

968



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

---

А.Ф. Дунайцев, В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин, В.И. Рыкалин

Р - 968

ПРОВЕРКА СОХРАНЕНИЯ  
ВЕКТОРНОГО ТОКА

Дубна 1962 год

А.Ф. Дунайцев, В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин, В.И. Рыкалин

Р - 968

ПРОВЕРКА СОХРАНЕНИЯ  
ВЕКТОРНОГО ТОКА

Дубна 1962 год

### А н н о т а ц и я

Измерена вероятность  $\beta$ -распада  $\pi^+$ -мезона:

$$\omega(\pi^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu) / \omega(\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu) = (1,1 \pm 1,0 \text{ } -0,5) \cdot 10^{-8}.$$

Константа  $G$ , определяющая интенсивность этого распада, найдена равной

$$G = (1,6 \pm 0,5) \cdot 10^{-49} \text{ эрг.см}^3 \text{ в согласии с гипотезой сохранения векторного тока.}$$

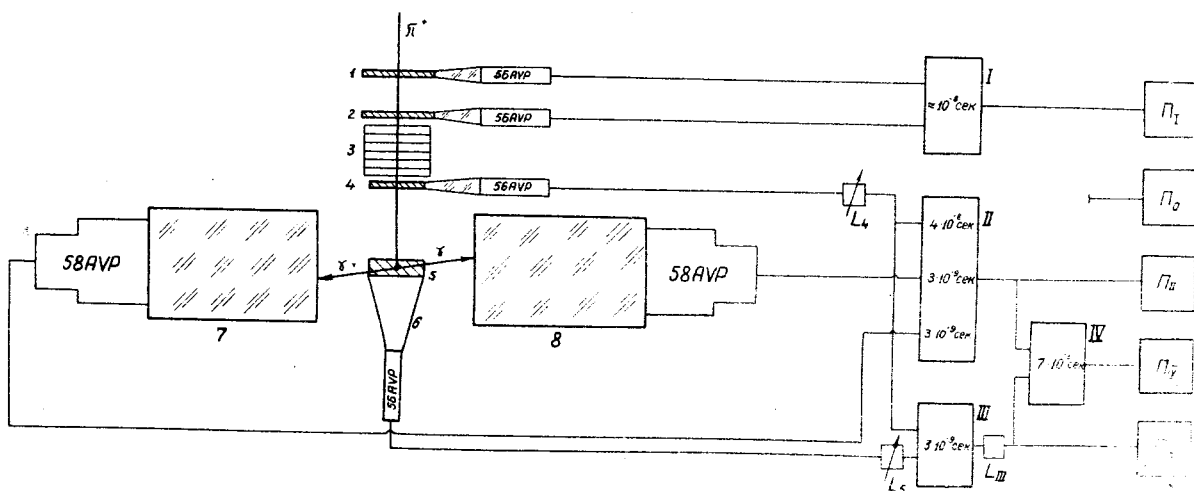
### Abstract

The probability of pion  $\beta$ -decay has been measured:  $\omega(\pi^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu) / \omega(\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu) = (1,1 \pm 1,0 \text{ } -0,5) \cdot 10^{-8}$ .

The constant  $G$ , which determines the intensity of this decay has been obtained to be  $G = (1,6 \pm 0,5) \cdot 10^{-49} \text{ erg.cm}^3$  in agreement with the conserved vector current hypothesis.

В проведенных нами первых исследованиях  $\beta$ -распада  $\pi$ -мезона<sup>/1,2/</sup> было показано, что относительная вероятность этого распада  $\lambda = \omega(\pi^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu) / \omega(\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu)$  не превышает существенно  $10^{-8}$ -величину, предсказываемую теорией слабого взаимодействия<sup>/3,4/</sup>. При этом уровень фона, ограничивавшего возможности дальнейшего количественного исследования  $\beta$ -распада  $\pi$ -мезона, составлял /в единицах  $\lambda$  /  $2 \div 3 \cdot 10^{-8}$ . Как показали дальнейшие измерения, основным источником этого фона являлись случайные совпадения сигналов в выходной схеме совпадений /схема IV на рис.1/.

После завершения описанных в работе<sup>/2/</sup> экспериментов мы внесли ряд изменений в электронную часть установки, в результате которых удалось значительно улучшить разрешение выходной схемы совпадений и повысить селективную способность детектора остановок  $\pi^+$ -мезонов /схема III на рис. 1/. Это позволило снизить уровень фона случайных совпадений в несколько раз. В серии экспериментов, выполненных с новой аппаратурой, было показано, что  $\beta$ -распад  $\pi^+$ -мезона существует, и было проведено первое определение величины его вероятности.

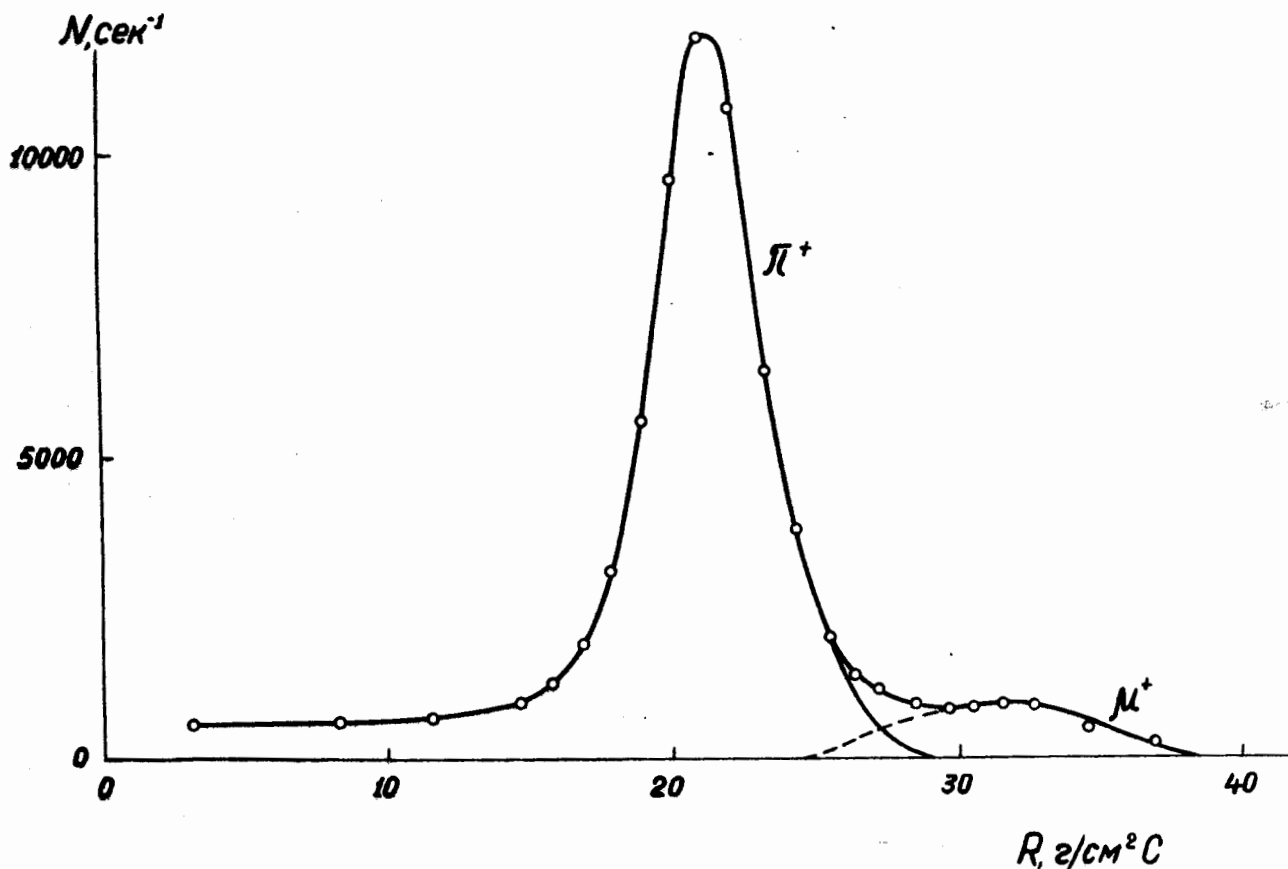


Р и с. 1.

Схема эксперимента. 1,2 -сцинтилляционные счетчики монитора пучка  $\pi^+$ -мезонов; 4,5 -счетчики детектора остановок  $\pi^+$ -мезонов; 6 -полый световод; 3 -полиэтиленовый тормозящий фильтр; 7,8 -черенковские спектрометры полного поглощения;  $L_4$  и  $L_5$  -переменные задержки сигналов; I-IV -схемы совпадений;  $\Pi_0$  -  $\Pi_{IV}$  -пересчетные схемы.

Для выделения остановок  $\pi^+$ -мезонов в сцинтилляторе счетчика 5 ранее нами использовался<sup>/1,2/</sup> режим "детектора остановок"<sup>/5/</sup>, позволяющий подавить эффективность регистрации проходящих  $\pi^+$ -мезонов в 5-7 раз по сравнению с эффективностью ре-

гистрации остановок. Как показано в работе <sup>16/</sup>, коэффициент отбора детектора остановок может быть увеличен до 40-50, если использовать схему совпадений III в качестве амплитудно-временного преобразователя и осуществлять амплитудную дискриминацию не только в счетчике 5, но и в счетчике 4. Последнее одновременно позволяет уменьшить фон случайных совпадений в основной схеме II. Эффективность регистрации остановок  $\pi^+$ -мезонов в этом режиме, использовавшемся в описываемых ниже экспериментах, была близка к единице. Селективные свойства детектора остановок иллюстрируются рис. 2, на котором приведена кривая пробегов мезонов, измеренная при помощи этого детектора.

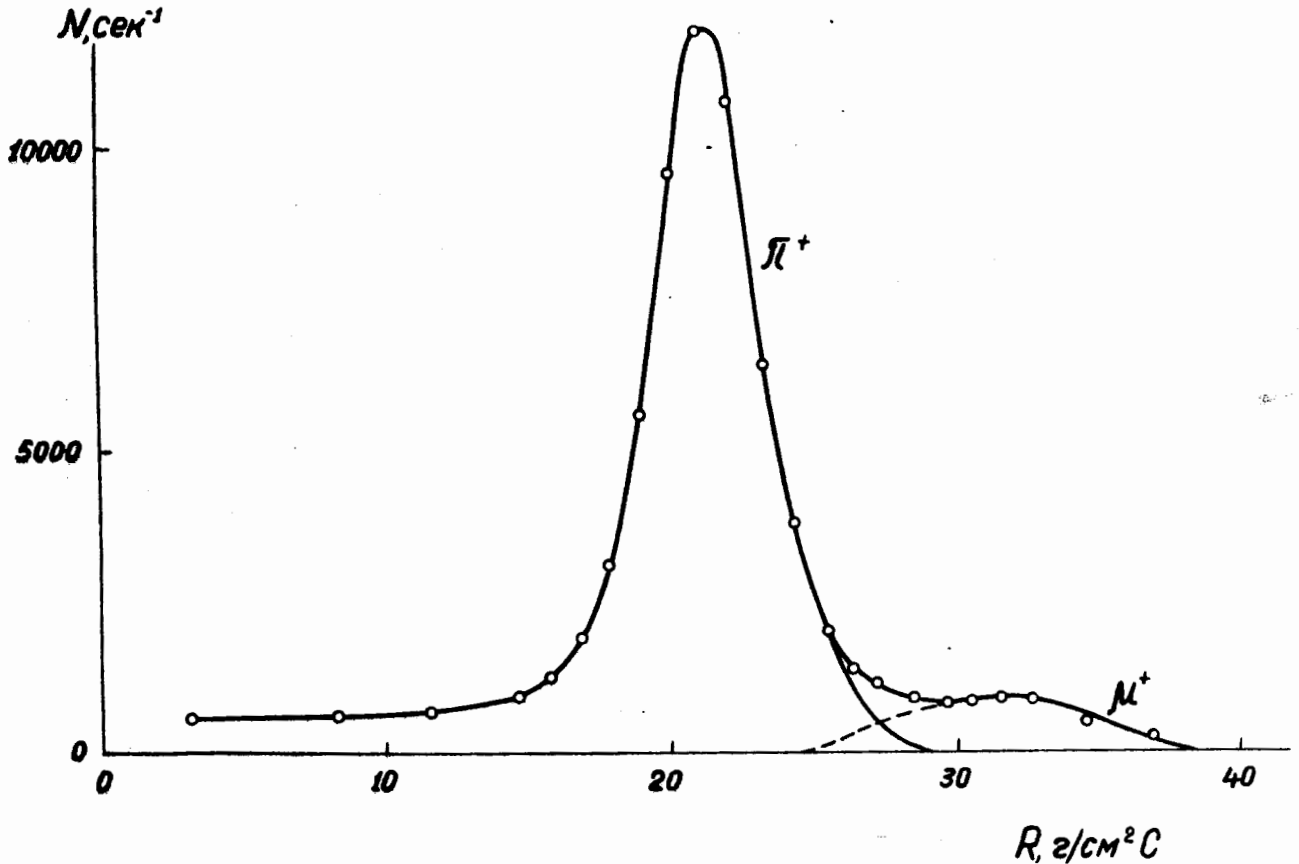


Р и с. 2.

Кривая пробегов мезонов, измеренная при помощи детектора остановок.  $N$  - скорость счета пересчетной схемы III в зависимости от толщины тормозящего фильтра  $R$  /в г/см<sup>2</sup> углерода/.

Калибровка аппаратуры была выполнена на пучке  $\pi^-$ -мезонов той же энергии, что и  $\pi^+$ -мезоны /75 Мэв/.  $\pi^-$ -мезоны останавливались в жидком водороде, залитом в стеклянный дьюар, который помещался между спектрометрами 7,8 вместо счетчика 5. Скорость счета  $\pi^0$ -мезонов, возникавших в результате перезарядки  $\pi^-$ -мезонов, достигала 50 сек<sup>-1</sup>, что позволило провести детальное исследование аппаратуры. Определенные в этих опытах временные параметры схемы задержанных совпадений II указаны на рис. 1. Они близки к полученным ранее <sup>12/</sup>. В выбранном режиме работы аппа-

гистрации остановок. Как показано в работе<sup>16/</sup>, коэффициент отбора детектора остановок может быть увеличен до 40-50, если использовать схему совпадений III в качестве амплитудно-временного преобразователя и осуществлять амплитудную дискриминацию не только в счетчике 5, но и в счетчике 4. Последнее одновременно позволяет уменьшить фон случайных совпадений в основной схеме II. Эффективность регистрации остановок  $\pi^+$ -мезонов в этом режиме, использовавшемся в описываемых ниже экспериментах, была близка к единице. Селективные свойства детектора остановок иллюстрируются рис. 2, на котором приведена кривая пробегов мезонов, измеренная при помощи этого детектора.



Р и с. 2.

Кривая пробегов мезонов, измеренная при помощи детектора остановок.  $N$  - скорость счета пересчетной схемы  $\Pi_{III}$  в зависимости от толщины тормозящего фильтра  $R$  /в  $\text{г/см}^2$  углерода/.

Калибровка аппаратуры была выполнена на пучке  $\pi^-$ -мезонов той же энергии, что и  $\pi^+$ -мезоны / $\overline{15}$  Мэв/.  $\pi^-$ -мезоны останавливались в жидком водороде, залитом в стеклянный дьюар, который помещался между спектрометрами 7,8 вместо счетчика 5. Скорость счета  $\pi^0$ -мезонов, возникавших в результате перезарядки  $\pi^-$ -мезонов, достигала  $50 \text{ сек}^{-1}$ , что позволило провести детальное исследование аппаратуры. Определенные в этих опытах временные параметры схемы задержанных совпадений II указаны на рис. 1. Они близки к полученным ранее<sup>12/</sup>. В выбранном режиме работы аппа-

ратура оказалась крайне нечувствительной к фону постороннего излучения. Так, с удалением жидкого водорода скорость счета схемы II падала более чем в 10 тысяч раз. Наладка и окончательная калибровка всей установки была произведена с использованием обнаруженного нами ранее<sup>/7/</sup> малоинтенсивного процесса перезарядки  $\pi^-$ -мезонов при остановке их в водородосодержащем веществе. В нашем случае таким веществом является стирол /СН/, из которого был изготовлен сцинтиллятор счетчика 5.

Для снижения уровня фона случайных совпадений энергетические пороги спектрометров 7,8 были выбраны более высокими, чем в предыдущих измерениях<sup>/2/</sup> /35 Мэв/. Экспериментально определенная эффективность регистрации  $\beta$ -распада  $\pi^+$ -мезона была равна 5,6%. Ожидаемая скорость счета, соответствующая теоретически предсказанной величине  $\lambda$ , составляла 1 отсчет за 30 часов работы ускорителя. При этом наряду с  $\beta$ -распадом  $\pi^+$ -мезонов установка должна была регистрировать и радиационный распад  $\pi^+ \rightarrow \gamma + e^+ + \nu$ , вероятность которого также может быть вычислена в случае сохранения векторного тока<sup>/8/</sup>. Однако при выбранных высоких энергетических порогах спектрометров вклад этого распада сравнительно мал и должен был составлять около 1/6 от полного счета. Ожидаемый уровень фона составлял 1 отсчет за 80 часов. Уровень фона был определен путем сопоставления скоростей счета схем совпадений II, III и IV, полученных в описываемых экспериментах и в работе<sup>/2/</sup> на пучках  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов.

Измерения вероятности  $\beta$ -распада  $\pi^+$ -мезона продолжались около 100 часов. Для контроля стабильности параметров аппаратуры периодически измерялись выходы  $\pi^0$ -мезонов от перезарядки  $\pi^+$ -мезонов на лету в сцинтилляторе счетчика 5, повторно производились описанные выше калибровочные эксперименты на пучке  $\pi^-$ -мезонов. Чтобы исключить возможность случайной регистрации электрических наводок, использовалась чувствительная пересчетная схема  $\Pi_0$ , фиксирующая наводки. Как оказалось, они появлялись редко и в ходе основных измерений ни разу не были зарегистрированы схемами II и IV. В результате измерений, в течение которых через установку было пропущено  $0,6 \cdot 10^{10}$   $\pi^+$ -мезонов, было зарегистрировано 4 отсчета выходной схемы совпадений IV. В единицах  $\lambda$  это соответствует величине  $\lambda_p = 1,8 \cdot 10^{-8}$ . Уровень фона в этих же единицах составляет  $\lambda_{\text{ф}} = 6 \cdot 10^{-9}$ . Для описания полученного результата введем функцию распределения вероятности  $P(\lambda)$ :

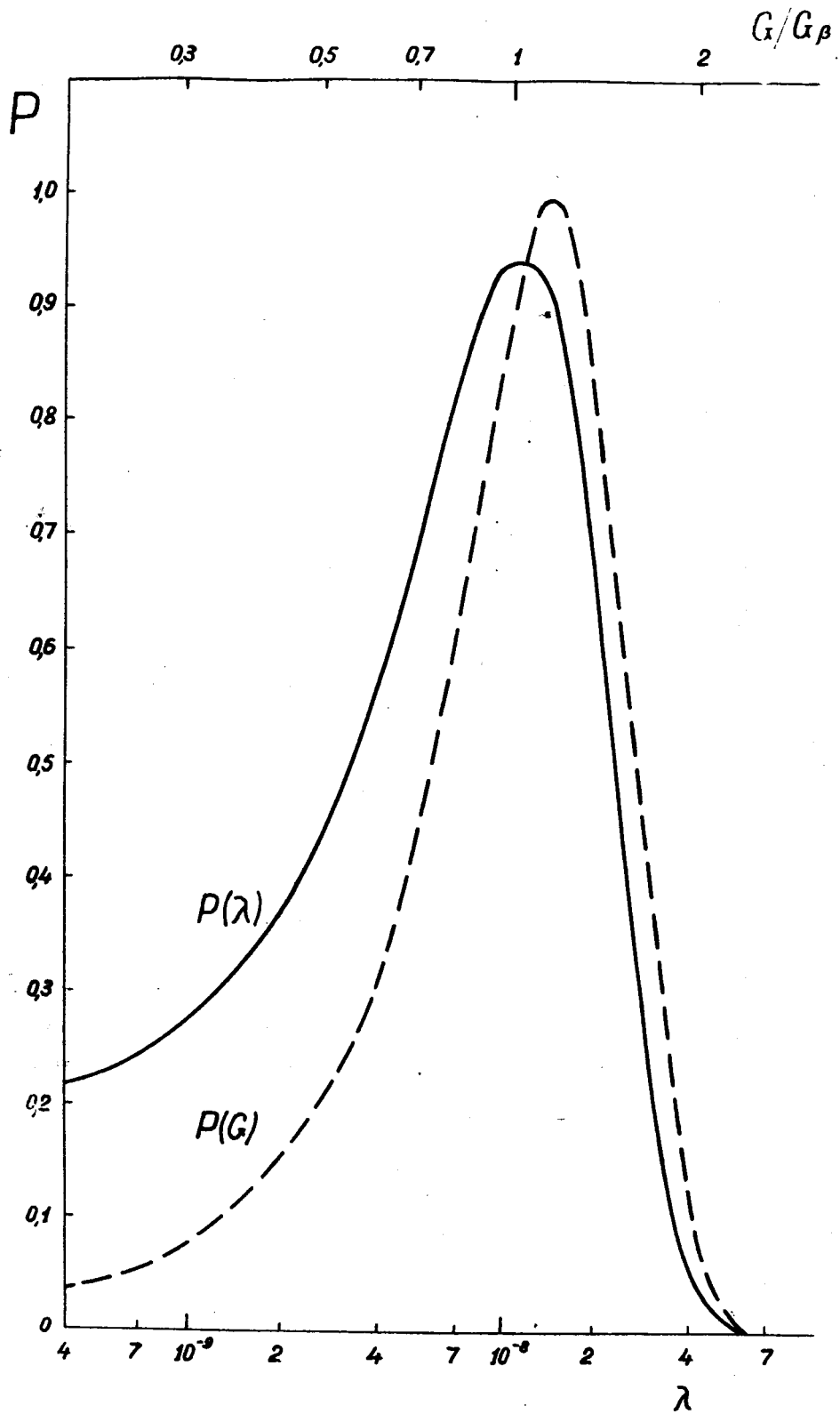
$$P(\lambda) d\lambda = \frac{(\lambda + \lambda_{\text{ф}})^4 / \lambda_p^4}{4! \sum_{m=0}^4 \lambda_{\text{ф}}^m / \lambda_p^m m!} e^{-\lambda / \lambda_p} d\lambda \quad /1/$$

Подставив сюда указанные выше значения  $\lambda_p$  и  $\lambda_{\text{ф}}$ , получаем

$$\lambda = /1,1 \pm 0,5/ \cdot 10^{-8}.$$

Найденная функция распределения /1/ приведена на рис. 3.

Величина  $\lambda$  связана с константой  $G$ , характеризующей  $\beta$ -распад  $\pi^-$ -мезона<sup>/4/</sup>, соотношением



Р и с. 3.

Экспериментально найденные функции распределения вероятностей  $P(\lambda) d\lambda$  и  $P(G) dG$  /в относительных единицах/.



$$\lambda = \frac{G^2 \Lambda^3}{3c \pi^3 \omega(\pi^+, \mu^+, \nu)} \left( 1 + \delta - \frac{3}{2} \frac{\Lambda}{\mu} - 5 \frac{m^2}{\Lambda^2} \right), \quad \hbar = c = 1. \quad /2/$$

Здесь  $\Lambda$  -разность масс заряженного и нейтрального  $\pi$  -мезонов,  $\mu$  -масса  $\pi^+$  -мезона,  $m$  -масса электрона,  $\delta$  -электромагнитная поправка, равная 3,4% согласно /9/. Следующие два члена в скобке учитывают отдачу  $\pi$  -мезона и наличие массы покоя у позитрона /С.С. Герштейн, частное сообщение/. Полученная из /1/ и /2/ функция распределения для  $G$  приведена на рис. 3. Соответствующая величина  $G$  равна

$$G = /1,14 \pm 0,37/ G_\beta,$$

где  $G_\beta$  -векторная константа, характеризующая  $\beta$  -распад ядер /4,10/. Напомним, что в случае сохранения векторного тока должно выполняться равенство  $G = G_\beta$ . Полученный в настоящей работе результат свидетельствует в пользу справедливости этой гипотезы.

Проведенные эксперименты показали, что предложенная нами в 1959 году постановка опытов по изучению  $\beta$  -распада  $\pi^+$  -мезона /описано в работе /11/ с использованием черенковских спектрометров, детектора остановок и регистрацией импульсов на экране скоростного многолучевого осциллографа, даст возможность получить точные сведения о величине вероятности  $\beta$  -распада  $\pi^+$  -мезона и об энергетическом спектре возникающих при распаде позитронов. Одновременно может быть исследован и радиационный распад  $\pi^+$  -мезона. Указанные эксперименты проводятся нами в настоящее время.

### Л и т е р а т у р а

1. А.Ф. Дунайцев, В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин, В.И. Рыкалин, ЖЭТФ, 42, 643, 1962. A.F.Dunaitzev, V.I.Petrukhin, Yu.D.Prokoshkin, V.I.Rykalin. Nuovo Cimento, 22, 5 (1962).
2. А.Ф. Дунайцев, В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин, В.И. Рыкалин. ЖЭТФ, 42, 5, 1962. препринт ОИЯИ, Р-940, 1962.
3. Я.Б. Зельдович. ДАН СССР, 97, 421, 1954.
4. R.P.Feynman, M.Gell-Mann. Phys. Rev. 109, 193 (1958).
5. А.Ф.Дунайцев, Ю.Д.Прокошкин, Таңг Syaow-wei. Nucl. Instr. 8, 11 (1960).
6. А.Ф.Дунайцев, В.И.Петрухин, Ю.Д.Прокошкин, В.И.Рыкалин. Nucl. Instr. (in print) 1962.
7. А.Ф. Дунайцев, В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин, В.И. Рыкалин. ЖЭТФ, 42, 6, 1962. препринт ОИЯИ Р-948, 1962.
8. S.A.Bludman, Y.A.Young. Phys. Rev. 118, 602 (1960).
9. G. Da Prato, C.Putzolu. Nuovo Cimento 21, 541 (1961).
- 10.R.K.Bardin, C.A.Barnes, W.A.Fowler, P.A.Seeger. Phys. Rev. Lett. 5, 323 (1960).
11. S.M.Korenchenko, Yu.D.Prokoshkin. Intern. Conf. on High-Energy Physics Instr., Geneva, 1962.