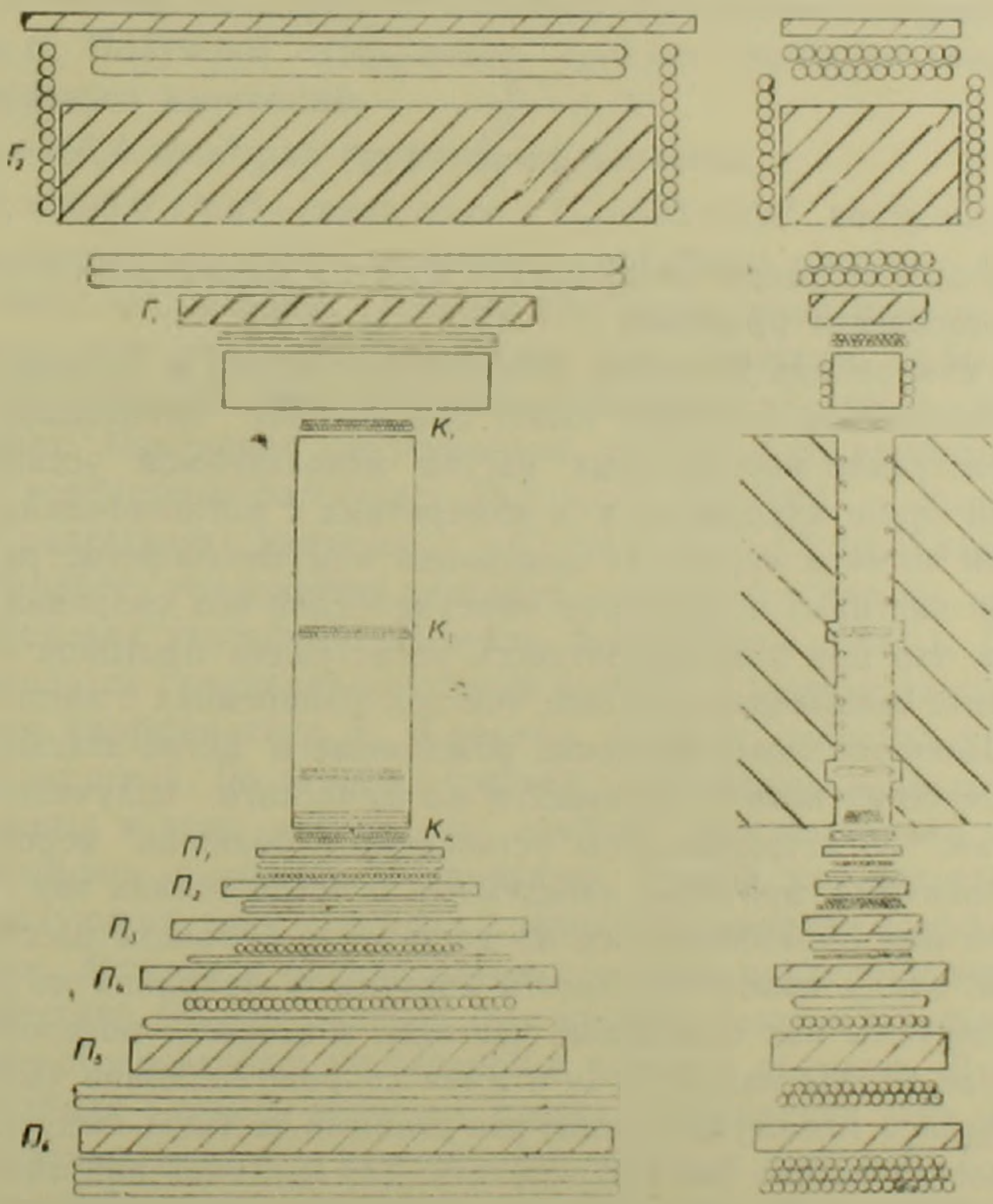

Рис. 1. Схема магнитного спектрометра

Определение импульса частицы производилось по измерению радиуса кривизны траектории частицы в магнитном поле с помощью координатных рядов счетчиков Гейгера-Мюллера k_1, k_2 и k_4, составляющих телескоп.

Под магнитным зазором помещались медные поглотители $П_1$—$П_6$ с рядами счетчиков межлу ними. Общая толщина указанных поглотителей равнялась 178 *г/см*^{2}. Над магнитным зазором располагались поглотители $Г_1$ и $Г_2$ из исследуемого вещества т. е. графита или свинца.

Весь цикл измерений состоял из трех вариантов:

1. С графитовыми поглотителями над зазором,
2. Со свинцовыми поглотителями над зазором,
3. Без поглотителей (воздушный вариант измерений).

Получая таким образом интенсивность потока протонов с поглотителями и без них, можно было по ослаблению потока вычислить пробег поглощения протонов в этих веществах. Обозначим интенсивность протонов в воздушном варианте измерений через N_0, в вариантах с поглотителями $Г_1$ и $Г_2$—через N, тогда, принимая экспоненциальный закон поглощения, можно получить значения пробега поглощения из выражения

$$L = \frac{x}{\ln \frac{N_0}{N}}, \qquad (1)$$

где x — общая толщина поглотителей $Г_1$ и $Г_2$, выраженная в *г/см*^{2}, L — пробег поглощения протонов.

При измерениях пробегов поглощения частиц в плотных веществах существенное значение имеет обеспечение одинаковой вероятности регистрации исследуемых частиц используемой установкой в воздушной серии измерений и в измерениях с поглотителями. Нашей установкой во всех вариантах измерений в основном регистрировались одиночные частицы, прошедшие через телескоп без сопровождения.

Ясно, что при этом вероятность регистрации протонов в воздушном варианте оказывалась больше, чем при измерениях с поглотителями $Г_1$ и $Г_2$. Действительно, протоны, рожденные в актах взаимодействия частиц ядерно-активной компоненты космического излучения с ядрами воздуха, регистрировались установкой с большей вероятностью, чем аналогичные протоны, рожденные в поглотителях над зазором. Первые из них образовывались на достаточно большом расстоянии от установки, ввиду малой плотности воздуха и доходили до регистрирующей системы как одиночные частицы, а вторые, образовываясь в поглотителе близко над зазором и имея сопровождающие частицы, регистрировались преимущественно как двойные частицы, импульсы которых не всегда можно было определить. Для введения поправки на указанный эффект нами проводились контрольные измерения. Удаляя генераторы $Г_1$ и $Г_2$ на расстояние 1 *м* от верхнего края полюсов, мы и

значительной мере уменьшили число таких сопровождений и оценили число сопровождений по отношению к одиночным для разных областей импульсов. Обозначим это отношение через β. Для нахождения числа частиц, прошедших через установку, необходимо число одиночных умножить на $K=1+\beta$. Значения K для каждого варианта измерений приводятся в табл. 1. В рассматриваемых измерениях необходимо было учитывать также изменение барометрического давления при переходе от воздушного варианта измерений к варианту с поглотителями. По барометрическому давлению нами использовались данные метеорологической станции Арагац. Измерение давления производилось четыре раза в сутки. Среднее давление $\bar{P}$ для каждого варианта измерений вычислялось согласно выражению

$$\bar{P}=\frac{\sum \bar{P}_i\ t_i}{\sum t_i}, \qquad (2)$$

где t_i — интервал времени от одной зарядки фотоаппарата до другой (~20—25 часов), $\bar{P}_i$ — среднее значение давления за каждый интервал времени t_i. Получены следующие средние значения давления для трех вариантов измерений:

$\bar{P}_C=706{,}6$ *г/см²* для графитового варианта,

$\bar{P}_{Pв}=696{,}6$ *г/см²* — свинцового и $\bar{P}_в=693$ *г/см²* воздушного варианта. Увеличение давления эквивалентно введению дополнительного слоя поглотителя над зазором. Поэтому при вычислении пробега поглощения необходимо учитывать изменение интенсивности протонов из-за изменения давления. Эта поправка значительна только при графитовых измерениях. Изменение давления при переходе от графитовых измерений к воздушным составляет 13,6 *г/см²*, поэтому в выражение (1) следует подставлять значение $x=40$ *г/см²* C+13,6 *г/см²* воздуха. Данные по пробегу поглощения протонов в графите и свинце, полученные после введения указанных поправок, приведены в табл. 1. Для пробегов приводятся среднеквадратичные ошибки с учетом ошибок при определении коэффициента K. В первом столбце таблицы указаны интервалы энергией. Во втором, третьем и четвертом — число протонов, наблюденных в этих интервалах энергий соответственно в графитовом, свинцовом и воздушном вариантах. В этой же последовательности в следующих трех столбцах приводятся значения коэффициента K. В девятом, десятом и одиннадцатом столбцах приведены числа протонов с энергией больше заданой (эти энергии указаны в восьмом столбце), зарегистрированных установкой в единицу времени. В последних двух столбцах указаны значения пробега поглощения этих протонов в соответственно графите и свинце. Для частиц с энергией $E>5{,}49$ Бэв значение пробегов не приводится, так как число частиц мало и ошибки велики. Из наших данных следует, что пробег поглощения протонов

Таблица 1

Пробег поглощения протонов в графите и свинце

Интервалы энергии в Бэв	Число протонов наблюденных			Ливневые коэффициенты			$E>$ в Бэв	Число протонов в одну сек $\cdot 10^{-6}$			Пробег поглощения в графите L_C	Пробег поглощения в свинце $L_{Pв}$
	под граф. N_C	под свинц. $N_{Pв}$	в возд. $N_в$	K_C	$K_{Pв}$	$K_в$		N_C	$N_{Pв}$	$N_в$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,37—0,47	1525	494	720	1,23	1,31	1,07	0,37	1465	945	1960	183 ± 17	275 ± 13
0,47—0,64	1443	507	671	1,24	1,32	1,07	0,47	1080	729	1450	183 ± 20	292 ± 18
0,64—0,91	1103	374	477	1,26	1,35	1,07	0,64	715	505	955	183 ± 25	318 ± 25
0,91—1,38	857	329	422	1,28	1,38	1,07	0,91	429	292	612	150 ± 22	271 ± 24
1,38—2,38	554	221	317	1,31	1,42	1,07	1,38	201	139	310	124,5 ± 21	249 ± 27
2,38—5,49	180	59	104	1,33	1,48	1,07	2,38	53	34	82,4	123 ± 38	224 ± 41
5,49—∞	11	9	11	1,45	1,6	1,07	5,49	3,19	4,77	7,89		

в графите с ростом энергии убывает. Для свинца эта зависимость выражается в более слабой форме.

Имея величины пробега поглощения протонов $L_п$ и пробега взаимодействия $L_в$, можно определить долю энергии α, сохраняемую протоном после элементарного акта взаимодействия. Эти три величины связаны соотношением ([1])

$$L_п = \frac{L_в}{1 - \alpha^{\gamma-1}}, \qquad (3)$$

где γ — показатель спектра протонов. Пробег взаимодействия протонов с энергией $E>1{,}38$ Бэв в графите был определен в последующих экспериментах, проведенных в нашей лаборатории ([2]) и оказался равным 100 *г/см*^{2} С. Величина, совпадающая с этой, была получена в работе ([3]), проведенной на космотроне с нейтронами, энергия которых $\sim$ $\sim 1{,}4$ Бэв. Подставляя в выражение (3) значения $L_п = 124$ *г/см*^{2} и $L_в = 100$ *г/см*^{2}, для графита получаем $\alpha = 0{,}38$ Для свинца при $L_п = 249$ и $L_в = 198$ *г/см*^{2} ([3]) получается $\alpha = 0{,}43$. Приведенные значения α относятся к протонам с энергией $E>1{,}38$ Бэв. Ошибки в величинах α обусловливаются в основном ошибками в значениях пробега взаимодействия и поглощения и составляют $\sim 20-25\%$. Однако если исходить из приведенных значений для α, то следует, что в этой области энергий протоны в одиночном акте взаимодействия с ядрами графита или свинца сохраняют за собою одну и ту же долю энергии порядка 40%. В работе ([4]) найдено, что при столкновении протонов с энергией 0,6 Бэв. на образование π — мезонов в среднем уходит 80% доступной энергии в системе центра инерции. Это соответствует 44% в лабораторной системе (при этом предполагается изотропное распределение π — мезонов в системе центра инерции). Полученные нами результаты качественно согласуются с рассмотренными выше.

В заключение считаю своим приятным долгом выразить благодарность Н. М. Кочаряну и Г. С. Саакяну за ценное обсуждение результатов настоящей работы.

Физический институт Академии наук
Армянской ССР

Ջ. Ա. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ

Պրոտոնների կլանման վագրը գրաֆիտում եվ կապարում

Մագնիսական սպեկտրոմետրի միջոցով, որի սխեման տրված է նկար 1-ում, կատարվել են պրոտոնների կլանման վագրի մեծության չափումներ ծովի մակերևույթից 3200 մ բարձրության վրա։

Կատարվել են երեք տարբեր չափումներ.

1. Երբ տարբավորման վերևում դրված է գրաֆիտյա կլանիչներ (նկ. 1-ին $Г_1$ և $Г_2$)։

2. Երբ տարբավորման վերևում դրված է կլանիչներ կապարից։

3. Երբ տարբավորման վերևում կլանիչներ չեն եղել։

Այսպիսով ստանալով պրոտոնների հոսքի մեծությունը կլանիչների առկայության և

բացակայության պայմաններում, հնարավոր է այդ մեծության փոփոխության հիման վրա հաշվել պրոտոնների կլանման վազքի մեծությունը ուսումնասիրվող նյութերում:

Կլանման վազքի մեծությունը հաշվելու համար կկիրառված է (1) բանաձևը, որտեղ N_0-ն պրոտոնային հոսքի մեծությունն է, Γ_1, Γ_2 կլանիչների բացակայության դեպքում, իսկ N-ը նույն մեծությունն է կլանիչների ստկայության դեպքում: x-ը Γ_1 և Γ_2 կլանիչների ընդհանուր հաստությունն է արտահայտված գ/սմ² միավորներով: Ապյուսակի վերջին երկու սյունակում բերված են ստացված արդյունքները:

Ունենալով կլանման վազքի L_n և փոխազդեցության վազքի L_n երկարությունները, կարող ենք (3) բանաձևից (1) հաշվել α-ն՝ էներգիայի այն մասը, որ պրոտոնը պահպանում է փոխազդեցության ամեն մի դեպքից հետո:

Պրոտոնների փոխազդեցության վազքի մեծությունները վերցված են (2) և (3) աշխատանքներից:

$E > 1{,}4$Բեվ էներգիա ունեցող պրոտոնների համար մենք ստացել ենք $\alpha = 0{,}38$ գրաֆիտի դեպքում և $\alpha = 0{,}43$ կապարի դեպքում:

Այսպիսով ստացվում է, որ նշված էներգիա ունեցող պրոտոնները գրաֆիտի կամ կապարի միջուկների հետ փոխազդեցության դեպքում պահպանում են իրենց էներգիայի մոտավորապես 40%: Այս տվյալները համընկնում են (4) աշխատանքում բերված տվյալների հետ:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Г. Т. Зацепин*, ЖЭТФ 19. 1105, 1949. [2] *Н. М. Кочарян, Г. С. Саакян, А. С. Алексанян* и *Х. Б. Начаджян*. Изв. АН. АрмССР (в печати). [3] *Т. Кур, Д. А. Хилл, В. Ф. Хорняк, Л. В. Смит, Г. Сноу*. Phys. Rev. 98, 1369, 1955. [4] *М. Г. Мещеряков, В. П. Зрелов, Б. С. Неганов, И. К. Взоров* и *А. Ф. Шабудин*, Тезисы докладов на Всесоюзной конференции по физике частиц высоких энергий—Москва, издательство АН, 1956. стр. 19.