

ЯДЕРНЫЕ ДАННЫЕ И ПАРАМЕТРЫ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ

С. И. Сухоручкин¹

*¹Петербургский Институт Ядерной Физики
НИЦ “Курчатовский институт”, Гатчина,
Россия*

E-mail: sukhoruchkin_si@pnpi.nrcki.ru

Рассматривается фундаментальный аспект ядерной физики и спектра масс частиц. Стандартная модели в представлении:

$$SU(3)_{\text{col}} \times SU(2)_L \times U(1)_Y [1]$$

это основная теория всех взаимодействий. Нерелятивистская Модель Конституентных Кварков NRCQM является частью адронной физики, важной составляющей Стандартной модели.

Основными параметрами NRCQM являются масса пиона $m_\pi = 140$ МэВ и исходная масса барионного конституентного кварка $M_q = m_\pi / 3 = m_e (\alpha/2\pi)^{-1} = 441$ МэВ, введенная как "gamton" П. Кропоткиным. Имеется совпадение с радиационной поправкой КЭД $\alpha/2\pi = 115.96 \cdot 10^{-5}$ отношения массы электрона m_e и массы конституентного кварка M_q . Стандартная оценка массы мезонного конституентного кварка составляет $M_q^\omega = m_\omega / 2 = 391$ МэВ.

Она была введена Дж. Виком и потом подтверждена точным представлением масс лептонов и нуклонов. Эти соотношения содержат целочисленное представление масс частиц с периодом $16m_e = \delta$, полученном непосредственно из зарядового расщепления пиона, и масс мюона и пиона $m_\mu = 13\delta - m_e$, $f_\pi = 130 \text{ МэВ} = 16\delta$ и $m_\pi = 17\delta + m_e$. Массы конститuentных кварков представляются: $M_q^\omega = 3 \cdot 16\delta = 48\delta$ и $M_q = 3 \cdot 18\delta = 54\delta$.

Кроме представления масс частиц с периодом $16m_e$, наблюдалось очень точное соотношение между параметрами Стандартной модели и NRCQM. Этот второй аспект корреляций масс частиц виден, например, в массе третьего лептона $m_\tau = 1776.86(12)$ МэВ, который точно равен удвоенной сумме m_μ и $M_q^\omega = 1776.62(24)$ МэВ. Все эти величины видны на Рис. 1.

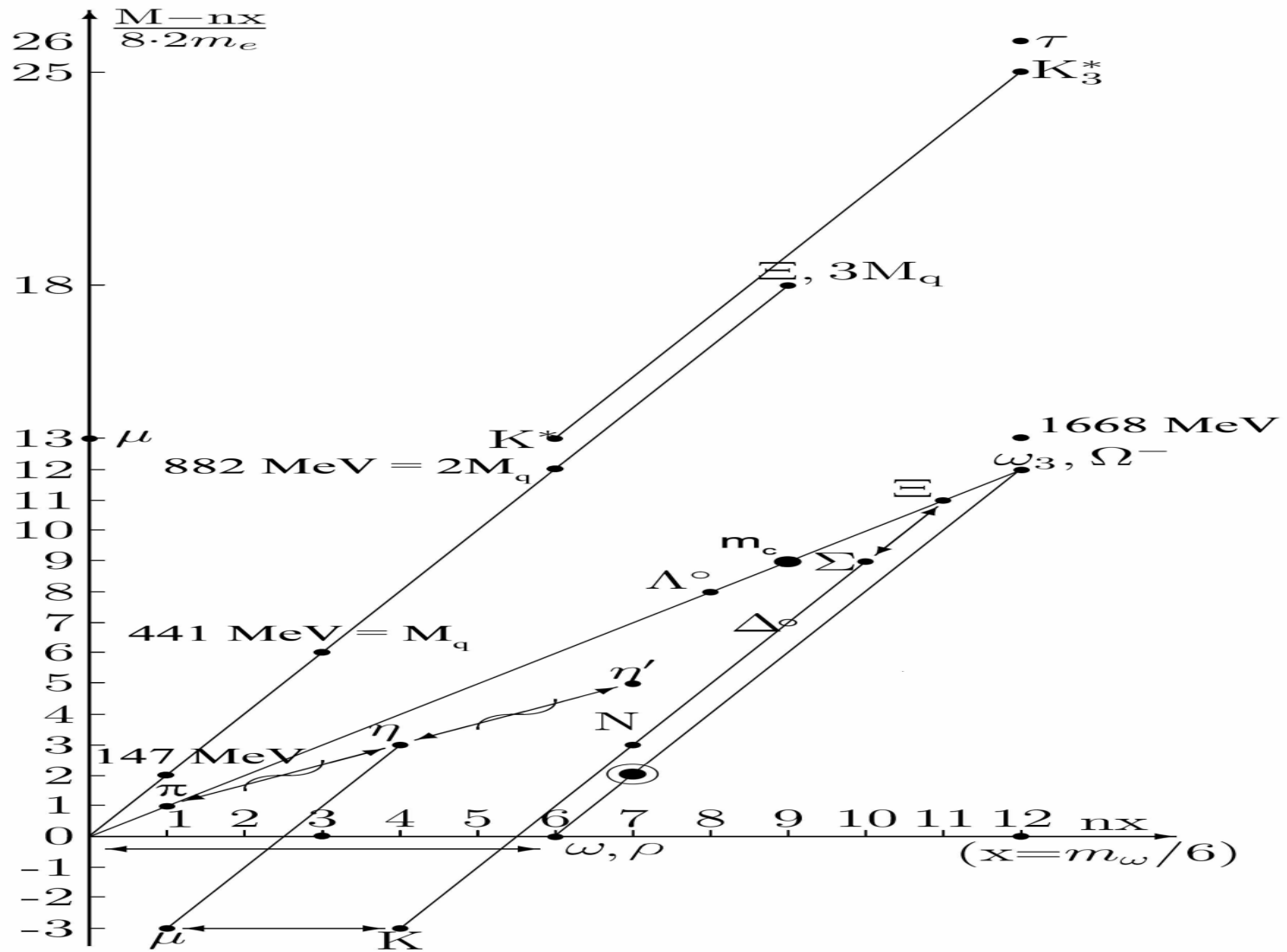


Рис. 1. Двумерное представление масс частиц и параметров NRCQM [1].

Эволюция барионной массы от $3M_q$ до масс Δ -бариона и нуклонов дана в двумерном представлении: величины по горизонтальной оси даны в единицах $16 \cdot 16m_e = f_\pi = 130.7$ МэВ, остатки - $M_i - n(16 \cdot 16m_e)$ даны вдоль вертикальной оси в единицах $16m_e$. Линии под тремя углами соответствуют трём параметрам пиона $f_\pi = 16\delta$, $m_{\pi^\pm} = 17\delta$ и $\Delta M_\Delta = 18\delta$.

Линия $m_\pi = 140$ МэВ $= f_\pi + \delta$ ($N=16+1$) проходит через массы Λ^- , Ξ^- , Ω^- -гиперонов ($=8m_\pi$, $11m_\pi$, $12m_\pi$). Стабильные интервалы в псевдоскалярных мезонах $m_{\eta'}$, $-m_\eta = m_\eta - m_{\pi^\pm}$ (пересечённые стрелки) близки к $M^{\Delta q} = 410$ МэВ $= m_d/3 = 50\delta$.

Масса нуклона в ядерном веществе (m_{nucl} , закрашенный кружок) близка к сумме $\Delta M_\Delta + 6f_\pi$.

Массы лептонов, обозначенные τ и μ , составляющие соотношение $m_\tau = 2m_\mu + 12f_\pi$, обсуждаются в тексте.

Вторым примером высокой точности соотношений в массах нуклонов является их представление целочисленными значениями m_e и дополнительным сдвигом $dm = k (\delta m_N/8)$ с $k = 1$ и 9 для нейтрона и протона, соответственно (CODATA соотношения [1] с $\delta m_N = m_n - m_p$):

$$m_n = 115 \cdot 16 m_e - m_e - \delta m_N/8;$$
$$m_p = 115 \cdot 16 m_e - m_e - 9(\delta m_N/8);$$

Первоначальный сдвиг $dm = 161$ кэВ есть $dm_\pi = (\alpha/2\pi)m_\pi$, т.е., поправка КЭД к m_π .

Анализ нестатистических эффектов в ядерных данных и массах частиц, проведенный в 1960х, показал, что радиационная поправка КЭД (вместе с массами фермионов) $\alpha/2\pi = 116 \cdot 10^{-5}$ есть важный СМ параметр, который ответственен за влияние физического вакуума на магнитный момент и массу частицы [1,2]. Данные по нейтронным резонансам важны для подтверждения радиационной поправки КЭД.

В 1970ых те же соотношения с КЭД поправкой были найдены эмпирически между стабильными интервалами сверхтонкой ($\epsilon'' = 1.34 \text{ эВ} = 5.5 \text{ эВ}/4$) и тонкой ($\epsilon' = 1.2 \text{ кэВ}$) структурами в нейтронных резонансах и ядерных уровнях в трудах ИАЭ и ИТЭФ (под руководством И.В. Курчатова и А.И. Алиханова).

Стабильные ядерные интервалы $161 \text{ кэВ} = \delta m_N / 8$, $1293 \text{ кэВ} = \delta m_N$ и $3067 \text{ кэВ} = 6 m_e$ были обнаружены как максимумы в независимых распределениях межуровневых расстояний во многих ядрах. Масса u-кварка $m_u = 2.16(49) \text{ МэВ}$, близка к $3 m_e = 1.53 \text{ МэВ}$, d-кварка $m_d = 4.67(18) \text{ МэВ}$ близка к $9 m_e = 4.599 \text{ МэВ}$, с-кварка $m_c = 1270(20) \text{ МэВ}$ близка к $9 m_\pi$, а b-кварка $m_b = 4180(30) \text{ МэВ}$ близка к $9 M_q$.

Третий аспект наблюдаемых корреляций в массах частиц и ядерных данных состоит в их глобальном характере, т.е., суммарные распределения позволяют определить стабильные масс - энергетические интервалы, близкие или кратные параметрам SM и NRCQM (массам частиц и конститuentных кварков). Приведены результаты комбинированного анализа масс частиц (Рис. 2) и ядерных возбуждений (Рис. 3).

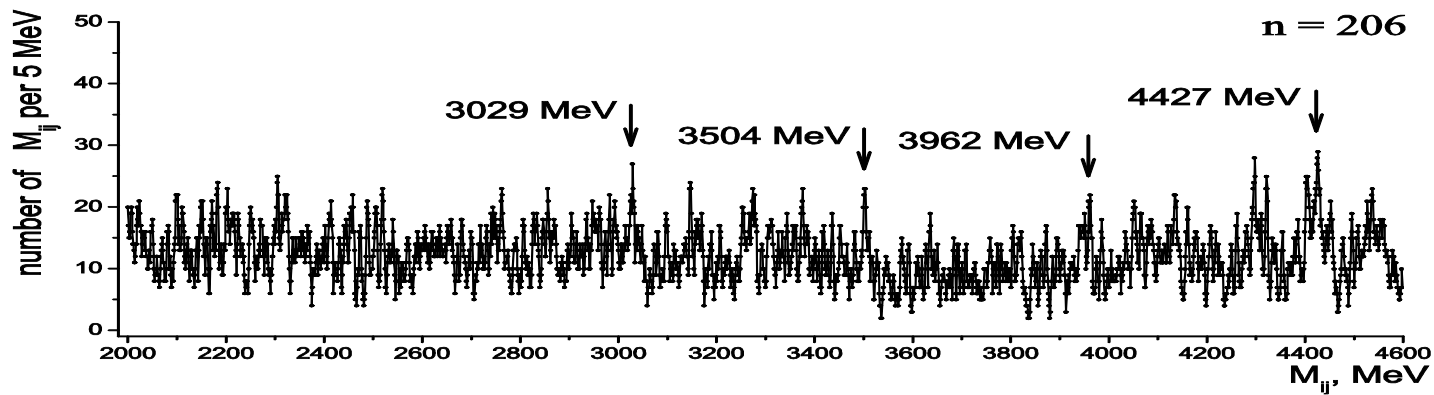
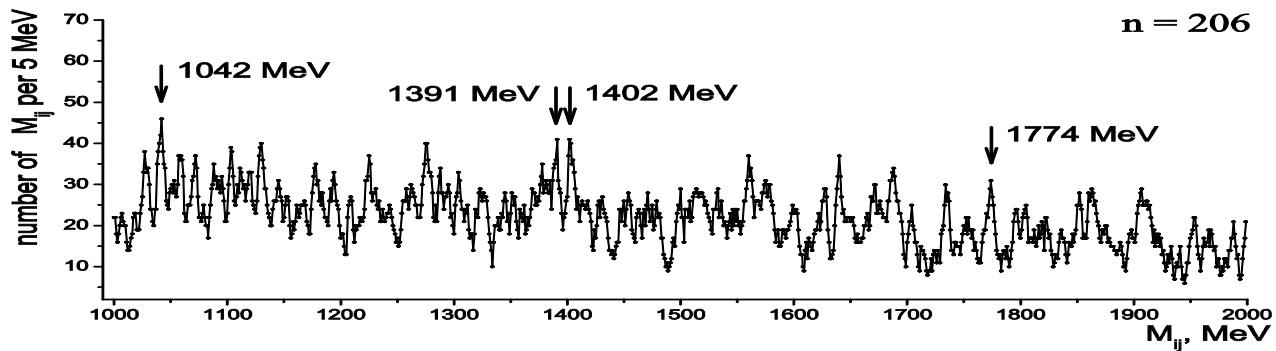
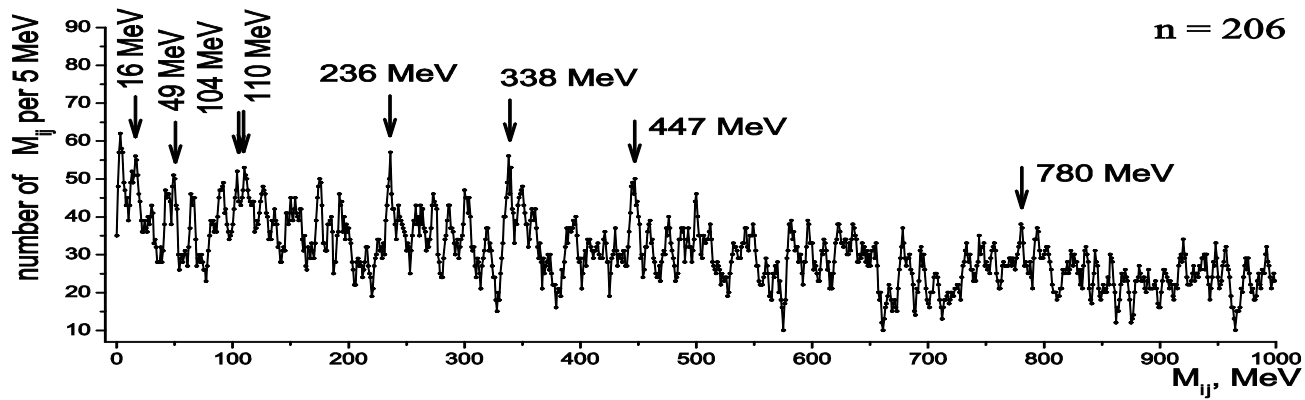


Рис. 2.

Рис. 2.

Вверху:

ΔM - распределение всех разностей масс частиц из PDG-2021 (интервал усреднения 5 МэВ) в области 0—1000 МэВ. Максимумы при 16 МэВ=2 δ , 49 MeV=6 δ , 338 MeV $\approx m_\omega - M_q$, 447 MeV $\approx M_q$, 780 MeV= m_ω .

Центр:

То же для области 1000—2000 МэВ с максимумами при 1042 МэВ = 8 f_π , 1931-1402 МэВ = 10 m_π и 1774 МэВ $\approx m_\tau$.

Внизу:

То же для области 2000—4600 МэВ с максимумами при 3504 МэВ $\approx 8M_q = \delta^0/2$, 3962 МэВ $\approx 9M_q$ и 4427 МэВ $\approx 10M_q$.

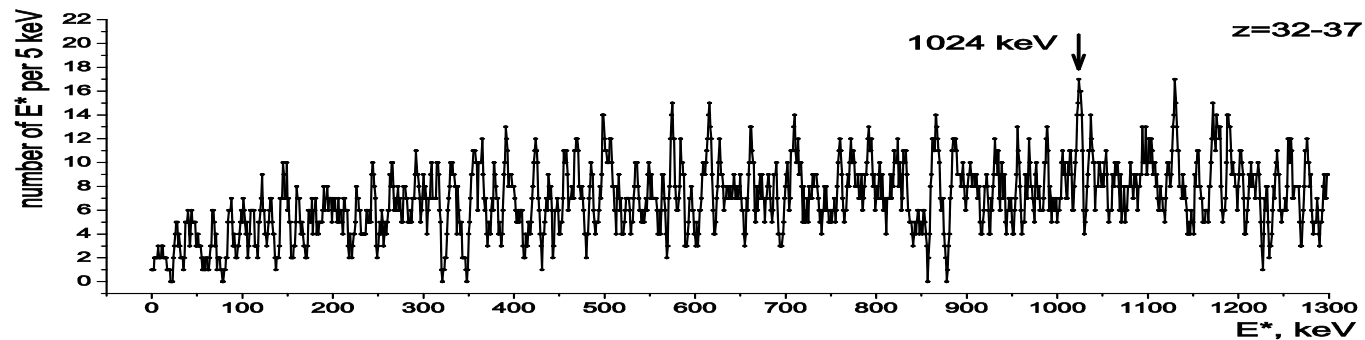
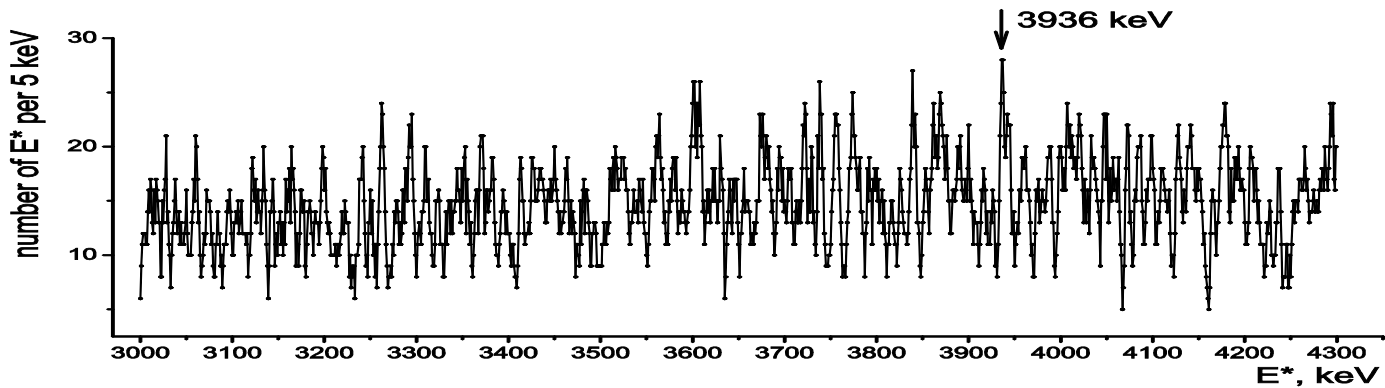
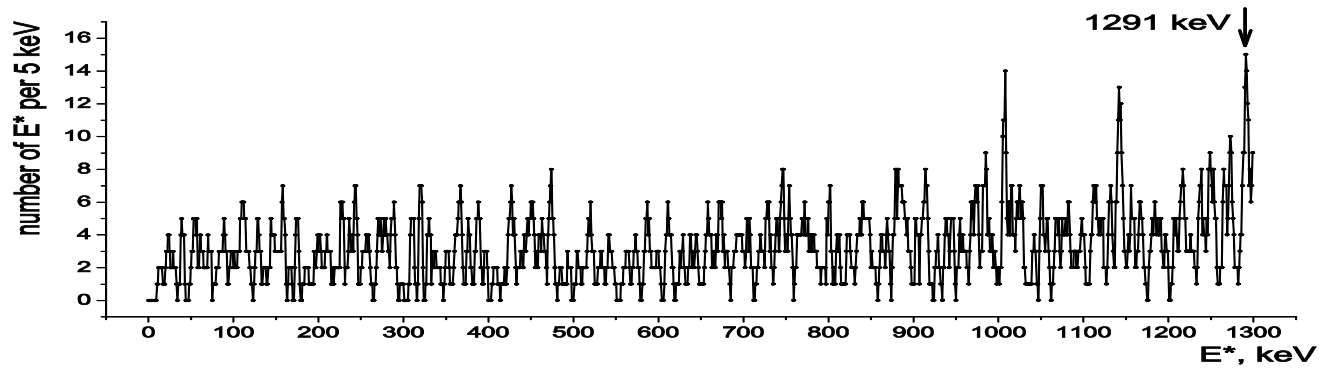


Рис. 3.

Рис. 3.

Вверху:

Распределение E^* в ядрах с $Z = 4 - 29$,
 $E^* < 1300$ кэВ. Стрелкой отмечена δm_N .

Центр:

Распределение E^* в ядрах с $Z = 4 - 29$,
 $E^* = 3000 - 4300$ кэВ. Стрелкой отмечен
максимум при $4 \times 8 \times 13 \delta' = 3936$ кэВ.

Внизу:

Распределение энергий возбуждения во всех
ядрах с $Z = 32 - 35$.

Максимум при 1024 кэВ = $6 \times 18 \delta'$.

Мы показываем подтверждение безразмерного соотношения, близкого к КЭД радиационной поправке, в современных высокоточных данных по нейтронным резонансам (составные ядра):

^{80}Br , ^{104}Rh , ^{105}Pd , ^{146}Nd , ^{149}Nd , ^{233}Th ,

^{177}Hh , ^{179}Hh , ^{239}U and $^{241,243,245}\text{Pu}$ [3].

В 1950х И.В. Курчатов как директор ИАЭ направил в ИТЭФ сообщение о наблюдении близости или совпадения положений нейтронных резонансов в 4х составных ядрах: ^{240}Pu (0.296 эВ), ^{242}Pu (0.264 эВ), ^{242}Am (0.3051 эВ) и ^{244}Am (0.419 эВ). Среднее значение этих величин составляет 0.321 эВ и названо здесь параметром гиперфайн структуры.

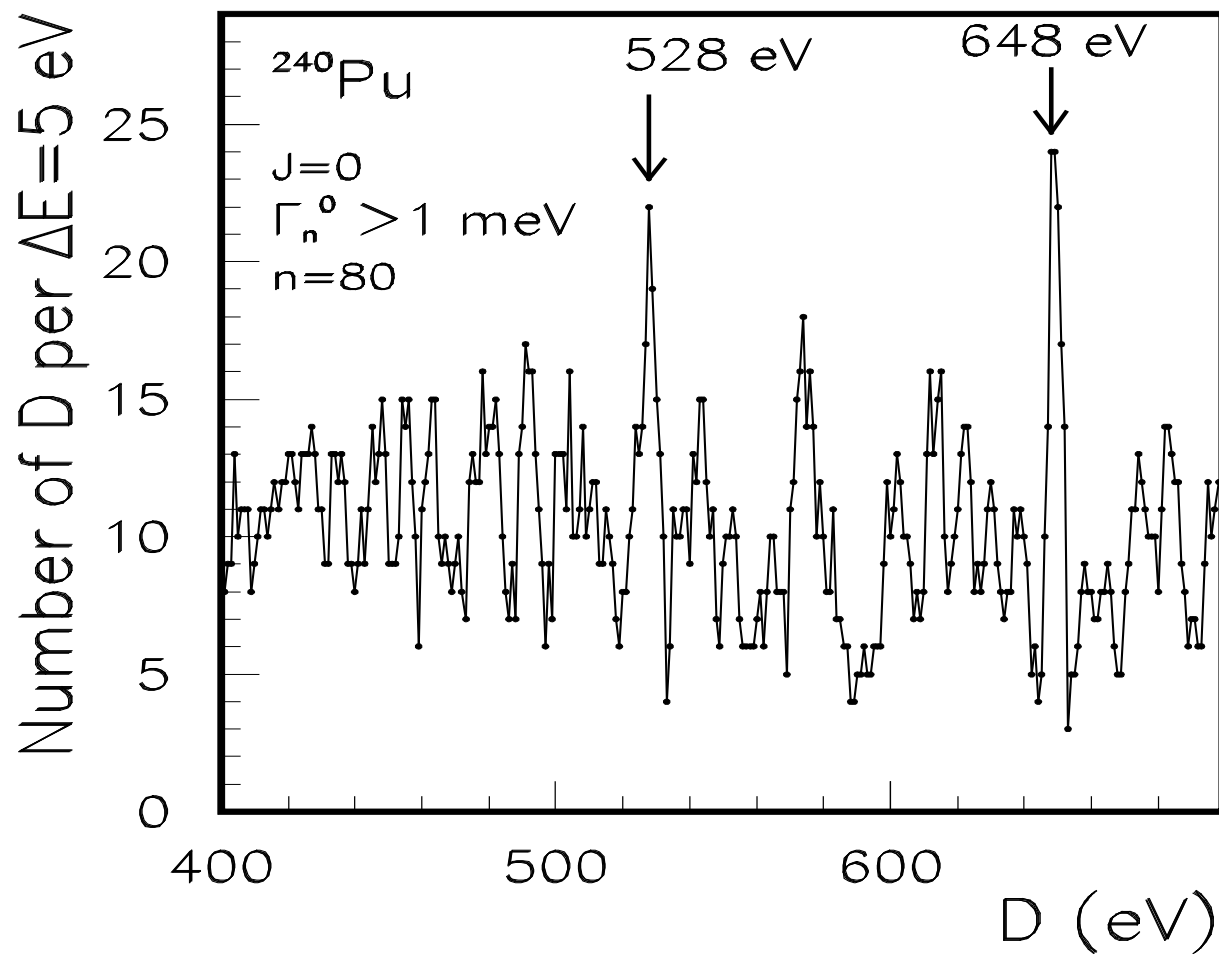


Рис. 4. D -распределение 0^+ резонансов ^{240}Pu .

В распределении межуровневых расстояний $J = 0$ резонансов ^{240}Pu (Рис. 4) были обнаружены максимумы при 528 эВ и 648 эВ.

Параметр гиперфайн структуры 0.321 эВ и половина первого максимума находятся в отношении $122 \cdot 10^{-5}$, что близко к КЭД поправке.

Для подтверждения нужно использовать современные данные.

Корреляционный анализ ядерных данных обеспечивает независимое подтверждение кратных соотношений в параметрах Стандартной модели, теории всех взаимодействий.

1. S.I. Sukhoruchkin, Nucl. Part. Phys. Proc. 312-317, 185 (2021).
2. V. Belokurov, D. Shirkov,
Theory of Part. Interactions. AIP (1991).
3. S.I. Sukhoruchkin, Z.N. Soroko,
D.S. Sukhoruchkin and
M.S. Sukhoruchkina. Proc. ISINN-28, Dubna,
2021. JINR E3-2021-48, pp. 234, 247, 259.