

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РФ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Кафедра физики

Камзолов С.К., Козлов В.Д., Новиков С.М.

ПОСОБИЕ

к выполнению лабораторной работы

по курсу физики

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ И ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ

K - МЕЗОНОВ И L - ГИПЕРОНОВ.

для студентов

всех специальностей

дневного и заочного обучения

Москва - 2003

ББК 53

К 73

Рецензент: канд. физ.-мат. наук, доц. Курочкин В.А.

Камзолов С.К., Козлов В.Д., Новиков С.М.

К 73 Пособие к выполнению лабораторной работы по курсу физики «Определение массы и времени жизни K – мезонов и Λ – гиперонов». – М.: МГТУ ГА, 2002 г. – 16 с.

Данное пособие издается в соответствии с учебным планом для студентов 1 -2 курсов всех специальностей дневного и заочного обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 12.11.2002 г. и методического совета 14.11.2002 г.

Редактор Е.А. Колотушкина

Подписано в печать 04.12.02 г.

Печать офсетная

Формат 60x84/16

1,0 уч.-изд. л.

0,93 усл.печ.л.

Заказ № 895/1072

Тираж 500 экз.

Московский государственный технический университет ГА

125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д.20

Редакционно-издательский отдел

125493 Москва, ул. Пулковская, д.ба

© Московский государственный
технический университет ГА, 2003

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ И ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ
K - МЕЗОНОВ И *L* - ГИПЕРОНОВ.

1. Цель работы

Познакомиться с методами применения законов сохранения энергии, импульса, заряда и др. для идентификации элементарных частиц. По фотографиям треков микрочастиц рассчитать их характеристики.

2. Подготовка к работе

Изучите теоретический материал по учебнику [1, гл.6; 2, гл.11; 3, гл.7 и 33]. Ознакомьтесь с принципом измерений по методическому описанию. Подготовьте ответы на вопросы из раздела 3 данного описания.

Данная лабораторная работа выполняется каждым студентом индивидуально. Номер задания соответствует порядковому номеру студента в списке группы.

Получите у лаборанта принадлежности: фотографии треков частиц (в соответствии с номером варианта задания), кальку, транспортир, линейку с миллиметровой шкалой, графики зависимости длины пробега частиц от их кинетической энергии.

3. Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 1. М.: Наука, 1998 г.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 5. М.: Наука, 1998 г.
3. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: ВШ, 1990 г.
4. Мухай А.Н., Мухай Е.А. Пособие по математическим методам в физике «Решение физических задач в системе Mathcad 6.0 Plus. М.: РИО МГТУ ГА, 1999 г.

4. Краткая теория

Элементарные частицы в точном значении этого термина – первичные, далее неразложимые частицы, из которых, по предположению, состоит вся материя. В современной физике термин «Элементарные частицы», как правило, употребляется не в своем точном значении, а менее строго – для наименования большой группы мельчайших частиц материи, подчиненных условию, что они не являются атомами или атомными ядрами (исключение составляет ядро атома водорода – протон). Исследование элементарных частиц ведется специалистами ядерной физики очень интенсивно, однако общей их теории пока

не создано. Тем не менее, большое количество экспериментального материала и теоретических исследований позволяет делать некоторые выводы относительно свойств этих частиц и в какой-то мере классифицировать их.

Каждая элементарная частица описывается набором дискретных значений определенных физических величин или своими характеристиками. В ряде случаев эти дискретные значения выражаются через целые или дробные числа и некоторый общий множитель – единицу измерения. Эти числа называют квантовыми и задают только их, опуская единицы измерения. Общими характеристиками всех элементарных частиц являются масса, время жизни, электрический заряд, который всегда кратен заряду электрона, и спин (собственный механический момент). Кроме того, каждой частице приписывают значения некоторых квантовых чисел, называемыми «внутренними»: барионное число, лептонное число, странность, изотопический спин, проекция изотопического спина. Интересным свойством элементарных частиц является то, что многие частицы имеют свою античастицу с теми же значениями массы, времени жизни, спина, но отличающуюся от нее знаками квантовых чисел.

В зависимости от участия в тех или иных видах взаимодействия элементарные частицы разделили на следующие классы:

1. Фотоны.
2. Лептоны (нейтрино, электроны, позитроны, μ -мезоны).
3. Мезоны (π -мезоны, K -мезоны).
4. Барионы (нуклоны, гипероны).

Состав классов, виды взаимодействия и основные характеристики элементарных частиц подробно описаны, например, в таблице 11.2 [1].

Среди изучаемых в данной работе K -мезонов есть заряженные частицы (K^+ и K^- -мезоны), а также и нейтральные K^0 и \bar{K}^0 (анти ка-мезон).

Массы покоя K -мезонов составляют около $1000 m_e$ (m_e - масса покоя электрона). Среднее время жизни заряженных K^\pm -мезонов одинаковы и равны $(1,229 \pm 0,008) \cdot 10^{-8}$ сек. Нейтральные K^0 и \bar{K}^0 -мезоны ведут себя как отдельные частицы только в момент рождения. При свободном движении они являются смесью двух других нейтральных частиц K_1^0 и K_2^0 , обладающих близкими массами, но различными временами жизни:

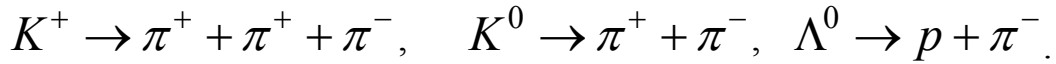
$$\tau_{K_1^0} = (0,92 \pm 0,02) \cdot 10^{-10} \text{ с}, \quad \tau_{K_2^0} = (5,62 \pm 0,08) \cdot 10^{-8} \text{ с}.$$

Гипероны имеют массу покоя большую, чем нуклоны (протоны, нейтроны). Вместе с нуклонами их относят к классу тяжелых частиц - барионов. Изучаемый в данной работе Λ^0 -гиперон

$$\text{имеет массу покоя} \quad M_{\Lambda^0} = (2182,75 \pm 0,22) \cdot m_e$$

и время жизни $\tau_{\Lambda^0} = (2,62 \pm 0,02) \cdot 10^{-10} \text{ с}$.

Важнейшее свойство элементарных частиц - их взаимная превращаемость. В данной лабораторной работе изучаются распады, сопровождающиеся рождением π - мезонов (пионов), а также протонов



Все процессы распада и рождения частиц происходят в соответствии с законами сохранения. Кроме законов сохранения энергии, импульса, заряда, спина, в физике элементарных частиц действуют еще законы сохранения барионного заряда, лептонного заряда, странности и другие. Используя эти законы при исследовании траекторий частиц и продуктов их распада, можно рассчитать характеристики частиц (среднее время жизни, массу, заряд и др.).

Закон сохранения заряда требует, чтобы заряд распадающейся частицы равнялся суммарному заряду продуктов распада. Если трековый прибор, т.е. устройство, которое тем или иным способом фиксирует траекторию движения частиц, поместить в магнитное поле, то знак заряда легко устанавливается по кривизне следов-треков. Искривление траектории вызвано тем, что на движущуюся заряженную частицу в магнитном поле действует сила Лоренца, направление которой зависит от знака заряда. Нейтральная частица, естественно, в магнитном поле будет двигаться прямолинейно.

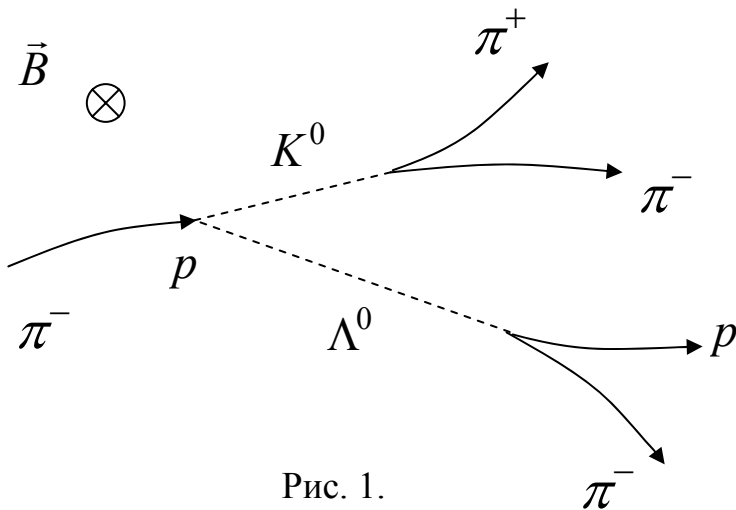


Рис. 1.

На рис. 1 показан известный случай образования двух нейтральных частиц (K^0 - мезона и Λ^0 - гиперона) в результате взаимодействия π^- - мезона с покоящимся протоном $\pi^- + p \rightarrow K^0 + \Lambda^0$, а затем распад каждой из образовавшихся частиц на две с зарядами разных знаков. Очевидно, что

продолжение линии полета нейтральной частицы (пунктирные линии на рисунке) должно проходить между следами продуктов их распада.

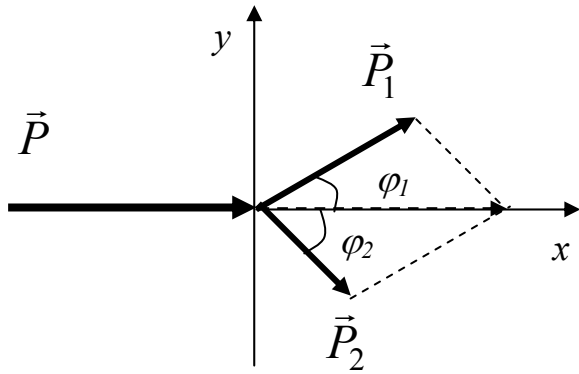


Рис. 2.

При распаде одной частицы на две (рис. 2) закон сохранения импульса записывается в виде:

$$\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 \quad (1)$$

или в проекциях:

$$\begin{cases} ox: & P = P_1 \cdot \cos \varphi_1 + P_2 \cdot \cos \varphi_2 \\ oy: & 0 = P_1 \cdot \sin \varphi_1 + P_2 \cdot \sin \varphi_2 \end{cases} \quad (2)$$

где P – величина импульса распадающейся частицы, P_1 и P_2 – величины импульсов продуктов распада, φ_1 и φ_2 – углы их разлета (с учетом правила отсчета углов, т.е. $\varphi_1 > 0$, $\varphi_2 < 0$).

Закон сохранения энергии для такого распада имеет вид:

$$E = E_1 + E_2, \quad (3)$$

где E – полная энергия распадающейся частицы. Согласно теории относительности полная энергия может быть выражена через энергию покоя частицы $E_0 = m_0 c^2$ и ее импульс (см. рекомендуемую литературу):

$$E = \sqrt{(m_0 c^2)^2 + (pc)^2} \quad \text{или} \quad E = \sqrt{E_0^2 + (pc)^2}, \quad (4)$$

где c – скорость света в вакууме. Аналогично для продуктов распада:

$$E_1 = \sqrt{(m_{10} c^2)^2 + (p_1 c)^2} \quad \text{или} \quad E_1 = \sqrt{E_{10}^2 + (p_1 c)^2}, \quad (5)$$

$$E_2 = \sqrt{(m_{20} c^2)^2 + (p_2 c)^2} \quad \text{или} \quad E_2 = \sqrt{E_{20}^2 + (p_2 c)^2}. \quad (6)$$

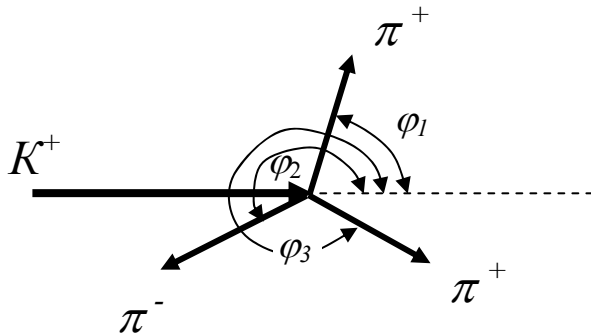


Рис. 3.

Пример распада K^+ – мезона по схеме $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^-$ приведен на рис. 3.

При распаде на три частицы в формулах (1) – (3) надо добавить по одному члену (углы см. на рис. 3):

$$\begin{cases} ox: & P = P_1 \cdot \cos \varphi_1 + P_2 \cdot \cos \varphi_2 + P_3 \cdot \cos \varphi_3, \\ oy: & 0 = P_1 \cdot \sin \varphi_1 + P_2 \cdot \sin \varphi_2 + P_3 \cdot \sin \varphi_3, \end{cases} \quad (7)$$

$$E = E_1 + E_2 + E_3. \quad (8)$$

5. Методика проведения эксперимента, и описание установки

Материалом для работы служат снимки треков, полученные в пузырьковой камере, в рабочем объеме которой находится перегретая жидкость (т.е. при температуре выше температуры кипения). Такое состояние достигается путем кратковременного (на доли секунды) снижения температуры кипения жидкости путем уменьшения ее давления. Заряженная частица, попавшая в пузырьковую камеру, образует на своем пути ионы жидкости, которые становятся центрами интенсивного парообразования. Вдоль траектории заряженной частицы появляются пузырьки пара, последовательность которых образует след частицы – трек. Образовавшиеся треки фотографируют и исследуют. Нейтральные же частицы очень слабо взаимодействуют с молекулами среды, поэтому практически не образуют треков. Об их траекториях (которые, всегда прямолинейны) судят по точкам рождения и распада.

Определение собственного времени жизни частицы с помощью трековых приборов основано на измерении длины ее пробега, т.е. расстояния, пройденного частицей от момента образования до ее распада. Импульс нейтральной частицы, ввиду отсутствия потерь на взаимодействие с молекулами среды, не меняется во время полета и пропорционален длине пробега l . Действительно, поскольку

$$P = M \cdot V,$$

где масса частицы M связана с массой покоя M_0 $M = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$,

а скорость ее V определяется длиной пробега l и временем жизни в лабораторной системе отсчета $\tau_{\text{лаб}}$

$$V = \frac{l}{\tau_{\text{лаб}}},$$

то с учетом релятивистского соотношения между временем жизни в лабораторной системе отсчета $\tau_{\text{лаб}}$ и собственным временем жизни τ_0 в системе отсчета, в которой частица покоится (т.е. в системе отсчета, движущейся вместе с частицей)

$$\tau_{\text{лаб}} = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}},$$

можно получить $\tau_0 = \frac{l}{V} \cdot \frac{M_0}{M} = \frac{l \cdot M_0}{P}$ или $\tau_0 = l \cdot \frac{E_0}{P \cdot c^2}$. (9)

Импульс P распадающейся частицы можно получить как сумму импульсов продуктов распада (формулы (1) и (2)). Поскольку продуктами распада в исследуемых случаях являются заряженные частицы, то их импульсы изменяются во время полета в результате потерь энергии на ионизацию окружающих атомов и молекул. Между этими потерями и длиной пробега заряженных частиц до остановки имеется определенная взаимосвязь. Зависимости начальной кинетической энергии π - мезонов и протонов T от их длины пробега l известны и представлены в виде графиков в приложении 1 к этой работе. Определив по графикам значение начальной кинетической энергии частицы, и воспользовавшись известной формулой специальной теории относительности

$$p = \frac{1}{c} \sqrt{T(2m_0c^2 + T)} = \frac{1}{c} \sqrt{T(2E_0 + T)}, \quad (10)$$

можно рассчитать значение импульса частицы.

При использовании графиков для расчетов необходимо учитывать, что в экспериментальной ядерной физике энергию частиц измеряют в МэВ, импульс частицы в $\frac{\text{МэВ}}{c}$, а массу в $\frac{\text{МэВ}}{c^2}$. Здесь c – размерность внесистемной единицы скорости, МэВ (мегаэлектрон-вольт) – размерность внесистемной единицы энергии. При переводе в систему СИ необходимо использовать следующие соотношения $1c = 3 \cdot 10^8$ м/с, $1 \text{ МэВ} = 1,6 \cdot 10^{-13}$ Дж. Такая размерность энергии, импульса и массы удобна и в данной работе. Например, при подстановке импульсов с такой размерностью в формулы (4-6) сразу получается значение произведения Ps в МэВ.

Массу покоя распадающейся частицы можно получить, используя закон сохранения энергии (3) или (8) и формулы (4), (5) и (6):

$$M_0c^2 = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^N \sqrt{E_{i0}^2 + (P_i c)^2} \right)^2 - (P \cdot c)^2}, \quad (11)$$

где N - число частиц - продуктов распада. Энергии покоя продуктов распада и электрона соответственно равны:

протон (p) $E_{0p} = m_{0p}c^2 = 938,3 \text{ МэВ},$

$$\begin{array}{ll} \text{пион} & (\pi^+) & E_{0\pi} = m_{0\pi}c^2 = 139,6 \text{ МэВ}, \\ \text{электрон} & (e) & E_{0e} = m_{0e}c^2 = 0,51 \text{ МэВ}. \end{array}$$

6. Порядок выполнения работы и оформление отчёта.

Задание I. Изучение распада K^+ - мезона.

1. На фотографии треков отыскать распад $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^-$ и перерисовать треки частиц на кальку или на достаточно прозрачную бумагу. Измерить длину двух (наибольших) из трех треков пионов, учитывая масштаб, указанный на фотографии. Измерить углы вылета всех трех пионов (см. рис. 3). Данные занести в таблицу I.

2. По графику зависимости длины пробега заряженных частиц от начальной кинетической энергии определить начальные кинетические энергии T_π пионов, рассчитать по формуле (10) их начальные импульсы. Результаты занести в таблицу I.

3. Переписав закон сохранения импульса (7) в виде системы линейных уравнений со свободными членами

$$\begin{cases} a = p - p_3 \cdot \text{Cos}(\varphi_3) \\ b = 0 - p_3 \cdot \text{Sin}(\varphi_3) \end{cases} \quad (12)$$

где $a = p_1 \cdot \text{Cos}(\varphi_1) + p_2 \cdot \text{Cos}(\varphi_2)$, $b = p_1 \cdot \text{Sin}(\varphi_1) + p_2 \cdot \text{Sin}(\varphi_2)$, решить ее относительно неизвестных p и p_3 .

Замечание: В случае получения небольшого отрицательного значения величины проекции импульса K^+ - мезона принять, что в пределах ошибки измерения его импульс равен нулю, т.е. перед распадом K^+ - мезон практически остановился.

4. Определить массу K^+ - мезона (формула 11) в МэВ и в электронных массах m_{0e} , используя приведенные выше значения энергии покоя пиона и электрона. Результаты занести в таблицу I.

Замечание: необходимые при выполнении лабораторной работы математические расчеты можно произвести с помощью математических систем типа Mathcad, Matlab и т.п. пример такого расчета приведен в приложении 2.

Таблица 1.

Угол вылета пиона	Длина пробега пиона (см)	Кинетическая энергия пиона (МэВ)	Импульс пиона ($\frac{\text{МэВ}}{c}$)	Импульс K^+ мезона ($\frac{\text{МэВ}}{c}$)	Масса K^+ мезона ($\frac{\text{МэВ}}{c^2}$)	Масса K^+ мезона (m_{0e})
$\varphi_1 =$	$l_1 =$	$T_{\pi 1} =$	$P_1 =$	$P =$	$M_{0K} =$	$M_{0K} =$
$\varphi_2 =$	$l_2 =$	$T_{\pi 2} =$	$P_2 =$			
$\varphi_3 =$	-	-	$P_3 =$			

Задание 2. Изучение распада нейтральных частиц.

1. На фотографии треков найти распад нейтральной частицы (Λ^0 - гиперона для нечетных вариантов, или K^0 - мезона для четных). Наложив на фотографию лист кальки, отметить точку рождения нейтральной частицы, точку ее распада и следы продуктов ее распада. Провести линию полета частицы от точки рождения до точки распада. Измерить длину пробега нейтральной частицы, длину трека одного из двух продуктов ее распада, заканчивающегося в пределах фотографии, с учетом масштаба, указанного на фотографии. Измерить углы разлета продуктов распада нейтральной частицы (см. рис. 2). Данные занести в таблицу 2.

2. По длине трека частицы с помощью графика определить ее начальную кинетическую энергию, а затем рассчитать импульс по формуле (10). Полученные результаты занести в таблицу 2.

3. Используя закон сохранения импульса (2) рассчитать импульсы распавшейся частицы p и второго продукта распада p_2 . При расчетах обратить внимание на выбор знаков углов разлета.

4. Вычислить массу нейтральной частицы по формуле (11) в МэВ/ c^2 и в m_{0e} .

Таблица 2. Характеристики продуктов распада нейтральной частицы.

Частица (π^- , π^+ , p)	Угол вылета.	Длина пробега (см)	Кинетическая энергия (МэВ)	Импульс ($\frac{\text{МэВ}}{c}$)
	$\varphi_1 =$	$l_1 =$	$T_{\pi 1} =$	$P_1 =$
	$\varphi_2 =$	-	-	$P_2 =$

5. Вычислить время жизни K^0 - мезона или Λ^0 - гиперона в системе отсчета, где они покоятся (формула (9)). При расчетах необходимо учесть, что импульс был определен в единицах МэВ/с. Для получения правильного результата в секундах формулу (9) для согласования размерностей необходимо пре-

образовать к виду $\tau_0 = l \cdot \frac{E_0}{(P \cdot c) \cdot c_0}$, где $c = 1$ – внесистемная единица скорости, а $c_0 = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в системе СИ. Заполнить таблицу 3.

6. По полученным экспериментальным результатам сделать выводы.

7. При использовании для расчетов программных средств типа MathCAD, MatLAB и т.п. необходимо приложить к отчету распечатку соответствующей страницы (см. пример в приложении 2, выполненный с помощью MathCAD 2000). При этом пояснительный текст можно опустить.

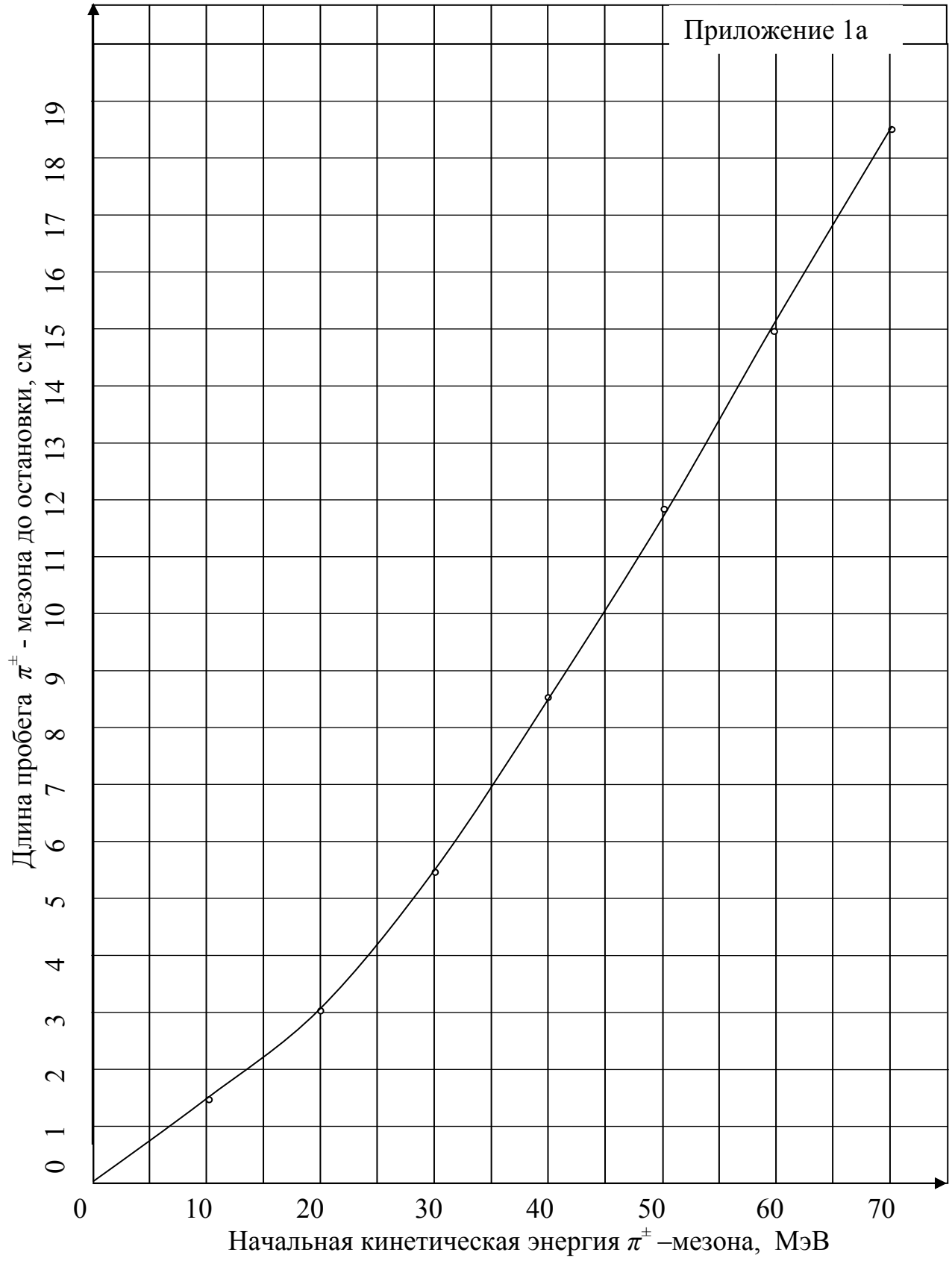
Таблица 3. Характеристики нейтральной частицы (K^0 или Λ^0).

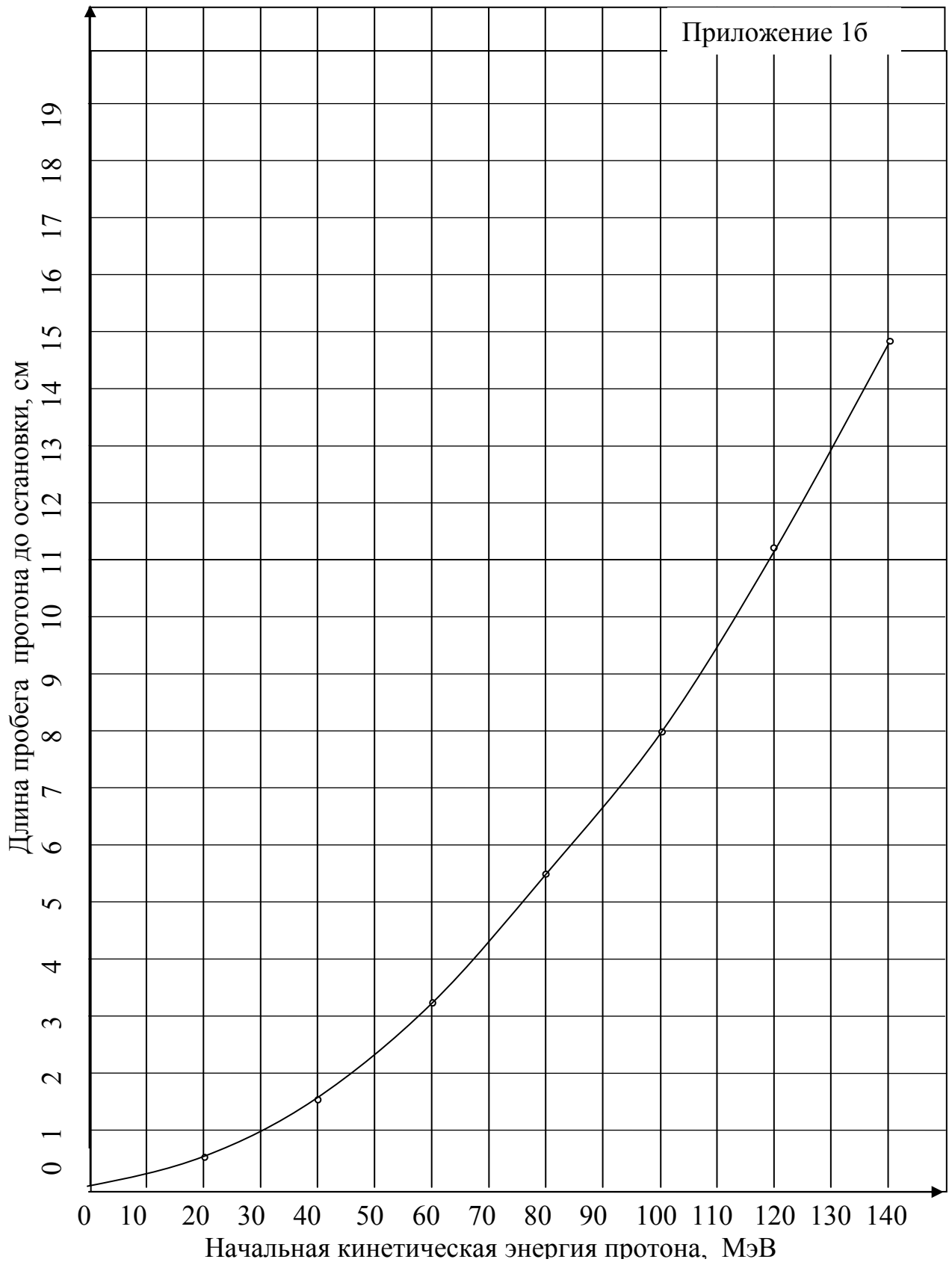
Длина пробега (см)	Импульс $(\frac{\text{МэВ}}{c})$	Масса $(\frac{\text{МэВ}}{c^2})$	Масса (m_{0e})	Время жизни (сек)

7. Вопросы для допуска к лабораторной работе

- 1) В каком случае частицы считаются элементарными?
- 2) Перечислите основные характеристики элементарных частиц.
- 3) Перечислите классы элементарных частиц.
- 4) Чем античастица отличается от частицы?
- 5) Почему при исследовании элементарных частиц необходимо использовать формулы теории относительности?
- 6) Чем релятивистская формула для импульса отличается от нерелятивистской?
- 7) Запишите формулу для определения релятивистской кинетической энергии.
- 8) Что такое трек элементарной частицы?
- 9) Почему одни элементарные частицы образуют треки, а другие нет?
- 10) Какова форма треков частиц, если на них действует магнитное поле?
- 11) Опишите устройство и принцип работы пузырьковой камеры.
- 12) Каковы основные условия протекания реакции взаимопревращения элементарных частиц?
- 13) Как по известной кинетической энергии можно определить импульс частицы в релятивистском и нерелятивистском случаях?
- 14) В чем отличие собственной системы отсчета от лабораторной системы отсчета?

- 15) Чему равна длина пробега частицы в собственной системе отсчета?
- 16) В какой системе отсчета время жизни частицы минимально?
- 17) Какие единицы измерения энергии, импульса и массы используются в ядерной физике?
- 18) Как мегаэлектрон-вольты перевести в джоули?
- 19) Существуют ли элементарные частицы с нулевой массой покоя?
- 20) Определите полную энергию E (в МэВ) и импульс (в МэВ/с) электрона, ускоренного до кинетической энергии $E_k = 2,53$ МэВ.
- 21) При какой скорости кинетическая энергия частицы равна ее энергии покоя?
- 22) Может ли измениться суммарная масса покоя элементарных частиц, участвующих в реакции?
- 23) Каково соотношение между импульсами продуктов реакции, если остановившаяся частица распалась на две частицы?
- 24) При какой скорости кинетическая энергия релятивистской частицы с массой покоя m равна $\frac{mc^2}{2}$?
- 25) Энергия покоя электрона $E_0 = 0,511$ МэВ. Найдите кинетическую энергию E_k и импульс p электрона, движущегося со скоростью $v = 0,8c$.
- 26) Рассчитайте отношение времени τ в системе отсчета, движущейся со скоростью $v = 1,5 \cdot 10^8$ м/с относительно лабораторной системы отсчета, к собственному времени τ_0 .
- 27) Какие из характеристик элементарных частиц являются точными, и какие усредненными:
- а) масса покоя,
 - б) электрический заряд,
 - в) время жизни,
 - г) длина свободного пробега?





Приложение 2.

ПРИМЕР РАСЧЕТА МАССЫ И ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ ЛЯМБДА-ГИПЕРОНА

1. Измеренное значение длины пробега лямбда-гиперона L (м) и $L := 0.049$
 определенное по графику значение кинетической энергии мезона $T_1 := 40$

2. Измеренные значения углов разлета продуктов $\alpha := \frac{55 \cdot \pi}{180}$ $\beta := \frac{-8 \cdot \pi}{180}$
 распада (в радианах): α - пи-мезона, β - протона

3. Табличные значения энергий покоя пи- мезона $E_{10} := 139.6$

и протона: $E_{20} := 938.3$

4. Величина скорости света в системе СИ $c_0 := 3 \cdot 10^8$
 и внесистемная $c_1 := 1$

5. Импульс пи-мезона в МэВ/с $p_1 := \frac{\sqrt{T_1 \cdot (2 \cdot E_{10} + T_1)}}{c_1}$ $p_1 = \blacksquare$

6. Матрица коэффициентов при неизвестных системы $A := \begin{pmatrix} 1 & -\cos(\beta) \\ 0 & -\sin(\beta) \end{pmatrix}$
 уравнений (2). См. пояснения к формуле (12)

7. Матрица свободных членов этой системы $B := \begin{pmatrix} p_1 \cdot \cos(\alpha) \\ p_1 \cdot \sin(\alpha) \end{pmatrix}$

8. Решение системы линейных уравнений: $x := A^{-1} \cdot B$ $x = \blacksquare$

9. Полученные значения импульсов лямбда-гиперона $p_0 := 723$ $p_2 := 665$
 и протона в МэВ/с

10. Энергии пи - мезона и протона: $E_1 := E_{10} + T_1$ $E_2 := \sqrt{(E_{20})^2 + (p_2 \cdot c_1)^2}$
 $E_1 = \blacksquare$ $E_2 = \blacksquare$

11. Энергия покоя лямбда - $E_0 := \sqrt{(E_1 + E_2)^2 - (p_0 \cdot c_1)^2}$ $E_0 = \blacksquare$
 гиперона (формула (11)) в МэВ
 и его масса покоя

$M_0 := \frac{E_0}{(c_1)^2}$ $M_0 = \blacksquare$

12. Время жизни лямбда - гиперона в секундах: $t := L \cdot \frac{E_0}{p_0 \cdot c_1 \cdot c_0}$

$t = \blacksquare$

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Цель работы	3
2. Подготовка к работе	3
3. Литература	3
4. Краткая теория	3
5. Методика проведения эксперимента, и описание установки	7
6. Порядок выполнения работы и оформление отчёта.	9
7. Вопросы для допуска к лабораторной работе	11
Приложение 1а. График зависимости длины пробега π^\pm -мезона от кинетической энергии.	13
Приложение 1б. График зависимости длины пробега протона от кинетической энергии.	14
Приложение 2. Пример расчета массы и времени жизни λ - гиперона.	15