

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P14-84-273

Я.Бразевич, Э.Бразевич, Г.М.Осетинский,
М.Пайек, И.Плосконка*

СЕЧЕНИЕ ВЫХОДА
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО
РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ L-ОБОЛОЧКИ
ПРИ ПРОТОННОМ ВОЗБУЖДЕНИИ

Направлено в "Journal of Physics B"

* Педагогический университет г.Кельце, ПНР

1984

ВВЕДЕНИЕ

Знание сечения выхода характеристического рентгеновского излучения имеет большое значение для рассмотрения ряда теоретических и экспериментальных проблем. Оно необходимо для решения многих аналитических задач, а также для сравнения экспериментальных данных по сечениям ионизации с различными теориями ионизации внутренних атомных оболочек легкими ионами. При рассмотрении случаев, когда атомный номер падающей частицы $Z_1 \ll Z_2$, где Z_2 - атомный номер мишени, ионизация внутренних оболочек может быть описана кулоновской ионизацией и рассчитана на основе борновского приближения плоских волн /PWBA/, так, как это приведено в работе Мерсбахера и Левиса^{/1/}, на основе теории бинарных столкновений Гарсиа^{/2/} или полуклассической теории Банга и Ханстена^{/3/}. В последние годы весьма успешно зарекомендовала себя теория ионизации внутренних атомных оболочек частицами малых энергий, развитая Брантом и Лапицки /теория ECPSSR/^{4,5/}, которая описывает кулоновскую ионизацию в формализме PWBA с учетом поправок на изменение энергии связи, поляризации оболочек и релятивистского эффекта для электронов атомов мишени. Учитываются влияние отклонения в кулоновском поле, а также потери энергии для падающей частицы во время ее столкновения с атомом мишени.

В настоящей работе представлены измеренные нами сечения выхода характеристического рентгеновского излучения при возбуждении L-оболочки семи элементов от Sb до Bi в интервале энергий протонов 1,5÷3,8 МэВ. Результаты для сечений $L_{\alpha}, L_{\beta}, L_{\gamma}$ и L_{ρ} переходов, полного выхода излучения L-оболочки, так же как и отношение сечений L_{α}/L_{β} , L_{α}/L_{γ} сравнивались с теоретическими результатами по теории ECPSSR. При проведении расчетов учитывалось также влияние на величину сечения анизотропии рентгеновского излучения, которое наблюдается вследствие эффекта ориентирования L_3 -оболочки в процессе соударения^{/6,7/}. Полученные результаты сравнивались с данными других авторов.

2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В эксперименте использовались протоны, ускоренные на электростатическом ускорителе Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований. Подробное описание процесса измерений дано в^{/8/}. Укажем на основные особенности эксперимента.

Объединенный институт ядерных исследований

Протонный пучок от ускорителя коллимировался четырьмя диафрагмами диаметром 2 мм каждая и для получения равномерной плотности тока в пучке модулировался системой электростатических линз, установленных перед этими диафрагмами. Мишень располагалась под углом 45° по отношению к оси пучка на многопозиционном держателе. Число частиц, падающих на мишень, определялось по измерению заряда, переносимого пучком на мишень и к цилиндру Фарадея. Для измерения характеристического рентгеновского излучения использовался Si(Li)-детектор с разрешением 220 эВ на линии 6,4 кэВ ^{57}Co , который располагался под углом 90° по отношению направления пучка. На пути от мишени к детектору рентгеновское излучение проходит через окно из металлизированного майлара толщиной 10 мкм, слой воздуха толщиной 5 мм и через бериллиевое окно детектора толщиной 25 мкм. Эффективность измерений Si(Li)-детектором, а также поглощение рентгеновского излучения на пути от мишени к детектору определялись по измерению характеристического рентгеновского излучения К-серии при протонном возбуждении с энергией $2 \div 3$ МэВ от 14 мишеней-стандартов /от Al до Sn /. Необходимые для расчета эффективности ϵ значения сечений выхода характеристического рентгеновского излучения К-оболочки брались по усредненным значениям сечений, полученным рядом авторов и опубликованным в работе Гарднера и Грея^{/9/}. Энергетическая зависимость эффективности получена в результате аппроксимации экспериментальных точек методом наименьших квадратов функцией $\ln \epsilon = \sum_{I=1}^M A(I)E^{I-1}$, где $M = 5$, A - коэффициент полинома, E - энергия рентгеновского излучения. Импульсы от детектора через предусилитель и усилитель направлялись на многоканальный анализатор импульсов. Усилитель обеспечивал стабильность нулевого уровня и индикацию импульсов самоналожений. Блок-схема электронной аппаратуры включает в себя также счетчик рабочего времени, который суммирует мертвое время детектирования в предусилителе, усилителе и многоканальном анализаторе импульсов. Под углом 135° по отношению к оси пучка установлен поверхностно-барьерный детектор, позволяющий измерять протоны или ионы ^4He , упруго рассеянные мишенью под этим углом. Мишени изготовлялись путем напыления в вакууме исследуемых элементов на кремниевую подложку толщиной 0,2 мм и имели следующую толщину в мкг/см²: Sb - 66; Te - 84; Ho - 133; Ta - 74; W - 240; Pt - 19; Bi - 78.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Энергетические спектры характеристического рентгеновского излучения для Sb, Te, Ho, Ta, W, Pt и Bi измерялись для энергий протонов 1,46; 2,05; 2,5; 3,0; 3,2; 3,5 и 3,8 МэВ. Время набора спектра выбиралось таким, чтобы площади наименее интенсивных линий - L_γ или L_ρ были $> 10^3$. Для их анализа исполь-

зовалась программа ОИЯИ "ACTIV"^{/10/}, которая определяла площадь отдельной линии этого излучения за вычетом фона.

Сечение выхода L_α , L_β , L_γ и L_ρ излучений определялось по измерению площади энергетических спектров характеристического рентгеновского излучения указанных переходов. Предполагая наличие изотропии в эмиссии рентгеновского излучения из исследуемых мишеней, сечения выхода для L_i перехода можно определить по формуле:

$$\sigma_{Li} = \frac{4\pi N_{Li}}{N_p N_T c_i \epsilon_i \Omega} \quad /1/$$

где N_{Li} - площадь пика с поправкой на мертвое время детектирования, N_p - число протонов, падающих на мишень, определяемое из измерений тока пучка, N_T - число атомов мишени в ат./см², получаемое при измерении обратного рассеяния ионов ^4He . c_i - поправка на поглощение излучения на пути от мишени к детектору, ϵ_i , Ω - эффективности детектора и телесный угол соответственно.

Для устранения погрешности в определении сечения, связанной с конечной толщиной используемых мишеней, в измеряемое сечение вводилась поправка на потерю энергии частицы в мишени, а также на ослабление этого излучения в указанной толщине. Для случая, когда потери энергии ΔE падающей частицы в мишени толщиной Δx невелики по сравнению с энергией падающей частицы E_0 , и предполагая, что сечение выхода характеристического рентгеновского излучения $\sigma(E)$ и тормозные способности $S(E)$ для этой мишени при торможении протонов изменяются по формулам $\sigma(E) = \sigma(E_0)(E/E_0)^a$ и $S(E) = S(E_0)(E/E_0)^\beta$, можно получить^{/12/}, что $\sigma_{Li} = \overline{\sigma_{Li}} / (1 - \frac{1}{2}(a-\beta) \frac{\Delta E}{E_0})$, где σ_{Li} и $\overline{\sigma_{Li}}$ - исправленные и неисправленные сечения выхода характеристического рентгеновского излучения соответственно. Если учитывать ослабление интенсивности рентгеновского излучения в мишени, то предыдущая формула примет вид:

$$\sigma_{Li} = \overline{\sigma_{Li}} / (1 - \frac{1}{2}(a-\beta) \frac{\Delta E}{E_0} - \frac{1}{2} \mu \Delta x) \quad /2/$$

где μ - массовый коэффициент ослабления. Коэффициенты a и β в указанных выражениях получены из аппроксимации прямой линейной зависимости $\ln \sigma(E)$ и $\ln S(E)$ от $\ln E$.

В расчетах использовались теоретические сечения, полученные по теории ЕРСРР^{/4,5/}. Данные для $S(E)$ взяты из таблиц тормозных способностей Нортклиффа и Шиллинга^{/13/}. Величина указанной поправки не превышала 3%. Ошибки измерений подробно обсуждены и составляют:

1. Определение числа атомов мишени по методу упругого рассеяния ионов ^4He - 4%.

2. Определение площади пика энергетического спектра - 3%.
3. Определение числа частиц, падающих на мишень, - 1,5%.
4. Определение эффективности детектирования - 7%.

Полная квадратичная ошибка в определении сечения выхода характеристического рентгеновского излучения не превышала 9%. Средняя квадратичная ошибка при определении отношений сечений выхода рентгеновского излучения составляет 11%.

Как уже указывалось, при вычислении сечений предполагалось наличие изотропии в характеристическом рентгеновском излучении. Однако при взаимодействии падающего протона с L_3 -подоболочкой появляется анизотропия в излучении, соответствующая этому переходу, приводящая к добавочным ошибкам в определении полного сечения ^{6,7/}. Расчеты, приведенные с использованием результатов ^{6,7/}, показали, что эти ошибки для L_α - и L_β -переходов незначительны /меньше 1%/. Для L_ℓ -перехода ошибка составляет ~8%. Однако при определении полного сечения выхода характеристического рентгеновского излучения L -оболочки, состоящей из суммы L_α , L_β , L_γ и L_ℓ переходов, эффектом анизотропии можно пренебречь из-за малого вклада L_ℓ -перехода в полное сечение.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСУЖДЕНИЯ

Измеренные значения сечения выхода характеристического рентгеновского излучения для L_α , L_β и L_γ переходов и значение полного сечения σ_L представлены на рис.4 и в таблице /включая значение сечений выхода L_ℓ перехода/.

Теоретические значения для отдельных величин σ_{L_α} , σ_{L_β} и σ_{L_γ} и полного сечения σ_L рассчитывались с использованием σ_{L_I} , $\sigma_{L_{II}}$, $\sigma_{L_{III}}$ сечений ионизации по известным формулам вида ^{14/}:

$$\sigma_{L_\alpha} = [(f_{13} + f_{12}f_{23})\sigma_{L_I} + f_{23}\sigma_{L_{II}} + \sigma_{L_{III}}] \omega_3 F_{3\alpha}, \quad /3/$$

$$\sigma_{L_\beta} = \sigma_{L_I} \omega_1 F_{1\beta} + (f_{12}\sigma_{L_I} + \sigma_{L_{II}}) \omega_2 F_{2\beta} + [(f_{13} + f_{12}f_{23})\sigma_{L_I} + f_{23}\sigma_{L_{II}} + \sigma_{L_{III}}] \omega_3 F_{3\beta}, \quad /4/$$

$$\sigma_{L_\gamma} = \sigma_{L_I} \omega_1 F_{1\gamma} + (f_{12}\sigma_{L_I} + \sigma_{L_{II}}) \omega_2 F_{2\gamma}, \quad /5/$$

$$\sigma_L = \sigma_{L_I} \omega_1 + (f_{12}\sigma_{L_I} + \sigma_{L_{II}}) \omega_2 + [(f_{13} + f_{12}f_{23})\sigma_{L_I} + f_{23}\sigma_{L_{II}} + \sigma_{L_{III}}] \omega_3. \quad /6/$$

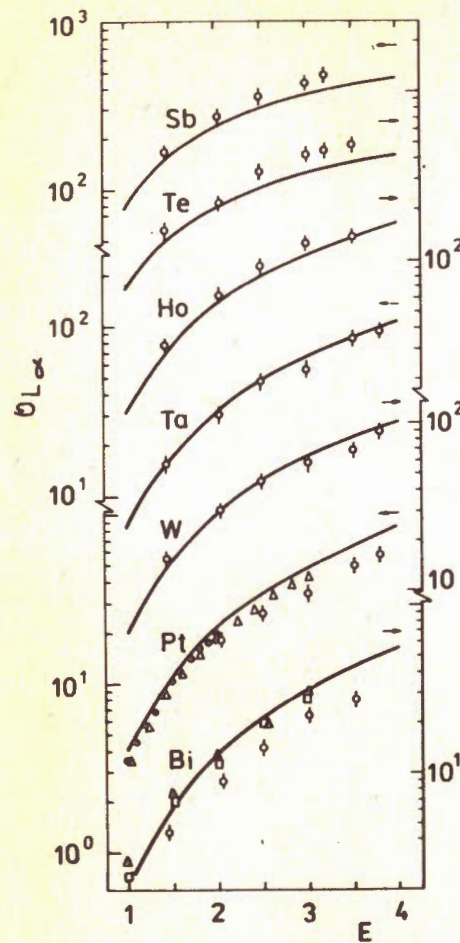


Рис.1. Зависимость сечения выхода характеристического рентгеновского излучения для L_α оболочки от энергии протонов. Незаштрихованные кружки - данные настоящей работы. Сплошные кружки - данные Чена ^{21/}. Сплошные треугольники - данные Та-вары и др. ^{23/}. Незаштрихованные квадратики - Лейте и др. ^{22/}. Сплошные треугольники с вершиной вниз - данные Биерзе и др. ^{24/}. Незаштрихованные треугольники - результаты Кхана и др. ^{20/}. Сплошная кривая - расчеты по теории ECPSSR.

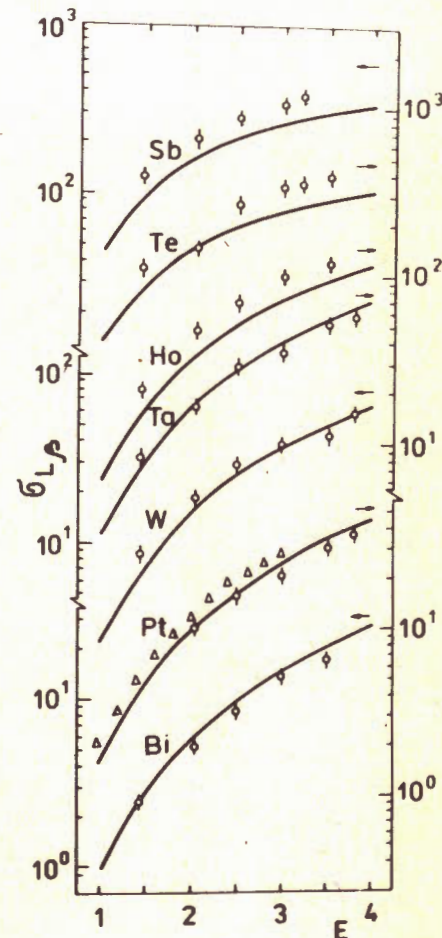


Рис.2. Зависимость сечения выхода характеристического рентгеновского излучения для L_β оболочки от энергии протонов. Здесь и в дальнейшем обозначения аналогичны рис.1.

Рис.3. Зависимость сечения выхода характеристического рентгеновского излучения для L_{γ} оболочки.

Таблица

Сечение выхода характеристического рентгеновского излучения для L-оболочки /в барнах/

Z	E(МэВ)	L_{α}	L_{β}	L_{γ}	$L_{L\alpha}$	$L_{L\beta}$
Sb -51	1.46	169.5	126.4	17.0	-	313.0
	2.05	274.4	210.5	29.4	-	514.3
	2.5	360.5	283.6	43.5	-	687.6
	3.0	425.5	338.7	51.3	-	815.5
	3.2	467.2	381.5	56.7	-	905.4
Te -52	1.46	154.1	110.0	14.5	-	278.6
	2.05	225.0	147.5	21.6	-	394.1
	2.5	344.6	265.2	39.4	-	649.2
	3.0	428.2	337.7	52.2	-	818.1
	3.2	447.5	358.9	55.5	-	861.9
3.5	490.6	391.0	60.3	-	941.9	
Ho -67	1.46	32.4	21.4	3.95	-	57.8
	2.05	63.3	46.3	9.06	-	118.6
	2.5	94.1	69.9	14.1	-	178.1
	3.0	127.6	97.9	20.5	-	246.0
	3.5	141.7	116.9	25.8	-	284.4
Ta -73	1.46	15.7	8.4	1.07	0.76	25.9
	2.05	31.3	16.9	2.23	1.45	52.4
	2.5	48.6	28.9	3.99	2.05	83.4
	3.0	57.4	35.1	4.02	2.85	99.4
	3.5	84.9	50.5	7.49	-	144.6
3.8	93.3	56.5	8.44	-	168.3	
W -74	1.46	15.6	8.72	1.22	0.66	26.2
	2.05	30.9	19.0	2.84	1.07	53.8
	2.5	46.3	28.7	4.47	1.79	81.3
	3.0	58.9	38.8	5.97	2.02	105.7
	3.5	69.5	43.5	6.38	2.85	122.2
3.8	89.5	58.8	9.05	4.38	161.7	
Pt -78	2.05	18.0	9.97	1.37	0.96	30.3
	2.5	25.6	15.7	2.28	1.33	45.0
	3.0	33.6	20.6	2.88	1.83	58.9
	3.5	49.0	30.4	4.30	2.59	86.3
	3.8	57.0	36.2	4.98	3.00	101.2
Bi -83	1.46	4.47	2.50	0.35	0.23	7.55
	2.05	9.06	5.35	0.79	0.52	15.7
	2.5	14.2	8.53	1.31	0.78	24.8
	3.0	22.3	13.9	2.14	1.25	39.6
	3.5	27.3	17.2	2.71	1.50	48.5

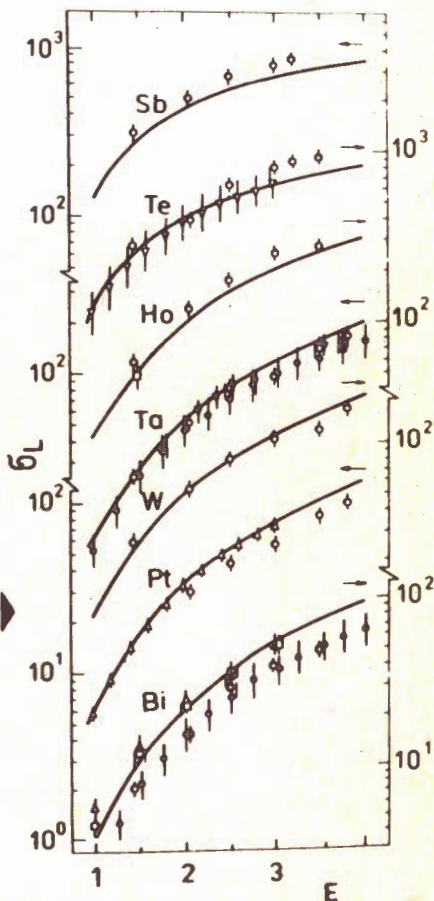
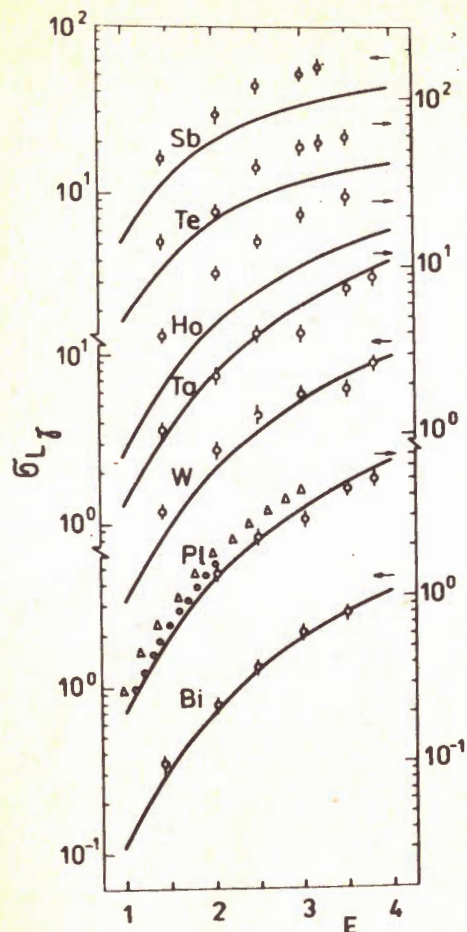


Рис.4. Зависимость полного сечения выхода для характеристического рентгеновского излучения для L-оболочки от энергии протонов. Незаштрихованные кружки - данные настоящей работы. Сплошные кружки - данные Чанга и др.^{/28/}. Сплошные треугольники, направленные вверх - данные Тавары и др.^{/23/}, треугольники с направлением вниз - данные Иши и др.^{/27/}. Незаштрихованные квадраты - данные Лейте и др.^{/22/}. Сплошные квадраты - данные Кана и др.^{/26/}. Незаштрихованные треугольники, направленные вверх - данные Кхана и др.^{/20/}. Незаштрихованные треугольники, направленные вниз - данные Соки и Крумптона^{/25/}. Сплошная кривая - теория ЕСРSSR.

Выход флуоресценции ω_1 , ω_2 и ω_3 и значение коэффициентов перехода Костер-Кронинга f_{12} , f_{13} и f_{23} взяты из таблиц Краузе^{/15/}. Для определения радиационных ширин F_{ij} использовались значения Скофильда^{/16/}.

Теоретические значения ионизации рассчитывались по теории ЕСРССР Бранта и Лапицки^{4,5}, которая базируется на борновском приближении плоских волн с введением поправок на изменение энергии связи электрона, на эффект поляризации оболочки /учитываемой в приближении возмущенного стационарного состояния - PSS/, на релятивистский эффект, возникающий при движении электрона в атоме мишени, учитываются также отклонения в кулоновском поле и потери энергии протона при столкновении его с электронами атомной оболочки. При проведении расчета сечений для всех элементов, за исключением Вi, использовались таблицы из работы /17/. Для Вi указанные таблицы не содержат необходимых данных. В этой связи расчеты для Вi проводились по таблицам Бенка и Кропфа /18/, хотя при их использовании нельзя учитывать релятивистский эффект /19/. Для оценки допускаемой нами погрешности при таких расчетах было проведено сравнение результатов расчета сечений ряда элементов, находящихся в районе Вi, с использованием таблиц /17,18/. Расчеты показали, что в интересующем нас интервале энергий расхождение результатов не превышает ~4%.

Полученные в нашей работе данные по сечению выхода L_{α} -излучения для Pt в интервале энергий 2÷3 МэВ систематически на 15% ниже данных Кхана и др. /20/ и на 10% ниже данных Чена и др. /21/ при $E = 2$ МэВ. Для Вi эти же значения для L_{α} -перехода на 40% ниже данных Лейте и др. /22/, Тавары и др. /23/, и находятся в хорошем согласии с данными Биерзе и др. /24/ при $E = 3$ МэВ. Для сечений выхода характеристического рентгеновского излучения L_{β} -и L_{γ} -переходов результаты нашей работы для Pt также на 10÷30% ниже данных Кхана и др. /20/. Полученные нами полные сечения выхода характеристического рентгеновского излучения для Tl на 20% выше результатов Соки и Крумптона /25/. Для Ho при $E = 1,5$ МэВ наши результаты на 20% выше данных Кхана и др. /26/ для Ta они в пределах ошибок совпадают с данными Иши и др. /27/, Чанга и др. /28/, а для Pt - на 10÷15% ниже данных Кхана и др. /20/. Для Вi полученные результаты на 50% ниже данных Лейте и др. /22/ Тавары и др. /23/, но полностью совпадают с данными Чанга и др. /28/. На рис. 5,6 приведены экспериментальные результаты отношений сечений L_{α}/L_{β} и L_{α}/L_{γ} .

На этих же графиках приведены результаты других авторов. Из рисунков видно, что для W и Вi имеется хорошее согласие с данными Кlose и др. /29/, для Pt - с данными Кхана и др. /20/, а для Вi - с данными Мадисона и др. /30/. Для отношения L_{α}/L_{γ} при энергии 2 МэВ и 3 МэВ имеется 15%-ное расхождение с данными Кlose и др. /29/.

Как видно из рис. 1-4, экспериментальные данные по сечениям, представленные в настоящей работе, в пределах 30% согласуются с предсказаниями теории ЕСРССР. Исключением являются лишь результаты по Вi, где расхождение с теоретическими расчетами доходит до 60%. Для исследуемых нами элементов с Z_2 , находящимися в интервале $51 \leq Z_2 \leq 83$, с ростом атомного номера наблюдается

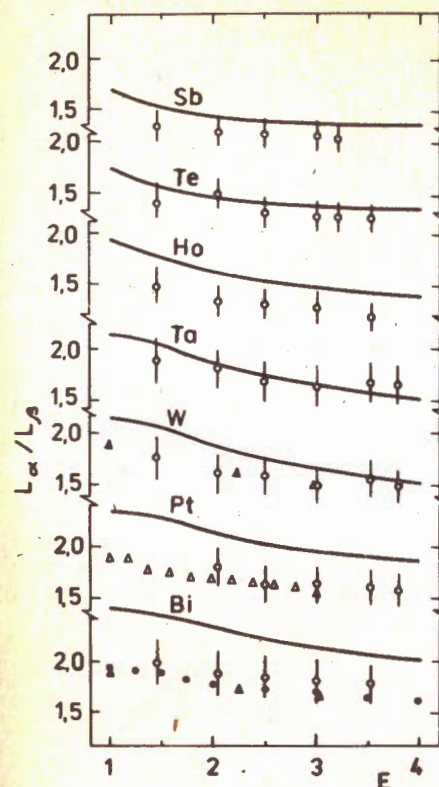
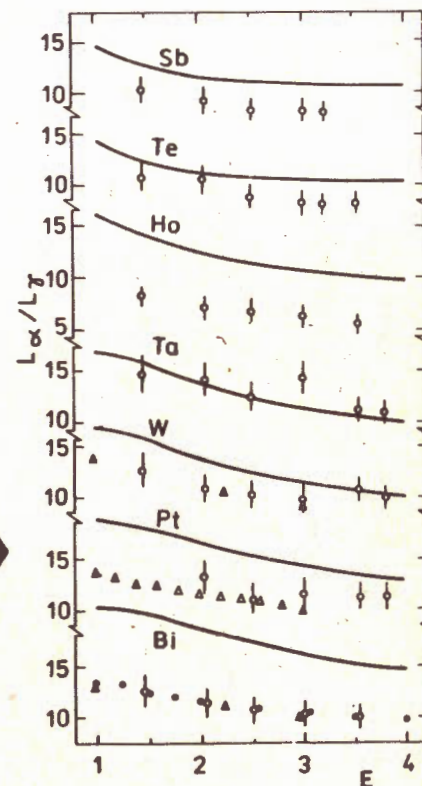


Рис. 6. Зависимость отношения L_{α}/L_{γ} от энергии протонов. Обозначения точек аналогично рис. 5.

Рис. 5. Зависимость отношений L_{α}/L_{β} от энергии протонов. Незаштрихованные кружки - данные настоящей работы. Сплошные - данные Мадисона и др. /30/. Сплошные треугольники - данные Кlose и др. /29/. Незаштрихованные треугольники - Кхана и др. /20/. Сплошная кривая - расчеты по теории ЕСРССР.



уменьшение отношения экспериментальных значений сечений к теоретическим, рассчитанным по теории ЕСРССР от 1,2 до 0,8.

Теоретические значения отношения сечений систематически превышают измеренные на 20% для L_{α}/L_{β} и на 50% - для L_{α}/L_{γ} . При рассмотрении имеющихся расхождений между теорией и экспериментом следует учитывать, что теоретические расчеты содержат ряд погрешностей, связанных с погрешностями в определении выхода флуоресценции /3÷15%/15/, коэффициентов Костер-Кронига /5÷20%/ и погрешностей в определении относительных ширин переходов

$/2 \pm 8\% / 16/$, которые используются при вычислении сечений выхода рентгеновского излучения. С учетом изложенного ошибки в определении теоретических значений в интервале $50 \leq Z_2 \leq 80$ с ростом атомного номера уменьшаются, составляя для $\sigma_{L\alpha}$, $\sigma_{L\beta}$, $\sigma_{L\gamma}$, $\sigma_{L\ell}$ ~25-15%, для σ_L ~12-4%, а для отношения сечений - от 50% до 30% соответственно.

Авторы благодарны группе обслуживания электростатического ускорителя ЛНФ ОИЯИ за обеспечение хорошей его работы во время проведения эксперимента. Авторы благодарны доктору М.Яскула за плодотворное обсуждение результатов работы, а также сотрудникам ЛНФ ОИЯИ А.Пурэву и Лю Зай Ику за помощь при проведении эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Merzbacher E., Lewis H.W. Encyclopedia of Physics. Springer-Verlag, 1958, vol.34, p.166.
2. Garcia J.D. Phys.Rev., 1970, A1, p.280.
3. Bang J., Hansteen J.M. K.Danske Vidensk.Selsk. Mat-Fys. Medd., 1959, 31, No.13.
4. Brandt W., Lapicki G. Phys.Rev., 1979, A20, p.465.
5. Brandt W., Lapicki G. Phys.Rev., 1981, A23, p.1717.
6. Jitschin W. et al. J.Phys., 1979, B12, p.4077.
7. Jitschin W. et al. J.Phys., 1983, B16, p.1417.
8. Braziewicz E. et al. JINR, 18-81-503, Dubna, 1981.
9. Gardner R.K., Gray T.J. At.Data and Nucl.Data Tables, 1978, 21, p.515.
10. Zlokazov V.B. JINR, P10-82-105, Dubna, 1982.
11. Garten P.H., Groeneveld K.O., König K.H. Nucl.Instr. and Meth., 1981, 181, p.185.
12. Lopes J.S., Jesus A.P., Ramos S.C. Nucl.Instr. and Meth., 1980, 169, p.311.
13. Northcliffe L.C., Shilling R.F. Nucl.Data Tables, 1970, A7, p.233.
14. Tawara H. et al. Phys.Rev., 1974, A9, p.1617.
15. Krause M.O. J.Phys.Chem.Ref.Data, 1979, 8, p.307.
16. Scofield J.H. At.Data and Nucl.Data Tables, 1974, 14, p.121.
17. Choi B.H., Merzbacher E., Khandelwal G.S. Atomic Data, 1973, 5, p.291.
18. Benka O., Kropf A. At.Data and Nucl.Data Tables, 1978, 22, p.219.
19. Paul H. Nucl.Instr.and Meth., 1982, 192, p.11.
20. Khan M.R., Hopkins A.G., Crumpton D. Z.Phys., 1978, A288, p.133.

21. Chen J.R. Nucl.Instr. and Meth., 1977, 142, p.9.
22. Barros Leite de C.V., Castro Faria de N.V., Pinho de A.G. Phys.Rev., 1977, A15, p.943.
23. Tawara H. et al. Phys.Rev., 1975, A11, p.1560.
24. Bearse R.C. et al. Phys.Rev., 1973, A7, p.1269.
25. Sokhi R.S., Crumpton D. Nucl.Instr.and Meth., 1981, 181, p.5.
26. Kahn J.M., Potter D.L., Worley R.D. Phys.Rev., 1965, 139, p.A1735.
27. Ishii K. et al. Phys.Rev., 1974, A10, p.774.
28. Chang C.N., Morgan J.F., Blatt S.L. Phys.Rev., 1975, A11, p.607.
29. Close A.D. et al. Phys.Rev., 1973, A8, p.1873.
30. Madison D.H. et al. Phys.Rev., 1974, A9, p.675.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 апреля 1984 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D2,4-83-179	Труды XV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Бразевич Я. и др.

P14-84-273

Сечение выхода характеристического рентгеновского излучения L-оболочки при протонном возбуждении

На тонких мишенях Sb, Te, Ho, Ta, W, Pt и Bi измерены энергетические зависимости выхода характеристического рентгеновского излучения для L-оболочки при протонном возбуждении в интервале энергий протонов 1,5-3,8 МэВ. Из приведенных измерений рассчитаны сечения выхода излучения для отдельных его переходов, а также полные сечения выхода для всей оболочки. Полученные результаты сравнивались с расчетами, проведенными по теории ионизации внутренних оболочек частицами, развитой Брантом и Лапидки /теория ECPSSR/^{4,5}, которая описывает кулоновскую ионизацию в формализме PWBA с учетом поправок на изменение энергии связи, поляризации оболочек и релятивистского эффекта для электронов атомов мишени. Учитываются влияние отклонения в кулоновском поле, а также потери энергии для падающей частицы во время столкновения с атомом мишени.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Braziewicz J. et al.

P14-84-273

Proton Induced L-Shell X-Ray Production Cross Sections and Their Ratios

Thin targets Sb, Te, Ho, Ta, W, Pt and Bi elements have been employed and L X-ray yields have been measured as a function of proton energy from 1.5 to 3.8 MeV. From these measurements the individual and total X-ray production cross sections and their ratios have been calculated and compared with the experimental results reported by other authors and with the perturbed stationary state and plane-wave Born approximations with correction for Coulomb-deflection, relativistic and energy-loss effects resulting in the ECPSSR theory of Brandt and Lapicki.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984