

Ба 1272248р.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР
БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.И. ЛЕНИНА

На правах рукописи

КУХИР ПАВЕЛ ГРИГОРЬЕВИЧ

ЭФФЕКТЫ ВЫСШИХ ПРИБЛИЖЕНИЙ В УГЛОВОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ПРИ ЭЛЕКТРОМАГ-
НИТНЫХ ПЕРЕХОДАХ ЯДЕР

/01.04.02 - теоретическая и математическая физика/

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-мате-
матических наук

МИНСК, 1973

Ба 127224р.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР
БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.И.ЛЕНИНА

На правах рукописи

КУЛИР ПАВЕЛ ГРИГОРЬЕВИЧ

ЭФФЕКТЫ ВЫСШИХ ПРИБЛИЖЕНИЙ В УГЛОВОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ПРИ ЭЛЕКТРОМАГ-
НИТНЫХ ПЕРЕХОДАХ ЯДЕР

/01.04.02 - теоретическая и математическая физика/

Автореферат

диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-мате-
матических наук

Минск, 19

Работа выполнена на кафедре теоретической физики Белорусского ордена Трудового Красного Знамени государственного университета им. В.И.Ленина.

Научный руководитель - доктор физико-математических наук, профессор Л.А.БОРИСОГЛЕБСКИЙ.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, профессор

А.Ф.ГРАШИН,

кандидат физико-математических наук В.А.КРУТОВ.

Надлежащее высшее учебное заведение - Латвийский ордена Трудового Красного Знамени государственный университет им. П.Стучки.

Автореферат разослан " _____ 1973 г.

Защита состоится " _____ 1973 г. в 10 часов на заседании Совета по присуждению ученых степеней по физико-математическим наукам /физика/ Белорусского ордена Трудового Красного Знамени государственного университета им. В.И.Ленина /Университетский городок, главный корпус, к. 206/.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белгосуниверситета.

Отзывы в двух экземплярах просим направлять по адресу: 220080, Минск, Университетский городок, главный корпус, секретарь Совета.

Ученый секретарь Совета
доцент

/М.П.ХАЛИМАНОВИЧ/

Важнейшее место в ядерной спектроскопии среди излучений, испускаемых при ядерных переходах, занимает γ - излучение ядер и внутренняя конверсия γ - лучей /ВК/. Надежным методом определения энергий переходов и их мультипольностей, спинов и четностей основных и возбужденных состояний атомных ядер, а также извлечение информации о правильности применения различных модельных представлений к тому или иному ядру является исследование процессов ВК и угловой корреляции типа " $e-\gamma$ ", " $\gamma-\gamma$ " и " $e-e$ ".

Вероятности различных процессов, обусловленных электромагнитным взаимодействием, получают исходя из теории возмущений, представляя эти вероятности в виде ряда по степеням постоянной тонкой структуры α , являющейся константой взаимодействия. Обычно ограничиваются первыми, отличными от нуля, по α членами, пренебрегая вкладом от членов пропорциональных более высоким степеням α . В связи с тем, что в настоящее время существуют несомненные экспериментальные доказательства наличия сильных радиационных запретов, для которых обнаружены аномалии в коэффициентах внутренней конверсии /ВК/ [1] и проводится изучение низкоэнергетических переходов с высоких оболочек атома, исследование высших приближений приобретает несомненный интерес. После того как было показано, что для ряда заторможенных γ - переходов ядерная структура может значительно зависеть на величине ВК [2] и величине конверсионных параметров при угловой корреляции электронов конверсии [3] исследование таких переходов не будет полным, если не учтены высшие порядки приближений.

Настоящая диссертация посвящена изучению роли конечных размеров ядра в высших приближениях в γ - излучении ядер, во ВК и построению теории угловой корреляции типа " $e-\gamma$ ", причем теория угловой $e-\gamma$ - корреляции с учетом высших приближений построена впервые как для неориентированных, так и для ориентированных ядер. В работе также рассматривается вопрос о роли высших приближений в теории процессов, происходящих с несохранением пространственной четности.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

В первой главе существующая теория эффектов высших приближений в γ - излучении ядер и во ВК [4,5] обобщена на случай конечных размеров ядра. Следствием учета конечных размеров ядра во ВК являются поправки на т.н. статический и динамический эффекты. Первый из них обязан изменению электростатического взаимодействия между ядром и электронной оболочкой вследствие размазывания электрического заряда ядра в конечном объеме, а второй - проникновению электрона внутрь ядра. Влияние динамического эффекта конечных размеров ядра на вероятность ВК существенно при значительных радиационных запретах. Аналогично тому, как это было сделано В.А.Крутовым для точечного ядра [4,5], были получены формулы для числа γ - квантов N_γ и числа конверсионных электронов N_e в любом приближении с учетом конечных размеров ядра. Рассмотрение велось для резонансных переходов. Нерезонансные переходы, т.е. переходы, идущие без сохранения энергии в промежуточных состояниях, в настоящей диссертации не рассматривались.

Общий вид формул для чисел N_γ и N_e с учетом конечных размеров ядра остался таким же, как и для точечного ядра. Однако теперь появилась зависимость эффектов высших приближений от ядерной структуры, которая определяется ядерными параметрами U , в структурных добавках к основным радиальным интегралам. Оказалось, что для наиболее существенного из всех эффектов высших приближений, а именно, для дополнительной разрядки ядра γ - излучением через электронную оболочку, названной в [4] "электронным мостиком", учет динамического эффекта приводит к существенному изменению величины этого эффекта, особенно при значительных γ - запретах. Так, например, учет динамического эффекта изменяет величину "электронного мостика" для M1-перехода в ^{181}Ta /энергия перехода $K = 482$ кэв/ на 96%.

В последнем, пятом, параграфе этой главы произведена оценка величины эффектов высших приближений на высших оболочках атома. Для энергий переходов порядка 52 кэв на отдельных M-подоболочках атома с $Z = 94$ величины эффектов высших приближений

малы. Суммарный эффект "электронного мостика" от всех M -подоболочек для $E5$ -перехода составляет 4%, что является не малой величиной с точки зрения современного эксперимента. Для еще меньших энергий переходов и для высоких оболочек атома величина "электронного мостика" может быть весьма существенной. При $K = 2$ кэв, $Z = 80$ суммарная величина эффекта "электронного мостика" от $M_{\frac{1}{2}} - N_{\frac{1}{2}}$ - подоболочек равна для $E2$ -перехода 0,878, а для $E4$ -перехода - 10,8. Т.е. вероятность излучения γ - кванта может быть изменена в этом случае даже в 10 раз при учете дополнительной разрядки ядра γ - квантом через электронную оболочку. Следовательно, и КИК тоже будут претерпевать изменение. Все это оказывается важным, поскольку в настоящее время начинают интенсивно исследовать внекоэнергетические переходы в ядрах и исправленные значения КИК могут быть с большей степенью точности использованы для определения изменения плотности электронов, принадлежащих валентной оболочке при переходе от одного химического соединения к другому [7].

II-ая глава посвящена изучению угловой $e-\gamma$ - корреляции с учетом следующих за обычно используемыми приближений для процесса конверсии и γ - излучения ядра в предположении, что для каждого из этих процессов существует только два состояния /возбужденное и основное/. При этих предположениях построена угловая корреляционная функция $W_{e-\gamma}$..

$$W_{e-\gamma} = \sum_j K_j^{(4)}(1) B_j^{(3)}(2) P_j(\cos \theta) \quad (11)$$

Множитель $K_j^{(4)}(1)$ описывает конверсионный, а $B_j^{(3)}(2)$ - радиационный переходы. $P_j(\cos \theta)$ - полином Лежандра, зависящий от угла между направлениями вылета конверсионного электрона и γ - кванта. Цифры сверху у множителей означают порядок соответствующих приближений.

Для конверсионных переходов чистой мультипольности

$$K_j^{(4)}(1) = b_j^{(4)}(1) F_j(4Lj; j), \quad (12)$$

где $b_j^{(4)}(1)$ - коэффициент, использованном в таблицах [6].

а для переходов смешанной мультипольности

$$K_2^{(4)}(l) = b_2^{(4)}(l) F_2(l, l, j_0, j_1) + 2 \Delta^{(4)} b_2^{(4)}(l, l') F_2(l, l', j_0, j_1) + \Delta^{(4)2} b_2^{(4)}(l') F_2(l', l', j_0, j_1). \quad /3/$$

Здесь $b_2^{(4)}(l) = K_2^{(4)}(l) [K_0^{(4)}(l)]^{-1}$,

$$b_2^{(4)}(l, l') = K_2^{(4)}(l, l') [K_0^{(4)}(l) K_0^{(4)}(l')]^{-1/2} -$$

нормированные конверсионные параметры, $\Delta^{(4)}$ представляет собой долю смеси излучений l' и l $F_2(l, l', j_0, j_1)$ - табулированные, например, в [8] функции.

В общем случае

$$K_2^{(4)}(l, l') = \sum_{\kappa\kappa'} K_2^{(4)} \kappa\kappa'(l, l') [1 + C_{\kappa\kappa_0}(l)] [1 + C_{\kappa'\kappa'_0}(l')],$$

где

$$C_{\kappa\kappa_0}(l) = \frac{\delta_{\kappa\kappa_0}(l)}{\delta_{\kappa\kappa_0}(l) + i} \sum_{\kappa\kappa_0} \beta_{\kappa\kappa_0}(l) \frac{\delta_{\kappa\kappa_0}(l)}{\delta_{\kappa\kappa_0}(l) - i}$$

$\sum_{\kappa\kappa'} K_2^{(4)} \kappa\kappa'(l, l')$ - дает обычное представление для ненормированных конверсионных параметров [8], $\beta_{\kappa\kappa_0}$ - парциальные ККК, $\delta_{\kappa\kappa_0}$ - отношение действительной и мнимой частей радиальных интегралов.

Для γ - переходов чистой мультипольности

$$B_2^{(4)}(l) = F_2(l, l, j_0, j_1) / \sum_{\kappa\kappa_0} d_{\kappa\kappa_0} / l^2$$

а для переходов смешанной мультипольности

$$B_2^{(4)}(l) = F_2(l, l, j_0, j_1) / \sum_{\kappa\kappa_0} d_{\kappa\kappa_0}(l) / l^2 - 2\delta F_2(l, l', j_0, j_1) \operatorname{Re} \left[\sum_{\kappa\kappa_0} d_{\kappa\kappa_0}(l) \right] + \sum_{\kappa\kappa_0} d_{\kappa\kappa_0}(l) / l^2 + \delta^2 F_2(l', l', j_0, j_1) / \sum_{\kappa\kappa_0} d_{\kappa\kappa_0}(l') / l'^2$$

δ^2 - отношение интенсивностей излучений мультипольностей l' к l

$$d_{\kappa\kappa_0}(l) = 1 - \beta_{\kappa\kappa_0}(l) \delta_{\kappa\kappa_0}(l) [\delta_{\kappa\kappa_0}(l) - i]^{-1}$$

Исследована роль учета высших приближений в $B_2^{(4)}(l)$ и конверсионные параметры $b_2^{(4)}$. Для достаточно больших энергий переходов учет высших приближений в $B_2^{(4)}(l)$ не приводит к заметным изменениям результатов по сравнению с теми, что имеют

место в обычном приближении. Для малых энергий переходов учет высших порядков в $B_g^{(1)}$ оказывается существенным. Так, для $\kappa = 52$ кэВ, $Z = 94$, E5-перехода учет высших порядков изменяет $B_g^{(1)}$ на 4%, а для $\kappa = 2$ кэВ, $Z = 80$ суммарный вклад от учета высших приближений на $M_1 - M_2$ -подоболочках может изменить величину $B_g^{(1,2)}$ в несколько раз /см. табл. 1/. Для этих оценок были использованы табулированные значения радиальных интегралов из работы [6]

Таблица I.

EL	$B_g^{(1,2)}/B_g^{(1)}$
E1	0,01
E2	0,88
E3	4, 28
E4	10,8

Для конверсионных параметров $B_g^{(1)}$ при угловой $e-\gamma$ или $e-e$ - корреляции в широкой области значений энергий * /K-оболочка, $\lambda \geq 0,2$; L и M - оболочки, $\kappa \geq 0,05$; N оболочка, $\kappa \geq 0,004$ / учет высших порядков несущественен и первое приближение обеспечивает в этом случае хорошую точность.

В §8 этой же главы обсуждается учет конечных размеров ядра в высших приближениях в угловой $e-\gamma$ - корреляции. Здесь тоже появляется два сорта поправок: поправки на статический и динамический эффекты конечных размеров ядра. Величины, описывающие эффекты высших приближений, при учете динамического эффекта зависят от структуры ядра. Для ряда E1-переходов в трансурановой и радкоземельной областях значения ядерных параметров, которыми определяется динамический эффект, велики. Проведенные оценки показывают, что учет динамического эффекта значительно изменяет наиболее существенный при $K/K > 2$ эффект "электронного мостика". Так, для ^{177}Lu / $\kappa = 150,3$ кэВ/ "электронный мостик", выделенный в $B_g^{(1)}$, изменяется в 1,3 раза за счет учета структурных эффектов. В конце §8 записаны

* Энергия дана в релятивистской системе единиц.

угловые корреляционные функции для $e-e$ -, $\gamma-e$ - и $\gamma-\gamma$ -процессов с учетом следующих приближений.

Далее, в §9 второй главы изучается угловое распределение

γ - квантов и конверсионных электронов от ориентированных ядер с учетом высших приближений. Получены, соответствующие этим процессам, функции углового распределения $W(\theta)$. Показано, что учет следующего приближения для углового распределения γ - квантов, испускаемых ориентированным ядром, приводит к изменению функции $W(\theta)$, которое при не очень больших энергиях может быть уже заметным. Действительно, для E5-перехода на $M_{\frac{5}{2}^-}$ -подоболочке, $\alpha = 94$, $\kappa = 0,1$ это изменение составляет 3%. Поправки от учета высших приближений в угловом распределении конверсионных электронов в случае ориентированных ядер малы.

В третьей главе рассмотрен вклад от учета следующего приближения по α в конверсионные параметры при угловой корреляции типа " $e-\gamma$ " и " $e-e$ " с учетом того, что процесс ВК идет через промежуточные электронно - ядерные состояния /"электронно - ядерный мостик"/. Впервые процесс такой дополнительной разрядки был рассмотрен в КВК В.А. Крутовым [9]. В §10 этой главы приведено решение системы уравнений для амплитуд до 4-го порядка включительно, полученное в работе [9].

В §11 получено общее выражение для конверсионных параметров b_2 в предположении резонансных переходов, т.е. переходов, для которых $W_0 > W_1 > W_2$, где W_0 , W_1 и W_2 - соответственно энергия ядра в начальном, промежуточном и конечном состояниях. Для конверсионных параметров $b_2^{(1)}$ было получено:

$$b_2^{(1)}(L, L') = [K_0^{(1)}(L) K_0^{(1)}(L')]^{-1/2} \sum_{xx'} K_2^{(1)}(xx', L, L') \left\{ 1 + \sum_{x_1 x_1'} [A_{11, L_0}(x x_1'; x_1 x_1', x_0) + t_2 (\delta_x - \delta_{x'}) B_{11, L_0}(x_1 x_1'; x_1 x_1', x_0)] \sqrt{F_{11, L_0}} \right\}$$

$A(\quad)$ и $B(\quad)$ выражаются через парциальные КВК и $b_{x_1 x_1'}$, коэффициенты Рака и Клебна-Гордана, зависящие от угловых моментов ядерных (L) и электронных (x) уровней. b_x сдвиг фазы радиальной волновой функции электрона во внешнем поле в сплошном спектре энергий.

В обычном приближении для чистых конверсионных переходов и в предположении точечного ядра никакой зависимости $K_{\beta}^{(i)}(1)$ /формула / / от структурных ядерных факторов нет. Зависимость от структуры ядра появляется лишь при рассмотрении переходов смешанной мультипольности. Если же учесть дополнительную разрядку ядра через промежуточные электронно - ядерные состояния, то даже в предположении точечного ядра и для чистых мультипольных переходов существует зависимость параметров $\beta_{\beta}^{(i)}$ от структурных факторов $F_{стр}$. Это следует понимать в том смысле, что на основной конверсионный переход оказывает влияние структура других /дополнительных/ ядерных переходов.

В §12 третьей главы произведена оценка возможной величины вклада от учета "электронно - ядерного мостика" в конверсионные параметры $\beta_{\beta}^{(i)}$ для основного ЕЗ-перехода, идущего через Е1 Е2, для $Z = 54$, $\kappa = 1,8$ на К-оболочке. Е1- и Е2- переходы - это переходы, через которые осуществляется дополнительная разрядка ядра в 4-ом порядке по κ . При $F_{стр} = \frac{f(E1)f(E2)}{f(E3)}$

$10^3 \div 10^4$ поправки к β_{β} могут достигать $14 \div 29\%$. Здесь $f(E1)$ представляет собой отношение истинной вероятности, к вероятности, вычисленной по одночастичной модели. Значение $F_{стр} = 10^3 \div 10^4$ требует, чтобы Е1-переход был заторможен в $10^3 \div 10^4$ раз, Е2- ускорен в 10^2 раз и ЕЗ - заторможен не менее, чем в 10^5 раз.

В четвертой главе рассмотрены эффекты несохранения пространственной четности в электромагнитных переходах ядер с учетом высших приближений.

Наличие слабого, нарушающего пространственную четность, взаимодействия в ядерных силах приводит к тому, что дополнительно к основному радиационному $EL(ML)$ переходу осуществляется $ML(EL)$ переход. О степени несохранения пространственной четности в ядерных силах судят по значению такой величины, как степень циркулярной поляризации P . Величина P оказывается пропорциональной параметру F который характеризует относительную величину слабых межнуклонных сил /см., например, [10] /.

В §14 этой главы рассмотрен случай излучения ядром квантов мультипольностей $EL + ML$. Вычислена вероятность излучения таких квантов неполяризованным в начальном состоянии ядром с учетом следующего приближения теории возмущений. На основе полученной формулы найдена степень циркулярной поляризации. Произведенные в этом параграфе оценки показывают, что, например, для основного $E1$ -перехода с энергией 57,5 кэв учет следующего приближения незначительно изменяет величину P /меньше, чем на 1%, в то время как для основного $E2$ -перехода с энергией $K = 2$ кэв в атоме с $Z = 80$ $P^{(0)}/P^{(3)} = 1,6$, а для $E3$ -перехода $P^{(0)}/P^{(3)} = 4,92$. Здесь цифры у P указывают на соответствующий порядок приближений. Для этих оценок было принято, что примесь ML - перехода, несохраняющего четность, к основному EL - переходу составляет 9%.

Таким образом, учет высших приближений при расчете P для малых энергий ядерных переходов дает значительное уточнение теоретических оценок степени циркулярной поляризации и тем самым приводит в этом случае к более точному представлению о характере слабых межнуклонных сил.

В §15 получено выражение для углового распределения интенсивности γ - излучения для поляризованного ядра с учетом следующего порядка приближений. Для случая, когда поляризация

γ - излучения от поляризованного ядра не наблюдается, формула для углового распределения интенсивности состоит из двух слагаемых, одно из которых /где суммирование по нечетным значениям/ обязано своим появлением несохранению пространственной четности. Это слагаемое при учете высших приближений претерпевает изменение, а для малых энергий переходов учет высших приближений может его заметно изменить. При $Z = 80$, $K = 2$ кэв на N_2 - оболочке изменение этого слагаемого за счет учета высших приближений может достигать для $E2$ -перехода 30%.

В последнем параграфе этой главы рассмотрен каскадный γ - γ - переход. Ядро, переходя из возбужденного состояния в промежуточное, испускает смешанный по мультипольности γ квант $EL + ML$, а затем, переходя из промежуточного состояния в основное, испускает квант мультипольности EL' . При

нахождения угловой корреляционной функции для такого γ - γ - перехода учтен следующий порядок приближений. Получено выражение для степени циркулярной поляризации $P(\cos \theta)$, зависящее от угла между направлениями вылета квантов. Величина поправок от учета высших приближений и здесь может быть существенна для низкоэнергетических ядерных переходов.

В заключении содержатся основные результаты работы.

1. Существующая теория эффектов высших приближений по постоянной тонкой структуры α в гамма-излучении ядер и во внутренней конверсии обобщена на случай конечных размеров ядер. Показано, что учет конечных размеров ядра значительно влияет на величину эффекта "электронного мостика" при сильных радиационных запретах.

2. Построена теория угловой e - γ - корреляции, учитывающая следующий порядок приближений, в предположении, что ядро имеет два состояния как для конверсии, так и для гамма-излучения ядер. Исследовано влияние учета высших порядков на множитель $B_2^{(V)}$ и конверсионные параметры $C_2^{(V)}$. Весьма существенное влияние от учета высших приближений в $B_2^{(V)}$ для низкоэнергетических переходов и для высоких оболочек атома. Для $C_2^{(V)}$ в широкой области энергий учет высших порядков не существен и первое, отличное от нуля, приближение обеспечивает хорошую точность.

3. Получены формулы для углового распределения γ - квантов и электронов конверсии от ориентированных ядер с учетом высших порядков. Для множителя, описывающего радиационный переход, поправки могут быть заметны, а для множителя, описывающего конверсионный переход, поправки малы.

4. Рассмотрено влияние учета дополнительной разрядки ядра в 4-м порядке теории возмущений через промежуточные электронно-ядерные состояния в конверсионные параметры B_2 . Оказалось, что при разумных запретах вклад такой дополнительной разрядки может быть существенен и превзойти по величине эффект двойной e - e - конверсии [‡].

[‡] Двухквантовые процессы в настоящей диссертации не рассматривались. Они хорошо изучены /см., например, работы [II] /.

5. Рассмотрено влияние высших приближений на величину степени циркулярной поляризации ρ , характеризующей несохранение пространственной четности в ядерных силах, при разрядке возбужденного ядра как одним γ -квантом, так и γ - γ -каскадом. Найдено, что учет высших приближений существенен при расчете ρ для небольших энергий ядерных переходов и на высоких оболочках атома. Это оказывается важным фактом, поскольку при сравнении теоретически рассчитанных ρ с их экспериментальными значениями можно с большей степенью точности судить о величине параметра F , характеризующего слабое межкулонное взаимодействие.

6. Получено выражение для углового распределения интенсивности γ -излучения от поляризованного ядра с учетом 3-го порядка теории возмущений и в предположении, что γ -переход является смешанным $EL+NL$ -переходом. При малых энергиях переходов учет высших порядков может вносить весьма заметные поправки в слагаемое, отвечающее за несохранение пространственной четности.

Таким образом, учет высших приближений при малых энергиях ядерных переходов и на высоких оболочках атома приводит к изменению величин КВК, $B_2^{(3)}$ и ρ , которые могут быть обнаружены на эксперименте. Указанные случаи для проявления эффектов высших приближений предпочтительны по той причине, что для высоких оболочек атома наблюдается относительное увеличение действительной части радиальных интегралов, а следовательно, и увеличение b_{kl} . Однако, b_{kl} все равно малы. Малость b_{kl} в этом случае может компенсироваться большой величиной парциальных КВК и в результате вклад от наиболее существенного из всех эффектов высших приближений, эффекта "электронного мостика" может быть значителен. Поправки от учета высших приближений к конверсионным параметрам ϵ_2 при учете только двух ядерных состояний малы. А при разрядке ядра в 4-м порядке теории возмущений через "электронно-ядерный мостик" поправки в ϵ_2 могут быть существенны.

Результаты диссертации доложены на II-ой республиканской конференции молодых ученых /Минск, 1972/ и на XIII Советании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра /Томск, 1973/ и опубликованы в работах:

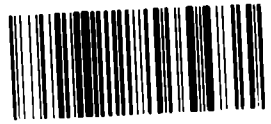
1. П.Г.Кукир, Изв.АН БССР, сер. физ.-мат. наук, №6, 104 /1971/.
2. П.Г.Кукир, Изв. ВУЗ ов. Физика, №9, 45 /1972/.
3. П.Г.Кукир, Вестник Белгосунверситета, сер. I, №3, 44 /1972/.
4. П.Г.Кукир, Программа и тезисы докладов XIII Советания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Стр. 251. Л., Наука, 1973.
5. Л.А.Борисоглебский, П.Г.Кукир, Программа и тезисы докладов XIII Советания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Стр.252. Л., Наука, 1973.
6. П.Г.Кукир, Изв.АН БССР, сер. физ.-мат. наук, №2, 125 /1973/.
7. П.Г.Кукир, Материалы II Республиканской конференции молодых ученых по физике. Стр.30. Изд. Института физики АН БССР, 1972.
8. П.Г.Кукир, Материалы II Республ. конференции молодых ученых по физике. Стр.32. Изд. Института физики АН БССР, 1972.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Usaro F, Stephens F, Hollander J, Perlman I, Phys. Rev.*, 117, 492 /1960/.
2. *Church E.L, Weneser J, Ann. Rev. Nucl. Sci.*, 10, 193 (1960).
3. Банд И.М., Листенгартен М.А., Изв. АН СССР, сер. физ. 22, 268/1965/.
4. Крутов В.А., Изв. АН СССР, сер. физ. 22, 162 /1958/.
5. Крутов В.А., Моллер К., Изв. АН СССР, сер. физ. 22, 171 /1958/.
6. *Dragoun O, Pauli H.C, Schmutzler F, Nucl. Data Tables*, 6A, 235 /1969/.
7. Андерсон Э.М., Листенгартен М.А., Ханонкинд М.А., Изв. АН СССР, сер. физ., 34, 850 /1970/.
8. Долгинов А.З., в сб. Гамма-лучи, под ред. Л.А.Слива, гл. 6, Изд. АН СССР, М.-Л., 1961.
9. *Krutov V.A, Knyazkov O.M, Ann. d. Phys.*, (L), 25, 10 /1970/.
10. *Wahlborn J. Phys. Rev.*, B 138, 530 /1965/.
11. Гречухин Д.П., *ЖФ*, 4, 46 /1966/; *Nucl. Phys.*, 35, 98 /1962/; 47, 273 /1963/.

**АТ 14047. Подписано к печати 14/У.73. Формат бумаги 70x108
1/16. Печ. л. I. Тираж 150 экз. Заказ № 38**

**Отпечатано на ротативе Минского ордена Трудового Красного
Знамени государственного педагогического института
им.А.М.Герьевого. Минск, ул.Светская,18.**



0000003549