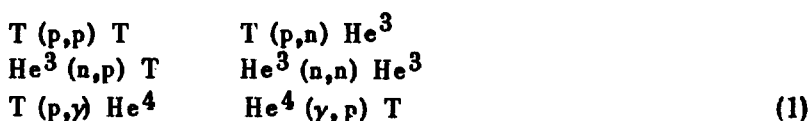


ОБ ОСОБЕННОСТЯХ АМПЛИТУДЫ В ДВУХЧАСТИЧНЫХ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ

Э.Н.Дубовой

В ряде экспериментальных работ (см. [1, 2]) в энергетическом ходе дифференциального сечения реакций:



обнаружены экстремумы, интерпретируемые как резонансы, отвечающие возбужденным уровням составного ядра He^4 . Эти экстремумы имеют ширины порядка 1 Мэв и расположены в области энергий возбуждения $20\text{--}30 \text{ Мэв}$. В настоящей работе показано, что треугольная фейнмановская диаграмма, приведенная на рис. 1, дает ряд экстремумов в дифференциальном сечении реакции $A + x \rightarrow B + y$. Их ширины порядка $2\text{--}5 \text{ Мэв}$, положение не зависит от угла рассеяния. Высота (глубина) экстремумов сильно зависит от наличия в амплитуде реакции членов, отвечающих другим диаграммам, зависящим от угла θ вылета продуктов реакции и медленно меняющимися с ходом начальной энергии. В случае реакций (1) экстремумы, определяемые диаграммой 1, расположены при начальных энергиях в системе ц.м. реакции, совпадающих с положением гипотетических уровней He^4 .

Как показано в работе [3], исследование треугольной диаграммы рис. 1 удобно проводить в переменных ξ и λ , определяемых формулами:

$$\begin{aligned}
 \xi &= \frac{m_2}{m_3} \frac{m_A}{m_B + m_\gamma} \frac{\omega - Q}{\epsilon} \\
 \lambda &= \frac{m_1}{m_3} \frac{m_x (\omega - Q_0)}{(m_B + m_\gamma) \epsilon}
 \end{aligned} \quad (2)$$

где m_i — массы частиц i , ω — энергия частиц B и y в системе их ц.м.

$$\begin{aligned}
 \epsilon &= m_1 + m_3 - m_A \\
 Q &= m_A + m_x - m_B - m_\gamma \\
 Q_0 &= m_A + m_x - m_B - m_\gamma
 \end{aligned} \quad (3)$$

Амплитуда реакции M есть сумма быстро меняющейся как функция ω части $M_\Delta(\omega)$, отвечающей диаграмме рис. 1, и слагаемого $M_R(\theta, \omega)$, порождаемого другими диаграммами. Мы имеем:

$$|M|^2 = |M_R|^2 + |M_\Delta(\omega)|^2 + 2\text{Re}M_\Delta(\omega) \text{Re}M_R(\theta, \omega) + 2\text{Im}M_\Delta(\omega) \text{Im}M_R(\theta, \omega), \quad (4)$$

где согласно [3,4]:

$$M_\Delta(\omega) = Cf_\Delta(\xi, \lambda) \equiv Cf_\Delta(\omega)$$

$$f_\Delta(\xi, \lambda) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \left[\frac{1}{2} \ln \frac{1 + (\sqrt{\xi} - \sqrt{\lambda})^2}{1 + (\sqrt{\xi} + \sqrt{\lambda})^2} + i \operatorname{arctg} \frac{2\sqrt{\lambda}}{1 + \xi - \lambda} \right] & \xi > 0 \\ \frac{2}{\sqrt{\lambda}} \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{\lambda}}{1 + \sqrt{-\xi}} & \xi \leq 0. \end{cases}$$

Постоянная C вычислена в [4]. Аргумент ω функции $M_R(\theta, \omega)$ можно в окрестности экстремума ω_3 амплитуды $M_\Delta(\omega)$ заменить на $\omega = \omega_3$.

Величины $\text{Im}f_\Delta$ $|f_\Delta|^2$ как функции ω имеют пик при $\xi = 0$ (экстремум I (3I) с шириной в несколько мегаэлектронвольт, отвечающий

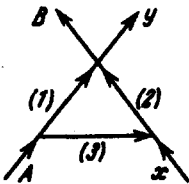


Рис.1. Треугольная диаграмма $T_\Delta(\omega)$

<u>30,0</u> 3И	<u>30,0</u> 3И
<u>29</u> 3И	<u>29,0</u>
<u>27</u> 3И	<u>27,1</u>
<u>26</u> 3И	<u>25,9</u>
<u>25</u> 3И	<u>25,2</u>
<u>23,8</u> 3I	<u>23,7</u>
	<u>22,2</u>
	<u>21,6</u>
<u>20,5</u> 3I	<u>20,1</u>

Рис.2. Схема, сравнивающая положение экстремумов, диаграммы $T_\Delta(\omega)$ (сплошные линии) и экспериментально известными экстремумами в дифференциальном сечении реакций (1) (пунктирные линии)

корневой особенности функции $f_\Delta(\omega)$. Величина $\text{Re}f_\Delta(\omega)$ имеет экстремум II (3II), положение которого приблизительно определяется уравнением:

$$\xi \approx 1 + \lambda. \quad (5)$$

В реакциях (1) $\lambda \ll 1$. Точно положение ЭИ определяется табулированием $f_{\Delta}(\xi, \lambda)$ см. карты уровней $Re f_{\Delta}(\xi, \lambda)$ и $Im f_{\Delta}(\xi, \lambda)$ в [3,4]. Формы ЭИ и ЭИИ приведены в [4]. Из (4) видно, что в зависимости от соотношения между $Re M_R(\theta, \omega_3)$ и $Im M_R(\theta, \omega_3)$ будут проявляться ЭИ или ЭИИ. Формы ЭИ и ЭИИ, их высота и положение в дифференциальном сечении дают информацию об относительной величине и знаках $Im M_R(\theta, \omega_3)$ и $Re M_R(\theta, \omega_3)$. Например, в случае, когда $sign Re M_R(\theta, \omega_3) = - sign Re M_{\Delta}(\omega_3)$ и $sign Im M_R(\theta, \omega_3) = sign Im M_{\Delta}(\omega_3)$ максимум ЭИ будет иметь значительно меньшую ширину, нежели ширина, предсказываемая картами уровней $Re f_{\Delta}(\xi, \lambda)$ и $Im f_{\Delta}(\xi, \lambda)$.

Таблица экстремумов I и II, отвечающих различным диаграммам типа $T_{\Delta}(\omega)$, дающих вклад в амплитуду реакций (1)

Реакция	A	x	B	y	1	2	3	ЭИ, Мэв	ЭИИ, Мэв
$p + T \begin{cases} \rightarrow p + T \\ \rightarrow n + He^3 \end{cases}$	T	P	T (He ³)	P (n)	n	He ³	d	20,5	27
					d	d	n	23,8	30
$n + He^3 \begin{cases} \rightarrow n + He^3 \\ \rightarrow p + T \end{cases}$	He ³	n	He ³ (T)	n (p)	p	T	d	-	25,3
					d	d	p	23,8	29
$p + T \rightarrow \gamma + He^4$ $\gamma + He^4 \rightarrow p + T$	T	p	He ⁴	y	n	He ³	d	20,6	26
					d	d	n	23,8	30
$p + He^3 \rightarrow p + He^3$	He ³	p	He ³	p	p	He ³	d	-	24,7

В таблице приведено положение ЭИ и ЭИИ для реакций (1). Энергия отсчитывается от основного состояния He⁴.

Диаграммы $M_{\Delta}(\omega)$, отвечающие реакции He⁴ + y → p + T, получают из диаграмм, приведенных в таблице для реакции p + T → He⁴ + y, обращением направлений движения всех частиц на противоположные. При этом аналитический вид этих фейнмановских диаграмм и положение ЭИ и ЭИИ для обеих реакций совпадают. На рис. 2 сведены вместе теоретические результаты о положениях ЭИ и ЭИИ, полученные в данной работе (сплошные линии) и данные о положениях экспериментально наблюдавшихся экстремумов, интерпретированных до сих пор как резонансы, соответствующие уровням составного ядра He⁴ (см. [1,2]). Как видно из рис. 2, при энергиях свыше 24 Мэв положение предсказываемых в данной работе экстремумов совпадает с гипотетическими "уровнями He⁴". Воп-

рос о физической природе иррегулярностей в сечениях реакций (1) в настоящее время нельзя считать выясненным. Для его решения требуются более точные экспериментальные данные о дифференциальном сечении как функции кинематических переменных.

Автор выражает благодарность И.С.Шапиро за существенные замечания при выполнении работы и написании статьи и И.Я.Бариту за ценную дискуссию.

Институт теоретической
и экспериментальной физики

Поступило в редакцию
1 августа 1967 г.

Литература

- [1] И.Я.Барит. Доклад на Проблемном симпозиуме по физике ядра г.Тбилиси, апрель 1967 г.
- [2] P.F.Argan, G.C.Mantovani, P.Marazzini et al., Suppl. Nuovo Cim., 8, 245, 1965.
- [3] Э.И.Дубовой, И.С.Шапиро. ЖЭТФ, 53, вып. 10, 1967 (в печати).
- [4] Э.И.Дубовой, И.С.Шапиро. ЖЭТФ, 51, 1251, 1966.