

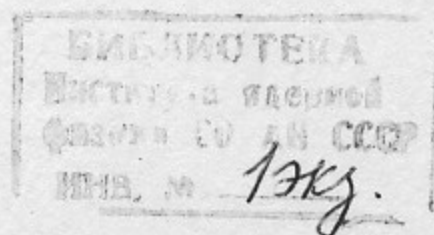
R.12

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

1989

В.А. Кабанник

**ВАРИАНТ ЯДЕРНОГО РЕЗОНАНСНОГО
ФИЛЬТРА ДЛЯ МЕССБАУЭРОВСКОЙ
ДИФРАКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**



ПРЕПРИНТ 89-158



НОВОСИБИРСК

А Н Н О Т А Ц И Я

В работе приводится расчет коэффициентов отражения гамма-квантов от многослойных зеркал, содержащих мессбауэровские изотопы: Fe_{26}^{57} , Ge_{32}^{76} , Sn_{50}^{119} , Zn_{62}^{149} , Eu_{63}^{151} , Dy_{66}^{161} , Tm_{69}^{169} , Ta_{73}^{181} .

Многослойные зеркала с чередующимися слоями: $Fe_{26}^{57} - Fe_{26}^{56}$, $Ge_{32}^{76} - Ge_{32}^{72}$, $Sn_{50}^{119} - Sn_{50}^{118}$, $Zn_{62}^{149} - Zn_{62}^{150}$, $Eu_{63}^{151} - Eu_{63}^{153}$, $Dy_{66}^{161} - Dy_{66}^{162}$, $Tm_{69}^{169} - Tm_{69}^{168}$, $Ta_{73}^{181} - Ta_{73}^{180}$ имеют коэффициент ядерного отражения $K_{отр} \sim 0,4 \div 0,002$, электронное отражение на брэгговских углах $K_{эл} \sim 10^{-4}$. Электронное отражение многослойных зеркал с "просветлением" антиотражающими покрытиями $K_{прос} \sim 10^{-6}$.

Энергетический диапазон в котором отражают многослойные зеркала $\Delta E \sim 10\Gamma \div 1,2\Gamma$ (Γ - ширина ядерного уровня). Приемный угол многослойных зеркал $\Delta\theta \approx 200'' \div 20''$.

Высокие параметры многослойных зеркал хорошо подходят для ядерной фильтрации СИ на различных мессбауэровских изотопах.

В В Е Д Е Н И Е

В работе [1] предлагалось проводить резонансную "ядерную" фильтрацию СИ с помощью полного внешнего отражения на тонких пленках, содержащих мессбауэровский изотоп и на брэгговском отражении от тонких кристаллических пленок. Предполагалось так же, что кристаллографические отражающие плоскости в кристаллической пленке выбраны так, что "электронное" отражение запрещено, а "ядерное" разрешено. Работы [2], [7], [8], [9], [10] подтверждают экспериментально это предположение. В [3], [4], [5], [6] показана возможность резонансной ядерной фильтрации СИ с помощью полного внешнего отражения на зеркале, содержащем мессбауэровский изотоп и покрытом антиотражающей пленкой для "электронного" внешнего отражения на зеркале. В [3], [5], [18], [19], [20], [30] приведены формулы для вычисления "ядерных" коэффициентов отражения от многослойных зеркал. В [5] приводятся коэффициенты отражения для многослойных зеркал $Fe_{26}^{57} - Fe_{26}^{56}$ ($K_{отр} \sim 0,4$; $d = 20\text{Å}$; $d_{Fe_{57}} = 10\text{Å}$; $\Delta E = 4\Gamma$; $K_{эл} = 6 \cdot 10^{-5}$).

В этой работе предлагается проводить "резонансную" "ядерную" фильтрацию СИ, для мессбауэровских изотопов $E_\gamma \leq 25,65\text{кэВ}$, с помощью многослойных зеркал в которых чередуются слои $Fe_{26}^{57} - Fe_{26}^{56}$, $Ge_{32}^{76} - Ge_{32}^{72}$, $Sn_{50}^{119} - Sn_{50}^{118}$, $Zn_{62}^{149} - Zn_{62}^{150}$, $Eu_{63}^{151} - Eu_{63}^{153}$, $Dy_{66}^{161} - Dy_{66}^{162}$, $Tm_{69}^{169} - Tm_{69}^{168}$, $Ta_{73}^{181} - Ta_{73}^{180}$. Приводится конкретный расчет, коэффициенты ядерного отражения, энергетический диапазон, коэффициенты "электронного" отражения на брэгговских углах мессбауэровских гамма-квантов на многослойных зеркалах, с антиотражающими покрытиями и без них.

Мессбауэровские изотопы с большими энергиями переходов требуют источников СИ - накопителей с большими энергиями электронов, ондуляторов с маленькими периодами и так же маленьких углов отражения для многослойных зеркал. Из [28] известно, что существует восемь стабильных мессбауэровских изотопов с энергией перехода $E_\gamma \leq 25,65 \text{ кэВ}$. Кроме Ge_{32}^{78} они все металлы. При комнатной температуре $T = 300 \text{ }^\circ\text{K}$ согласно [2], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29] они имеют параметры, показанные в таблице I. Известно [31], что расщепление мессбауэровской линии зависит от:

$$E_I = \mu_0 \cdot \mu_n \cdot H \cdot m_I + (-1)^{|m_I| + \frac{1}{2}} \cdot \frac{e \cdot g \cdot Q}{4}$$

для g - градиента электрического поля (ГЭП) на ядре параллельном H - магнитному полю на ядре. Где: E_I - величина расщепления μ_0 - гиромангнитное отношение; μ_n - ядерный магнетон; H - напряженность магнитного поля; m_I - проекция магнитного момента на $\vec{z} \parallel \vec{H}$; e - заряд электрона; g - градиент электрического поля; Q - проекция квадрупольного момента на ось $\vec{z} \parallel \vec{H}$.

В кубических ячейках кристаллов Fe-K1 , Ge-K4 , Sn-K4 , Eu-K1 , Ta-K1 и в гексогональном Zn-N1 градиент электрического поля равен нулю и квадрупольное расщепление отсутствует. Магнитное поле $H = 0$ на ядрах в металлах: Sn , Zn , Eu , Dy , Ta и в кристалле Ge при $T = 300 \text{ }^\circ\text{K}$, поэтому при $T = 300 \text{ }^\circ\text{K}$ все эти элементы кроме Fe и Zn имеют нерасщепленную мессбауэровскую линию. При расчетах не будем учитывать изомерный сдвиг и уширения мессбауэровской линии из-за неоднородностей, связанных с примесями и дефектами структуры. (Интегральная интенсивность отражения не зависит от уширения). Будем считать, что содержание

мессбауэровского изотопа в слое $\rho \sim 100\%$ и многослойное зеркало не имеет разброса по толщине в слое. Учитывая эти особенности мы рассмотрим многослойные зеркала из чистых мессбауэровских элементов при комнатной температуре. (Окислы и другие соединения с мессбауэровскими элементами имеют во много раз больше фактор Лемба-Мессбауэра, чем для чистых мессбауэровских элементов при комнатной температуре. Даже при $T \sim 100 \text{ }^\circ\text{K}$ для чистых элементов фактор Лемба-Мессбауэра значительно больше, чем при $T \sim 300 \text{ }^\circ\text{K}$). Если рассматривать другие варианты, то можно иметь лучшие параметры многослойных зеркал!

"Электронное" отражение от многослойных зеркал

Для расчета коэффициента отражения плоской волны гамма-квантов от многослойного зеркала, состоящего из чередующихся слоев разных материалов в зависимости от угла скольжения, возьмем рекуррентную формулу (I) из работы [12]:

$$R_{j,j+1} = a_j^4 \frac{R_{j+1,j+2} + F_{j,j+1}}{R_{j+1,j+2} \cdot F_{j,j+1} + 1} \quad (I)$$

где $a_j = e^{-i \frac{\pi}{\lambda} g_j d_j}$ $R_{j,j+1} = a_j^2 \cdot F_{j,j+1}$

Для σ поляризованных гамма-квантов коэффициенты Френеля:

$$F_{j,j+1} = \frac{g_j - g_{j+1}}{g_j + g_{j+1}}$$

Для π поляризованных гамма-квантов коэффициенты Френеля:

$$F_{j,j+1} = \frac{g_j/n_j^2 - g_{j+1}/n_{j+1}^2}{g_j/n_j^2 + g_{j+1}/n_{j+1}^2}$$

где d_j - толщина j -го слоя;

$$g_j = (n_j^2 - \cos^2 \theta)^{\frac{1}{2}}$$

$$n_j = 1 - \delta_j - i\beta_j \quad (2)$$

- показатель преломления вещества в j -ом слое многослойного зеркала для данной энергии гамма-квантов. θ - угол скольжения под которым плоская волна гамма-квантов падает на многослойное зеркало.

Учитывая граничные условия для R_n, R_1 и g_1, g_n , из (1) получается коэффициент отражения для многослойного зеркала:

$$(3) \quad \frac{I(\theta)}{I_0} = (R_{1,2})^2$$

$$(4) \quad \delta_j + i\beta_j = \frac{N_j \lambda^2}{2\pi} (f_{e_j}(0) + f_{g_j}(0)) \quad [2]$$

Амплитуда рассеяния гамма-квантов на атоме: (5)

$$(5) \quad f_e = (Z + \Delta f) r_0 + i \frac{m}{2N\lambda} \quad [14]$$

N - число атомов в 1 см^3 ; Z - атомный номер вещества;
 Δf - аномальная атомная амплитуда рассеяния; m - линейный коэффициент поглощения гамма-квантов на атомах в веществе;

r_0 - классический радиус электрона; λ - длина волны гамма-кванта.

Если энергия гамма-квантов падающих на многослойное зеркало расположена достаточно далеко от ядерного уровня или в веществах, составляющих многослойное зеркало отсутствует мессбауэровский изотоп, то $f_g = 0$.

Подставляя (5), (4) в (3) получим для этого случая кривые качания многослойного зеркала различных пар веществ: Fe - Au, Ge - Au, Zn - Au, Sm - Au, Eu - Au, Dy - Au, Tm - Au, Ta - Au, Fe - C, Ge - C, Zn - C, Sm - C, Eu - C, Dy - C, Tm - C, Ta - C для мессбауэровских энергий гамма-квантов приведены на рис. 1-8.

Из рисунков видно, что такие многослойные зеркала обладают высоким коэффициентом отражения при достаточно большом брегговском угле скольжения $\theta_B \sim 1^\circ$ в этом диапазоне энергий. После изготовления многослойных зеркал и их проверки следует перейти на изготовление многослойных зеркал с парами: Fe⁵⁶ - Fe⁵⁷, Ge⁷² - Ge⁷³, Sn¹¹⁸ - Sn¹¹⁹, Sm¹⁵⁰ - Sm¹⁴⁹, Eu¹⁵³ - Eu¹⁵¹, Dy¹⁶² - Dy¹⁶¹, Tm¹⁶⁸ - Tm¹⁶⁷, Ta¹⁸⁰ - Ta¹⁸¹.

"Просветление" - антиотражающие покрытия.

Если в (3) подставить слои Fe⁵⁶ - Fe⁵⁶, Ge⁷² - Ge⁷², Sn¹¹⁸ - Sn¹¹⁸, Sm¹⁵⁰ - Sm¹⁵⁰, Eu¹⁵³ - Eu¹⁵³, Dy¹⁶² - Dy¹⁶², Tm¹⁶⁸ - Tm¹⁶⁸, Ta¹⁸⁰ - Ta¹⁸⁰, то мы получим кривые качания полного внешнего "электронного" отражения на зеркале рис. 9 - 16 - а.

На брегговских углах "электронное" отражение составит $K_{\text{электр}} \sim 10^{-4}$.

Для уменьшения $K_{\text{электр}}$ необходимо сделать на многослойных зеркалах антиотражающие покрытия [3], [4]. Сначала слой тяжелого элемента Fe или Ni, а потом слой Al и сверху слой C.

На рис. 9 - 16 - б показаны кривые качания электронного отражения многослойных зеркал с антиотражающими покрытиями.

$K_{\text{электр}}$ - на брегговских углах для многослойных зеркал с антиотражающим покрытием уменьшается на несколько порядков. $K_{\text{пр}} \sim 10^{-6}$.

Точность напыления антиотражающих покрытий $\Delta t = \pm 0,5 \text{ \AA}$.

Амплитуда когерентного рассеяния на и коэффициенты отражения от многослойных зеркал

Амплитуда рассеяния гамма-квантов на ядре (магнитный дипольный переход) для фотонов с круговой поляризацией приведена в [10], [30].

$$(6) f_{m,m'} = \sum_{m_0, m} \frac{3}{2} D_{m,m'}^{(1)}(\hat{k}_f, \hat{z}) D_{m,m}^{(1)}(\hat{k}_0, \hat{z}) C^2(j_0, j_1; m_0, m) \times \frac{\Gamma_i \cdot e^{-k_0^2 \langle x^2 \rangle}}{2 K_0 [E_{K_0} - E_R(m_0, m_0 + m) + i \Gamma/2]}$$

где $f_{m,m'} = e^{-k_0^2 \langle x^2 \rangle}$ - вероятность эффекта Мессбауэра;
 m - круговая поляризация налетающих фотонов; m' - круговая поляризация рассеянных фотонов; \hat{k}_0, \hat{k}_f - волновой вектор начального и рассеянного гамма-кванта на ядре.; \hat{z} - единичный вектор в направлении наложенного внешнего магнитного поля;
 $D_{m,m}^{(1)}(\hat{k}_f, \hat{z})$ - тензор конечных вращений [13];
 j_0, j_1 - момент ядра в основном и возбужденном состоянии;
 Γ - ширина ядерного уровня; Γ_i - полная ширина ядерного уровня с учетом конверсионных электронов; E_{K_0}, E_R - энергия основного и возбужденного состояния ядра; $C(j_0, j_1; m_0, m)$ - коэффициенты Клебша [13]; m_0 - спин ядра в основном состоянии;
 $m = m_1 - m_0$ - разность проекций момента возбужденного и основного состояния ядра на ось \hat{z} .

Для расчета коэффициента отражения от "ядерных" многослойных зеркал $Fe^{56} - Fe^{57}$ нужна амплитуда ядерного когерентного рассеяния на нулевой угол θ поляризованных гамма-квантов, для магнитного поля параллельного плоскости рассеяния и плоскости зеркала.

Приведем матрицу (6) к диагональному виду, учитывая направление магнитного поля, поляризацию гамма-квантов и угол отражения получим:

$$(7) f_{\pm}(\theta) = \frac{1}{2} (f_{11} + f_{-11} + f_{1-1} + f_{-1-1})$$

где $f_{\pm} \pm 1 \pm 1$ из (6)

Тензор конечных вращений:

$$(8) D_{m,m'}^{(1)}(\alpha, \beta, \gamma) = e^{im\alpha} d_{m,m'}^{(1)}(\beta) e^{-im\alpha} \quad [13]$$

становится единичной матрицей.

α, β, γ - углы поворота в сферической системе координат.

$$(9) f_{\pm}(\theta) = A \sum_{m,m'} \frac{C^2(j_0, j_1; m_0, m)}{[E_R(m, m_0 + m) - E_{K_0} - i] \Gamma/2} = A \sum \frac{C^2}{[x - i]}$$

$$\text{где } A = \frac{\Gamma_i e^{-k_0^2 \langle x^2 \rangle}}{2(2j_0 + 1) \Gamma K_0} = \frac{\sigma_0 \cdot f_{a-m}}{2(j_1 + 1) \cdot \lambda}$$

$$\sigma_0 = \frac{(2j_1 + 1) \lambda^2}{(2j_0 + 1)(1 + \alpha) 2\pi} \quad \text{- сечение ядерного поглощения в веществе}$$

$$x = \frac{2(E_R - E_{K_0})}{\Gamma}$$

Для вычисления коэффициента отражения от многослойного зеркала с чередующимися слоями $Fe^{56} - Fe^{57}$ поляризованных гамма-квантов при угле скольжения $\theta_{отр.} = \theta_v$ в зависимости от энергии гамма-квантов $E_{K_0} = E_{\gamma}^0 + \frac{v}{c} E_{\gamma}^0$ необходимо (5) и (9) подставить в (4) и (3) $E_{\gamma}^0 = 14,4125 \text{ кэВ}$, c - скорость света, v - скорость движения вибратора в (мм/с).

В таблице 2 для многослойных зеркал $Fe^{56} - Fe^{57}$, а на рис. 17 и в таблице 3 для многослойных зеркал $Fe^{56} - Fe^{57}$ с антиотражающим покрытием показаны: вычисленные коэффициенты отражения, энергетический и угловой диапазон для плоской волны гамма-квантов с поляризацией θ в зависимости от энергии гамма-квантов $E_{\gamma} = E_{\gamma}^0 + \frac{v}{c} E_{\gamma}^0$ и различного числа пар слоев. Период $d = 15 \text{ \AA}$, толщина $Fe^{57} d_1 = 5 \text{ \AA}$, толщина $Al d_2 = 19 \text{ \AA}$, толщина $C d_3 = 19 \text{ \AA}$. Магнитное поле направлено параллельно плоскости рассеяния гамма-квантов и параллельно плоскости многослойного зеркала.

Амплитуда когерентного рассеяния на $Ge^{73}, Sn^{119}, Sm^{149}, Eu^{151}, Dy^{161}, Tm^{169}, Ta^{181}$ и Fe^{57} в немагнитных материалах.

Магнитное поле на ядре отсутствует, когда атомы железа или

других мессбауэровских элементов находится в немагнитных материалах. Для Fe^{57} это "нержавейка", сплав $AlFe$, кристаллы $KFeF_3$, $FeGe$, красная или желтая кровеная соль и т.д. Для Zn^{119} это металлическое олово, окись олова - касситерит и т.д.

Амплитуда когерентного рассеяния, для круговой поляризации гамма-квантов, на ядре на нулевой угол принимает вид [11], [30]:

$$(10) f_{mm'} = \frac{(2j_1+1)d_{mm'}(k_1 k_0) \cdot \Gamma_i e^{-k_0^2 \langle x^2 \rangle}}{(2j_0+1) \cdot 4K_0 [E_{k_0} - E_R + \frac{i\Gamma}{2}]}$$

учитывая (7):

$$(11) f_{66} = \frac{A'}{[\frac{E_R - E_{k_0}}{\Gamma/2} - i]} = \frac{A'}{[x - i]}$$

где $A = \frac{(2j_1+1) \cdot \Gamma_i \cdot e^{-k_0^2 \langle x^2 \rangle}}{(2j_0+1) \cdot 2 \cdot K_0 \cdot \Gamma} = \frac{60 \cdot \mu - m}{2 \cdot \lambda}$

$$x = \frac{2(E_R - E_{k_0})}{\Gamma}$$

Для вычисления коэффициента отражения от многослойного зеркала с чередующимися слоями $Ge^{72} - Ge^{73}$, $Zn^{118} - Zn^{119}$ и т.д. гамма-квантов падающих под углом скольжения $\theta_{отр.} = \theta$ в зависимости от энергии гамма-квантов $E_{k_0} = E_\gamma^0 + \frac{v}{c} E_\gamma^0$ необходимо (5), (11) подставить в (4), (3).

В таблице 2 для многослойных зеркал, а на рис. 18 - 24 и в таблице 3 для многослойных зеркал с антиотражающим покрытием показаны: вычисленные коэффициенты отражения, энергетический и угловой диапазон для плоской волны гамма-квантов с поляризацией σ в зависимости от энергии гамма-квантов $E_\gamma = E_\gamma^0 + \frac{v}{c} E_\gamma^0$ и различного числа пар слоев.

В таблице 3 приведены: I_M - интенсивности в фокусе фокусирующего монохроматора после поворотного магнита в накопителе ($E_e = 2,2$ Гэв, $N_M = 20$ кгс, $\ell = 910$ см, $I_e = 1$ ма, $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \sim 1$) [16]. Если не учитывать приемные углы, то:

$I_M \cdot K^2 \cdot \frac{\Delta E}{E}$ - интенсивность фокусирующего монохроматора после двух "ядерных" отражений от многослойных зеркал с антиотражающим покрытием. $I_M \cdot 10^{-4} \cdot \Phi^2$ - интенсивность фокусирующего монохроматора, после двух "электронных" отражений от многослойных зеркал с антиотражающим покрытием. I_0 - интенсивности из специализированных ондуляторов на накопителе ($E_e = 6$ Гэв, $I_e = 1$ ма, $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \sim 1$) [16]. $I_0 \cdot K^2 \cdot \frac{\Delta E}{E}$ - интенсивность из специализированных ондуляторов после двух "ядерных" отражений от многослойных зеркал с антиотражающим покрытием. $I_0 \cdot 10^{-4} \cdot \Phi^2$ - интенсивность из специализированных ондуляторов после двух "электронных" отражений от многослойных зеркал с антиотражающим покрытием.

ВЫВОДЫ

Цель этой работы рассмотреть качественно возможность осуществления мессбауэровской дифракции на СИ изотопов с $E_\gamma \leq 25,65$ кэв. Конечно, каждый мессбауэровский элемент будет требовать большой и тщательной работы по оптимизации рентгеновской и ядерной оптики на СИ. Из таблицы 3 и [16] видно, что уже просто из фокусирующего монохроматора, поставленного на накопитель после поворотного магнита ($E_e = 2,2$ Гэв, $N_M = 20$ кгс, $I_e = 1$ ма) и двух отражений от "ядерных" многослойных зеркал с антиотражающим покрытием мы можем иметь достаточную скорость счета $I_0 \div 50$ Гц, чтобы зарегистрировать энергетический дифракционный мессбауэровский спектр почти на всех рассмотренных изотопах. Скорость счета после двух "ядерных" отражений больше скорости счета после двух "электронных" отражений от многослойных зеркал с антиотражающим покрытием, на некоторых изотопах, даже на два порядка. Очевидно, что "электронный фон" в спектральном диапазоне уменьшится при измерении временной задержки гамма-квантов в "ядерном" многослойном зеркале [32]. Маленькие

размерн сфокусированного монохроматического пучка СИ:

$2b_x \approx 0,6 + 0,9$ мм, $2b_y \approx 2 + 4$ мм не потребуют больших размеров "ядерных" многослойных зеркал $\sim 40 \times 50$ мм².

Борьба за уменьшение "электронного фона" от многослойных зеркал потребует изготовление "ядерных" многослойных зеркал с малым периодом $d \sim 20$ Å и обязательное использование антиотражающих покрытий.

Использование специализированных ондуляторов увеличит интенсивность и при добавлении еще "ядерных" отражений уменьшит фон, но это потребует привязать работу накопителя к этой работе более жестко.

Из изложенного выше можно заключить, что многослойные зеркала с чередующимися слоями из одного элемента, мессбауэровского и не мессбауэровского изотопа имеют преимущества по сравнению с "ядерными" кристаллами – высокий коэффициент отражения и большой приемный угол (акцептанс). Появляется также большая возможность, почти без изменения интенсивности полезных квантов и увеличения фона, перейти на другие мессбауэровские изотопы и тем самым открыть постановку экспериментов с другими элементами по мессбауэровской дифракции на СИ.

В этой работе не рассматривались временные задержки при дифракции гамма-квантов на "ядерных" резонансных фильтрах. Изменение времени открывает еще более широкий класс экспериментов по мессбауэровской дифракции на СИ. Процессы, которые происходят в таких резонансных фильтрах во времени, будут рассмотрены позже.

Автор выражает благодарность Скринскому А.Н., Кулипанову Г.Н. за поддержку и внимание к этой работе.

ЛИТЕРАТУРА

- I. У.Ф.Н. т. I22 вып. 3 стр. 369–418, 1977, Г.Н.Кулипанов, А.Н.Скринский.
2. Physical Review v.I32, № 4, P. I625–I633, 1963
S.Bernstein and E.C.Campbell.
3. Physical Review B v.32 № 8 P. 5068–5080, 1985
J.P.Hannon, N.V.Hung, G.T.Trammel, E.Gerdau, M.Mueller, R.Rüffer, H.Winkler.
4. Physical Review B v.32 № 8 P. 5081–5092, 1985
J.P.Hannon, N.V.Hung, G.T.Trammel, E.Gerdau, M.Muller, R.Ruffer, H.Winkler.
5. Physical Review B v.32 № 10 P. 6363–6373, 1985
J.P.Hannon, G.T.Trammel, M.Mueller, E.Gerdau, R.Ruffer, H.Winkler.
6. Physical Review B v.32 № 10 P. 6374–6384, 1985
J.P.Hannon, G.T.Trammel, M.Mueller, E.Gerdau, R.Ruffer, H.Winkler.
7. Nuclear Instruments and Methods v.I52
P. 235, 1978, A.N.Artemev, V.A.Kabannik, G.N.Kulipanov, E.A.Meleshko, V.V.Sklyarevskiy, A.N.Skrinsky, E.P.Stepanov, V.E.Khlestop, A.I.Chechin.
8. Physical Review Letters v.54, № 8, P. 835–838, 1985
E.Gerdau, R.Ruffer, H.Winkler, W.Tolksdorf, C.P.Klages, J.P.Hannon.
9. Physical Review Letters v.57 № 9 P. II4I–II44, 1986
E.Gerdau, R.Ruffer, R.Hollatz, J.P.Hannon
10. SSRP P. 66, 1986, D.P.Siddons, J.B.Hastings, G.Faigel
- II. Physical Review v.I26, № 3, 1962, P. I045–I054
G.T.Trammel

12. A i P Conference Proceedings N 75, P.170-178, 1981
J.H.Underwood, T.W.Barbee.
13. Квантовая механика. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. М. 1974,
стр. 253-258.
14. Физика рентгеновских лучей. М.А.Блохин. М., 1957.
15. Теория поля. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. М., 1967.
16. "Вариант фокусирующего монохроматора для экспериментов
по возбуждению ядерных уровней изотопов с использованием синхро-
тронного излучения". В.А.Кабанник.
17. Рентгеновская оптика и микроскопия под ред. Г.Шмая и
Д.Рудольфа. М., 1987.
18. Мессбауэровская гамма-оптика. М.А.Андреева, Р.Н.Кузьмин.
М., Изд-во МГУ, 1982.
19. Поверхность. Физика, химия, механика. № 4, стр.5, 1985.
М.А.Андреева, С.Ф.Борисова, С.А.Степанов.
20. Известия Академии наук СССР серия физическая т.50, № 12,
стр. 2378 - 2385, 1986. М.А.Андреева, С.Ф.Борисова.
21. Physical Review Letters v.12, N 10, P.512-514. 1974.
R.S.Raghavan and Loren Pfeiffer.
22. ЖЭТФ, 46, стр.1960, 1964. В.Г.Шапиро, В.С.Шпинель.
23. Phys. Rev. 137, A627-A638, 1965
S.Ofer, E.Segal, I.Nowik, E.R.Bauminger, L.Grodzins, A.J.Freemen,
M.Schieber.
24. Physical Review 131, N 1, P.123-127, 1963
P.H.Barrett and D.A.Shirley.
25. Phys. Rev. v.138, A241-A246, 1965
S.Ofer, M.Rakavy, E.Segal and B.Khurgin.
26. Zeitschrift für Physik, B210, с.361-379, 1968
F.E.Wagner.
27. Phys. Rev. B v.8, N 5, P.1912-1923, 1973 G.Kaindl, D.Sa-
lomon, G.Wortmann.

28. Таблицы физических величин. Справочник под редакцией
И.К.Кикоина стр. 874 - 883. Москва - Атомиздат, 1976.

29. Химические применения мессбауэровской спектроскопии.
М., 1970 под редакцией В.И.Гольданского, Л.М.Кржановского,
В.В.Храпова.

30. Дифракционная оптика периодических сред сложной струк-
туры. В.А.Беляков, М., Наука, 1988.

31. Резонанс гамма-лучей в кристаллах. В.С.Шпинель, М.,
Наука, 1969

32. Быстрые детекторы для регистрации гамма-квантов в диа-
пазоне 6 - 20 кэв. В.А.Кабанник, В.И.Кузнецов, В.И.Фомин, пре-
принт ИЯФ, 1979.

Таблица 1.

ПАРАМЕТРЫ МЕССБАУЭРОВСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ $T = 300 \text{ }^\circ\text{K}$, ИСПОЛЬЗУЕМЫХВ ДАННОЙ РАБОТЕ. ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В ВЕЩЕСТВЕ: $n = 1 - [\delta_e + i\beta_e + \frac{A'_M}{(x-1)}]$

$$A'_M = \frac{N \cdot \lambda^2 \cdot A'}{2\pi} = \frac{N \cdot \lambda^2 \cdot \sigma_0 \cdot f_{\lambda-m}}{2\pi \cdot 2\lambda} \quad x = \frac{2(E_\gamma - E_{K\alpha})}{\Gamma} \quad N - \text{КОЛИЧЕСТВО АТОМОВ В СМ}^3$$

Мессб. изотоп	E_γ КЭВ	λ А°	Γ мм/с	Γ/E_γ	σ_0 см ²	$f_{\lambda-m}$	δ_e	β_e	$\theta_c = \sqrt{2 \cdot \delta}$ в(град)	A'_M
⁵⁷ Fe ₂₆	14,4125	0,86	0,09713	$3,23 \cdot 10^{-13}$	$2,38 \cdot 10^{-18}$	0,7619	$7,201 \cdot 10^{-6}$	$3,469 \cdot 10^{-7}$	0,2174	$1,056 \cdot 10^{-4}$
⁷³ Ge ₃₂	13,3	0,93	0,0035	$1,25 \cdot 10^{-14}$	$7,5 \cdot 10^{-21}$	0,8102	$5,505 \cdot 10^{-6}$	$5,143 \cdot 10^{-7}$	0,1901	$1,987 \cdot 10^{-7}$
¹¹⁹ Sn ₅₀	23,875	0,519	0,311	$1,038 \cdot 10^{-12}$	$1,32 \cdot 10^{-18}$	0,0669	$2,075 \cdot 10^{-6}$	$4,066 \cdot 10^{-8}$	0,1167	$1,349 \cdot 10^{-6}$
¹⁴⁹ Sm ₆₂	22,0	0,56	0,818	$2,72 \cdot 10^{-12}$	$3,888 \cdot 10^{-19}$	0,173	$2,694 \cdot 10^{-6}$	$1,095 \cdot 10^{-7}$	0,1330	$9,288 \cdot 10^{-7}$
¹⁵¹ Eu ₆₃	21,6	0,57	0,7195	$2,4 \cdot 10^{-12}$	$2,33 \cdot 10^{-19}$	0,197	$1,877 \cdot 10^{-6}$	$8,343 \cdot 10^{-8}$	0,1110	$4,362 \cdot 10^{-7}$
¹⁶¹ Dy ₆₆	25,65	0,48	0,1858	$6,19 \cdot 10^{-13}$	$1,062 \cdot 10^{-18}$	0,134	$2,131 \cdot 10^{-6}$	$1,646 \cdot 10^{-7}$	0,1183	$1,744 \cdot 10^{-6}$
¹⁶⁹ Tm ₆₉	8,41	1,47	4,17	$1,39 \cdot 10^{-11}$	$2,122 \cdot 10^{-19}$	0,824	$2,169 \cdot 10^{-5}$	$1,396 \cdot 10^{-6}$	0,3774	$6,829 \cdot 10^{-6}$
¹⁸¹ Ta ₇₃	6,25	1,98	0,00321	$1,073 \cdot 10^{-14}$	$1,702 \cdot 10^{-18}$	0,9916	$6,936 \cdot 10^{-5}$	$8,137 \cdot 10^{-6}$	0,6748	$1,425 \cdot 10^{-4}$

Таблица 2

КОЭФФИЦИЕНТЫ ОТРАЖЕНИЯ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ И УГЛОВОЙ ДИАПАЗОН

МНОГОСЛОЙНЫХ ЗЕРКАЛ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ N_p - ЧИСЛО ПАР СЛОЕВ(d - период, d_M - толщина мессбауэровского изотопа)

Мессб. изотоп	E_γ КЭВ	d А°	d_M А°	$N_p = 30$ пар слоев		$N_p = 60$ пар слоев		$N_p = 100$ пар слоев				
				$K_{отр.}$	$\Delta E/E$	$K_{отр.}$	$\Delta E/E$	$K_{отр.}$	$\Delta E/E$			
⁵⁶ Fe ₂₆ - ⁵⁷ Fe ₂₆	14,4125	15	5	0,136	$1,43 \cdot 10^{-12}$	102	0,243	$2 \cdot 10^{-12}$	62,1	0,304	$2,77 \cdot 10^{-12}$	50,4
⁷² Ge ₃₂ - ⁷³ Ge ₃₂	13,3	40	23	0,0019	$6,58 \cdot 10^{-14}$	51,5	0,003	$4,59 \cdot 10^{-14}$	42,0	0,0036	$3,96 \cdot 10^{-14}$	40,9
¹¹⁹ Sn ₅₀ - ¹¹⁹ Sn ₅₀	23,875	18	7	0,021	$1,1 \cdot 10^{-12}$	47,3	0,055	$1,26 \cdot 10^{-12}$	25,1	0,095	$1,56 \cdot 10^{-12}$	16,7
¹⁵⁰ Sm ₆₂ - ¹⁴⁹ Sm ₆₂	22,0	25	10	0,0078	$5,32 \cdot 10^{-12}$	37,3	0,021	$5,32 \cdot 10^{-12}$	20,1	0,036	$5,86 \cdot 10^{-12}$	13,3
¹⁵¹ Eu ₆₃ - ¹⁵¹ Eu ₆₃	21,6	26	10	0,0069	$2,69 \cdot 10^{-12}$	38,5	0,02	$2,54 \cdot 10^{-12}$	22,3	0,036	$2,75 \cdot 10^{-12}$	17,1
¹⁶² Dy ₆₆ - ¹⁶¹ Dy ₆₆	25,65	20	7	0,046	$7,73 \cdot 10^{-13}$	40,3	0,098	$9,45 \cdot 10^{-13}$	23,2	0,135	$1,24 \cdot 10^{-12}$	17,6
¹⁶⁹ Tm ₆₉ - ¹⁶⁹ Tm ₆₉	8,41	26	10	0,024	$1,46 \cdot 10^{-11}$	108,7	0,048	$1,67 \cdot 10^{-11}$	74,8	0,063	$1,96 \cdot 10^{-11}$	69,2
¹⁸⁰ Ta ₇₃ - ¹⁸¹ Ta ₇₃	6,25	19	5	0,159	$1,95 \cdot 10^{-14}$	225	0,19	$2,77 \cdot 10^{-14}$	184	0,195	$3,29 \cdot 10^{-14}$	180

Таблица 3

ПАРАМЕТРЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ЗЕРКАЛ С
АНТИОТРАЖАЮЩИМ ПОКРЫТИЕМ

Мессбауэровский изотоп	E_γ (кэВ)	Период мног. зерк. в (А)	Толщина мессб. изотопа а (А)	Число периодов	Толщина Ni или Fe в (А°)	Толщина Al в (А°)	Толщина C в (А°)	К	коэффициент ядерн. отраж.	Ф	коэффициент электр. отраж.	ΔЕВГ
$^{57}\text{Fe}-^{56}\text{Fe}$	14,41	15	5	100	0	19	19	0,304			$2,18 \cdot 10^{-6}$	8,58
$^{75}\text{Ge}-^{72}\text{Ge}$	13,3	40	23	100	0	11,4	11,4	$1,9 \cdot 10^{-3}$			$7,6 \cdot 10^{-9}$	1
$^{119}\text{Sn}-^{118}\text{Sn}$	23,87	18	7	100	0	23	23	0,095			$7,14 \cdot 10^{-7}$	1,48
$^{149}\text{Sm}-^{150}\text{Sm}$	22,0	25	10	100	6 Fe	12	24	0,036			$4,44 \cdot 10^{-7}$	2,15
$^{151}\text{Eu}-^{153}\text{Eu}$	21,6	26	10	100	0	19,7	19,7	0,037			$1,22 \cdot 10^{-6}$	1,1
$^{161}\text{Dy}-^{162}\text{Dy}$	25,65	20	7	100	0	15	15	0,135			$4,7 \cdot 10^{-6}$	1,95
$^{163}\text{Tm}-^{168}\text{Tm}$	8,41	26	10	100	6 Fe	12	24	0,064			$1,82 \cdot 10^{-6}$	1,39
$^{181}\text{Ta}-^{180}\text{Ta}$	6,25	19	5	100	11,87 Ni	23,75	47,5	0,202			$9,23 \cdot 10^{-7}$	2,96

Таблица 3 а. Продолжение

ИНТЕНСИВНОСТИ И ФОН ОТРАЖЕННЫХ ГАММА-КВАНТОВ ОТ ДВУХ МНОГОСЛОЙНЫХ ЗЕРКАЛ С АНТИОТРАЖАЮЩИМ ПОКРЫТИЕМ, ПОСТАВЛЕННЫХ В ФОКУСЕ ФОКУСИРУЮЩЕГО МОНОХРОМАТОРА, ПОСЛЕ ПОВОРОТНОГО МАГНИТА В НАКОПИТЕЛЕ ($E_e = 2,2$ ГэВ, $H_M = 20$ кгс, $I_e = 1$ ма) И ИЗ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ОНДУЛЯТОРОВ НА НАКОПИТЕЛЕ С $E_e = 6$ ГэВ, $I_e = 1$ ма.

I_M - интенсивность фокусирующего монохроматора; I_0 - интенсивность специализированного ондулятора

Мессб. изотоп	$\Delta E/E$	$\Delta \theta$ в (сек)	$I_M \cdot 10^{-4}$	$I_M \cdot K^2 \Delta E/E$	$I_M \cdot 10^{-4} \cdot \Phi^2$	$I_0 \cdot 10^{-4}$	$I_0 \cdot K^2 \Delta E/E$	$I_0 \cdot 10^{-4} \cdot \Phi^2$
$^{57}\text{Fe}-^{56}\text{Fe}$	$2,77 \cdot 10^{-12}$	50,4	$1,95 \cdot 10^9$	5,0	$9,29 \cdot 10^{-3}$	$1,07 \cdot 10^{11}$	274	0,51
$^{75}\text{Ge}-^{72}\text{Ge}$	$1,25 \cdot 10^{-14}$	21,0	$2,2 \cdot 10^9$	$9,5 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$9,7 \cdot 10^{10}$	$4,16 \cdot 10^{-5}$	$5,66 \cdot 10^{-6}$
$^{119}\text{Sn}-^{118}\text{Sn}$	$1,54 \cdot 10^{-12}$	21,9	$2,87 \cdot 10^8$	0,0398	$1,46 \cdot 10^{-4}$	$1,97 \cdot 10^{10}$	2,73	0,01
$^{149}\text{Sm}-^{150}\text{Sm}$	$5,84 \cdot 10^{-12}$	13,1	$3,55 \cdot 10^8$	0,0272	$7,0 \cdot 10^{-5}$	$1,82 \cdot 10^{10}$	1,39	$3,59 \cdot 10^{-3}$
$^{151}\text{Eu}-^{153}\text{Eu}$	$2,64 \cdot 10^{-12}$	16,9	$4,0 \cdot 10^8$	0,0141	$5,95 \cdot 10^{-4}$	$1,78 \cdot 10^{10}$	0,628	0,0265
$^{161}\text{Dy}-^{162}\text{Dy}$	$1,21 \cdot 10^{-12}$	21,3	$2,17 \cdot 10^8$	0,0479	$4,79 \cdot 10^{-3}$	$2,12 \cdot 10^{10}$	4,68	0,468
$^{163}\text{Tm}-^{168}\text{Tm}$	$1,93 \cdot 10^{-11}$	44,2	$1,65 \cdot 10^9$	1,32	$5,46 \cdot 10^{-3}$	$5,79 \cdot 10^{10}$	46,3	0,192
$^{181}\text{Ta}-^{180}\text{Ta}$	$3,17 \cdot 10^{-14}$	142	$1,28 \cdot 10^9$	0,0166	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{11}$	1,62	0,107

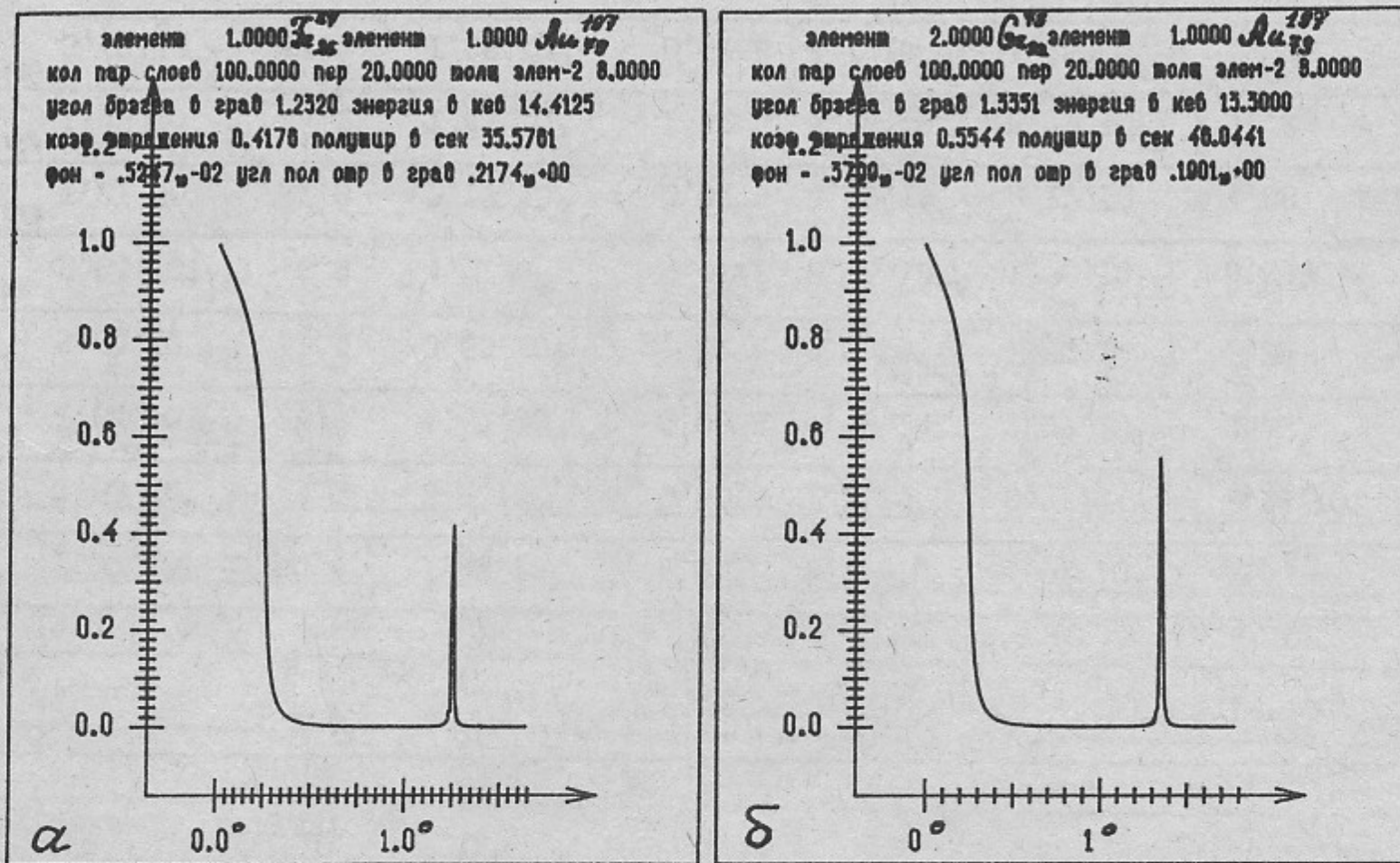


Рис. 1. а) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 14,4125$ кэв, поляризацией ζ отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Fe - 12 \text{ \AA}$, $Au - 8 \text{ \AA}$; б) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 13,3$ кэв, поляризацией ζ отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Ge - 12 \text{ \AA}$, $Au - 8 \text{ \AA}$.

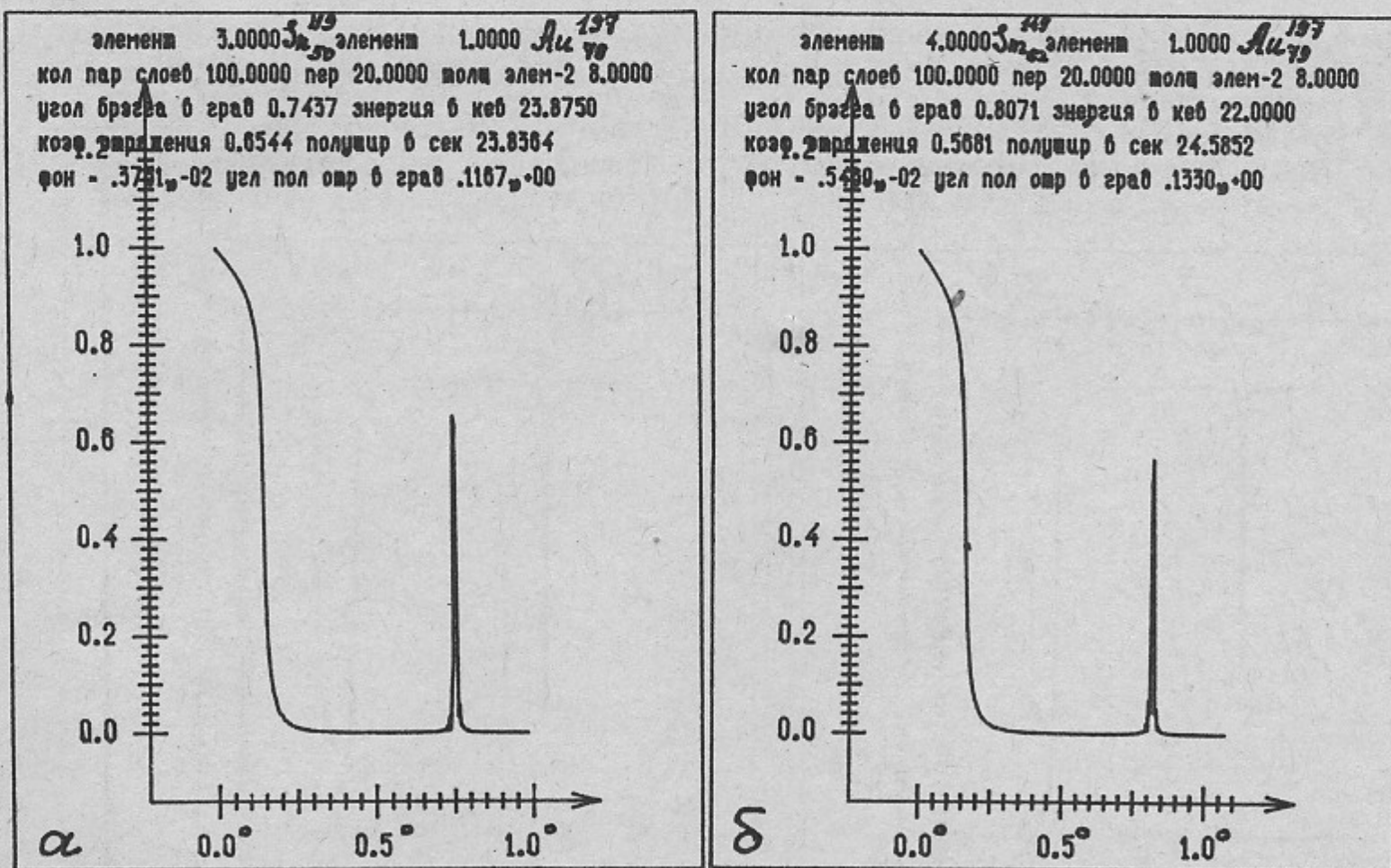


Рис. 2. а) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 23,875$, поляризацией ζ отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Sn - 12 \text{ \AA}$, $Au - 8 \text{ \AA}$; б) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 22$ кэв, поляризацией ζ отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев, толщина $Sn - 12 \text{ \AA}$, $Au - 8 \text{ \AA}$.

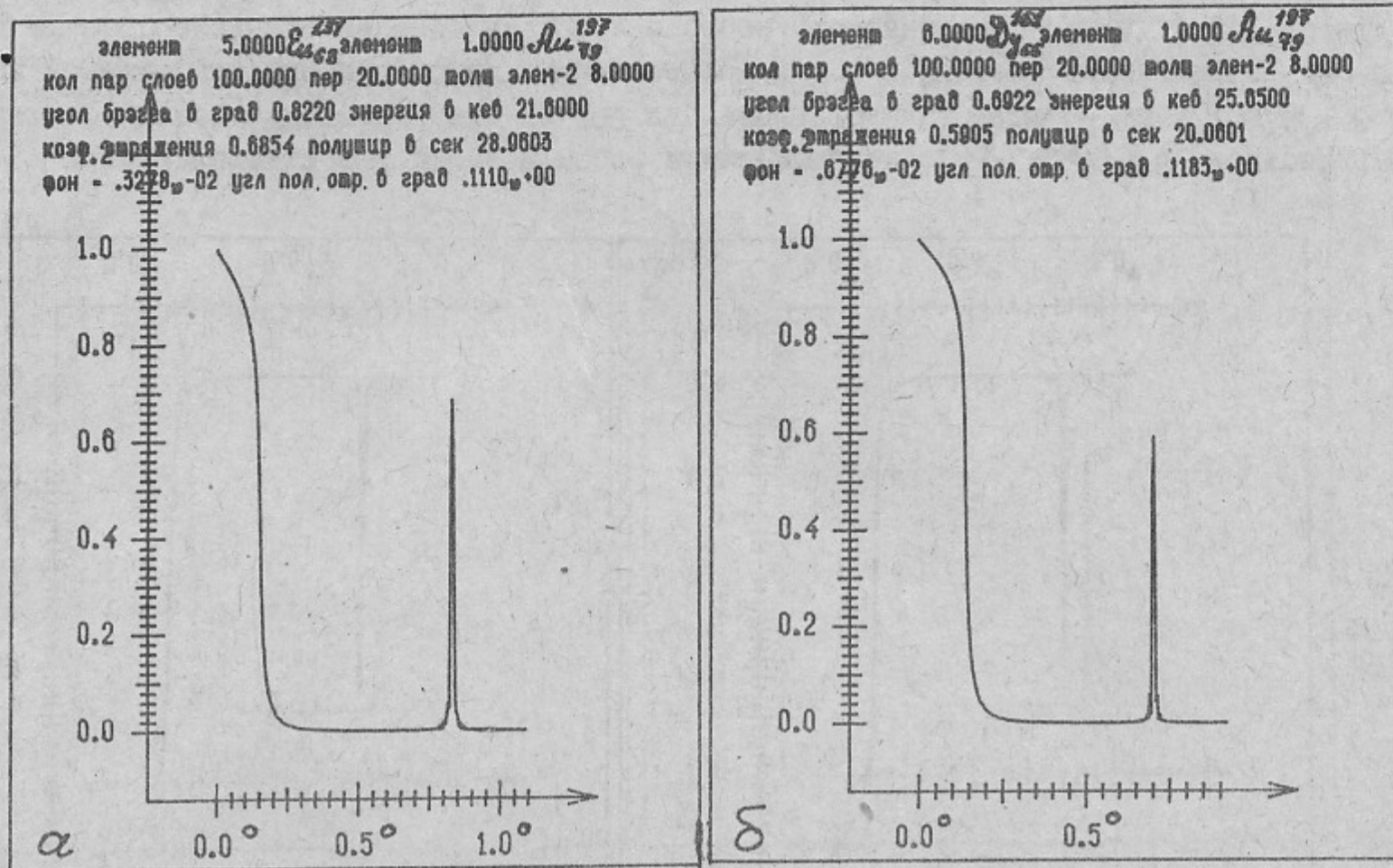


Рис. 3 а) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 21,6$ кэв, поляризацией σ отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Eu - 12 \text{ \AA}^\circ$, $Au - 8 \text{ \AA}^\circ$; б) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 25,65$ кэв, поляризацией σ , отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Dy - 12 \text{ \AA}^\circ$, $Au - 8 \text{ \AA}^\circ$.

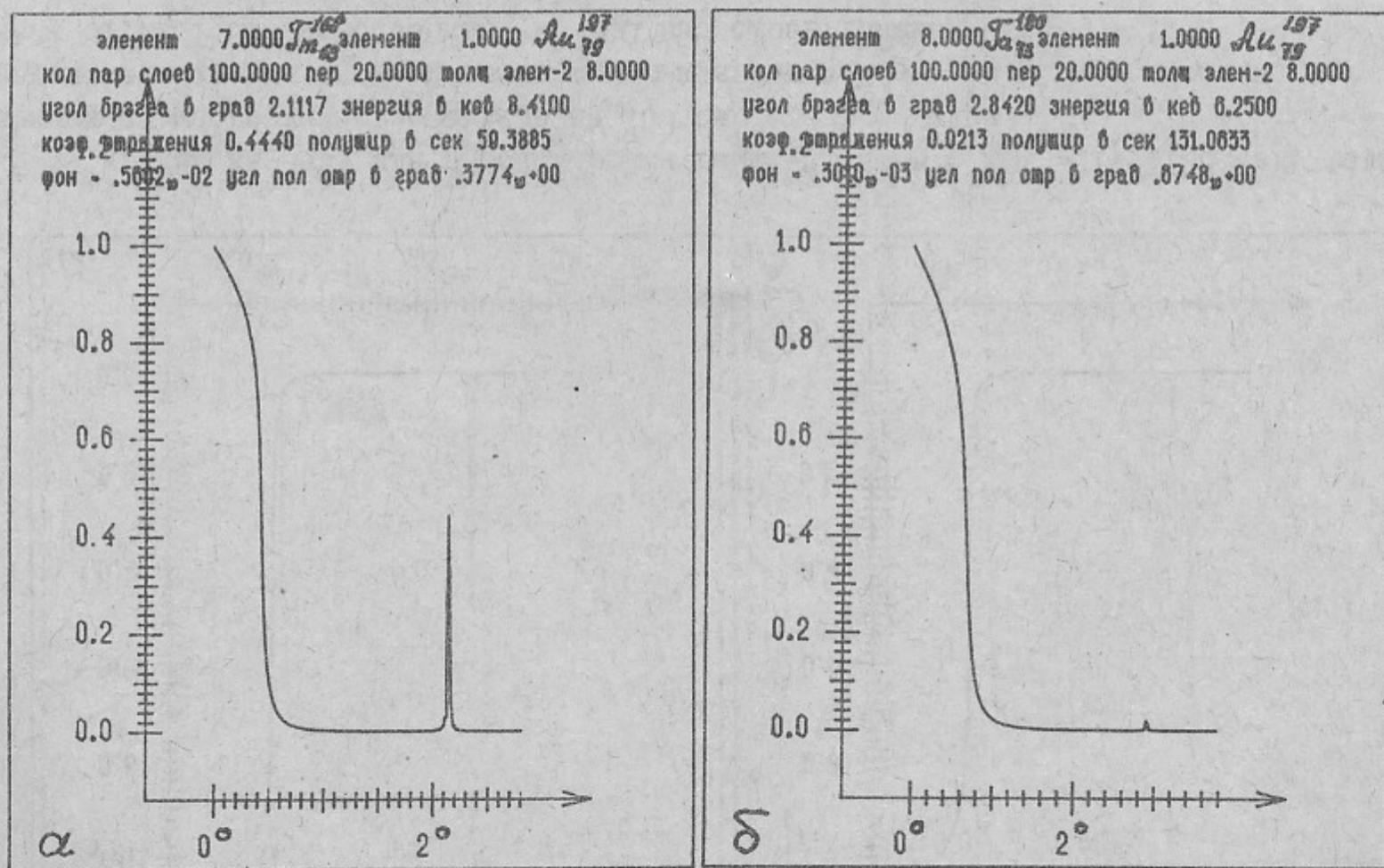


Рис. 4 а) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 8,41$ кэв, поляризацией σ отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Tm - 12 \text{ \AA}^\circ$, $Au - 8 \text{ \AA}^\circ$; б) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 6,25$ кэв, поляризацией σ отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Ta - 12 \text{ \AA}^\circ$, $Au - 8 \text{ \AA}^\circ$.

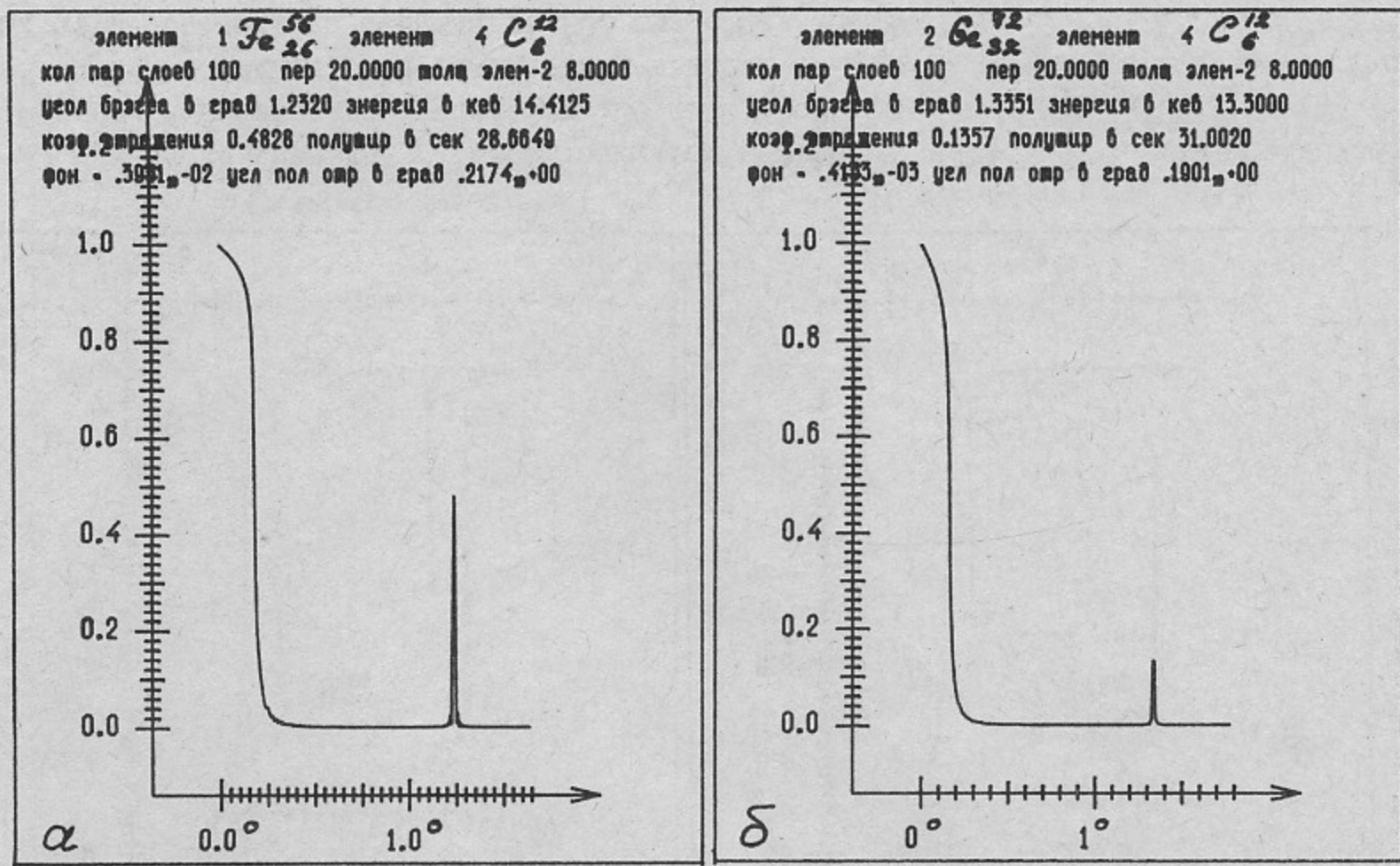


Рис. 5 а) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 14,4125$ кэв, поляризацией σ , отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Fe - 12 \text{ \AA}$, $C - 8 \text{ \AA}$;
 б) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 13,3$ кэв, поляризацией σ , отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Ge - 12 \text{ \AA}$, $C - 8 \text{ \AA}$.

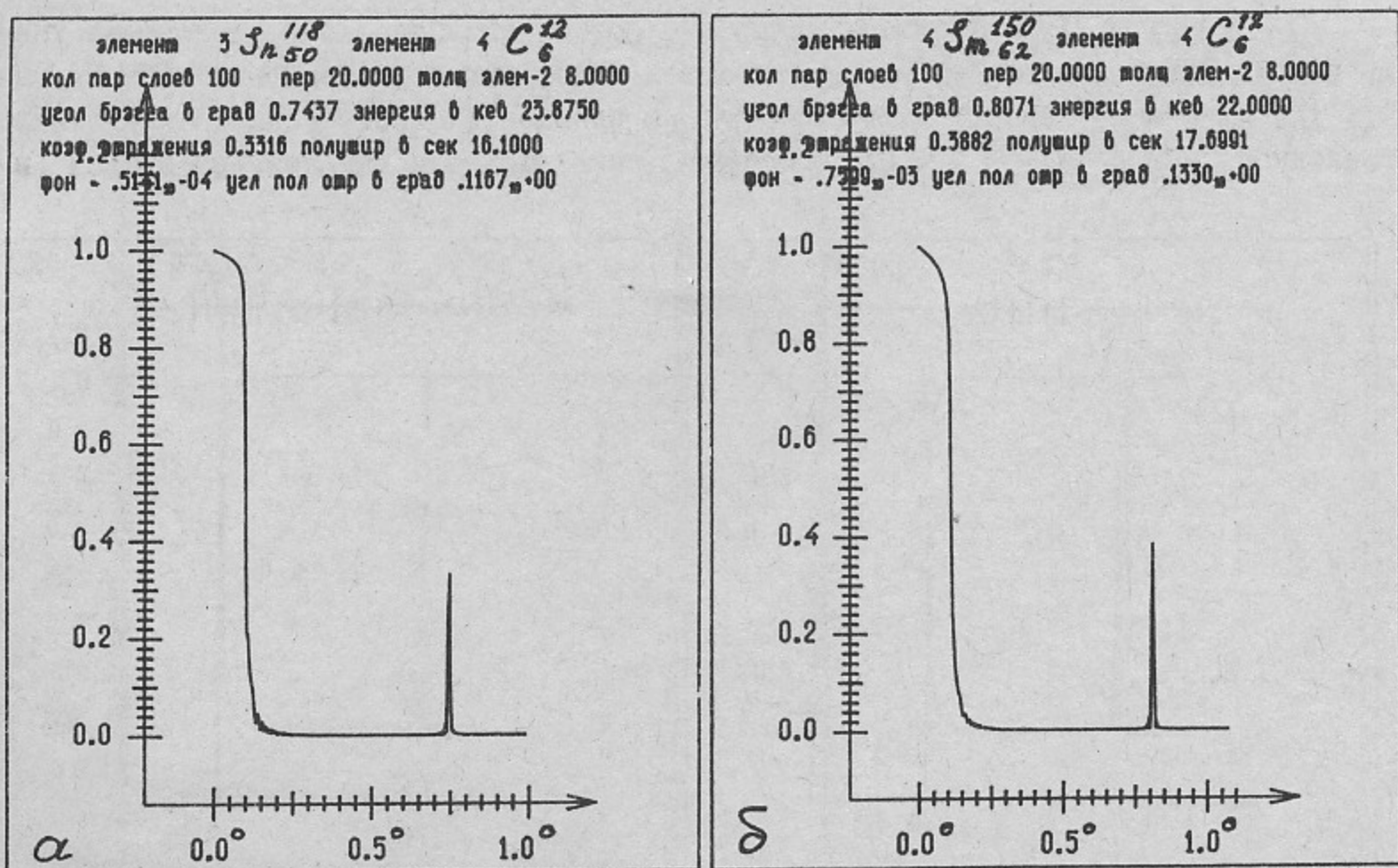


Рис. 6 а) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 23,87$ кэв, поляризацией σ , отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Sn - 12 \text{ \AA}$, $C - 8 \text{ \AA}$;
 б) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 22$ кэв, поляризацией σ , отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Sm - 12 \text{ \AA}$, $C - 8 \text{ \AA}$.

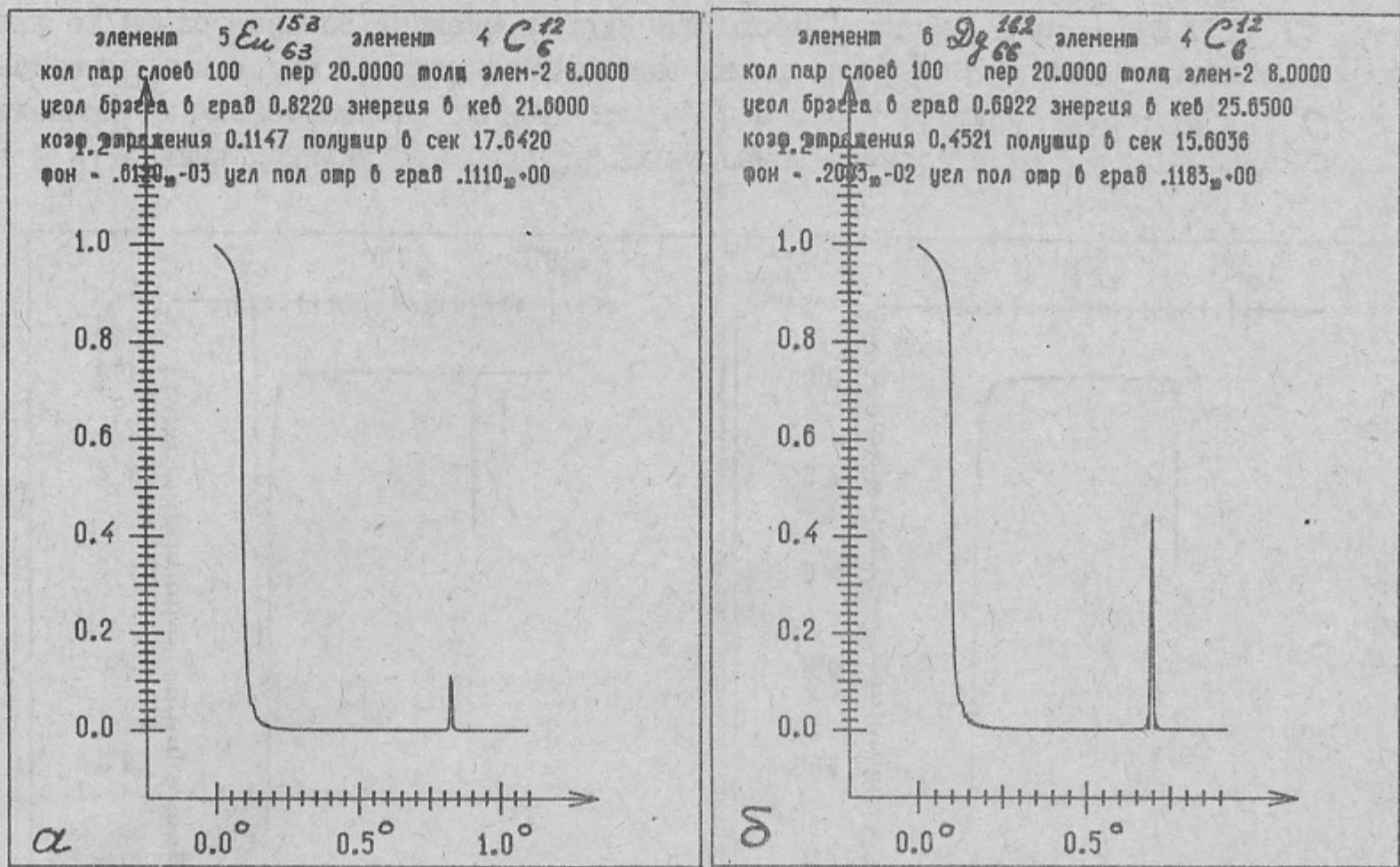


Рис. 7 а) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 21,6$ кэв, поляризацией ζ , отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Eu - 12 \text{ \AA}$, $C - 8 \text{ \AA}$;
 б) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 25,65$ кэв, поляризацией ζ , отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Dy - 12 \text{ \AA}$, $C - 8 \text{ \AA}$.

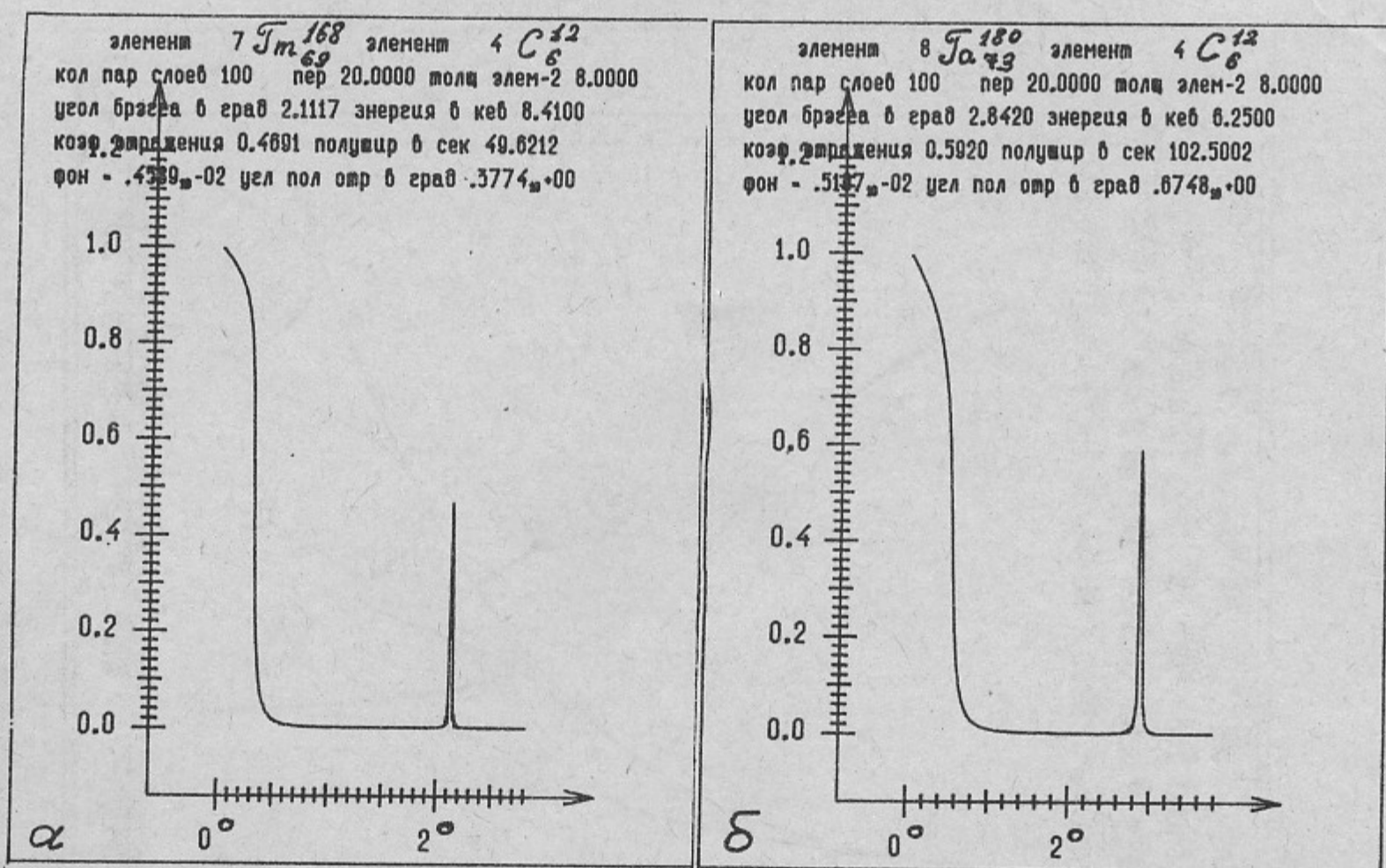


Рис. 8 а) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 8,41$ кэв, поляризацией ζ , отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Tm - 12 \text{ \AA}$, $C - 8 \text{ \AA}$;
 б) кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 6,25$ кэв, поляризацией ζ , отраженных от многослойного зеркала из 100 пар слоев толщина $Ta - 12 \text{ \AA}$, $C - 8 \text{ \AA}$.

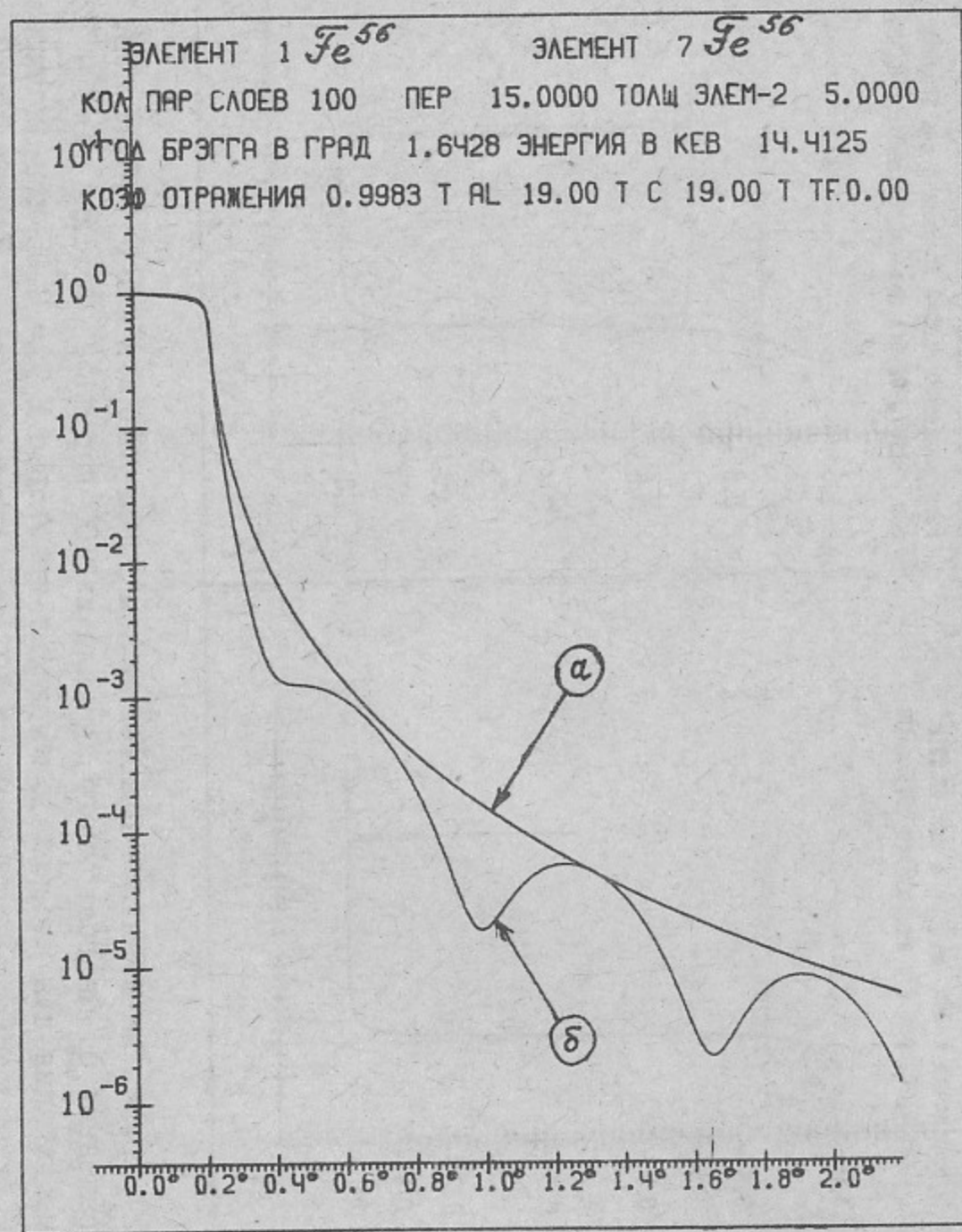


Рис. 9. Кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_{\gamma} = 14,4125$ кэв, поляризацией ζ , отраженных от а) зеркала из Fe ; б) зеркала из Fe , покрытом двумя слоями Al толщиной 19 \AA и C толщиной 19 \AA соответственно.

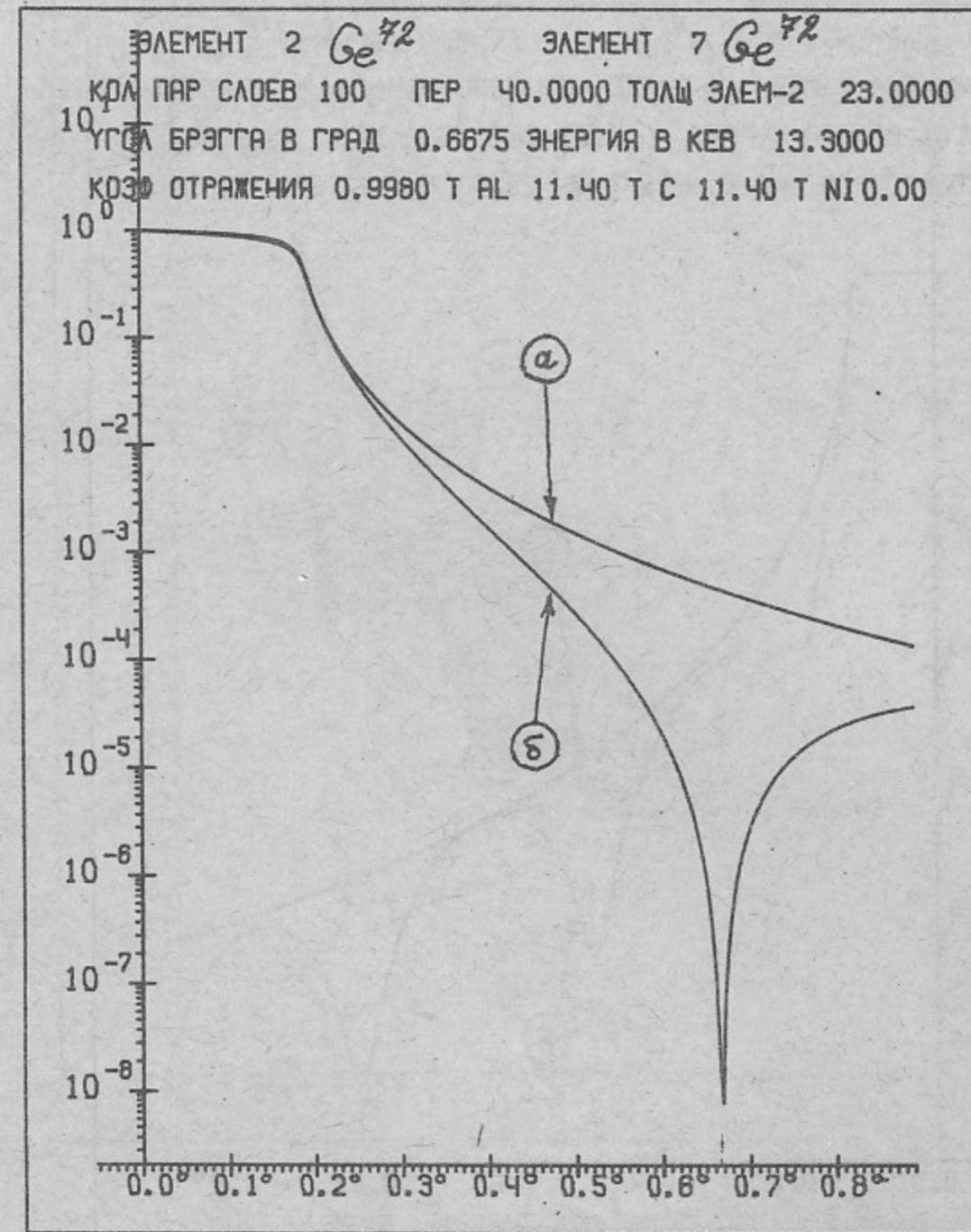


Рис. 10. Кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_{\gamma} = 13,3$ кэв, поляризацией ζ , отраженных от а) зеркала из Ge ; б) зеркала из Ge , покрытым двумя слоями Al - толщиной $11,4 \text{ \AA}$ и C - толщиной $11,4 \text{ \AA}$ соответственно.

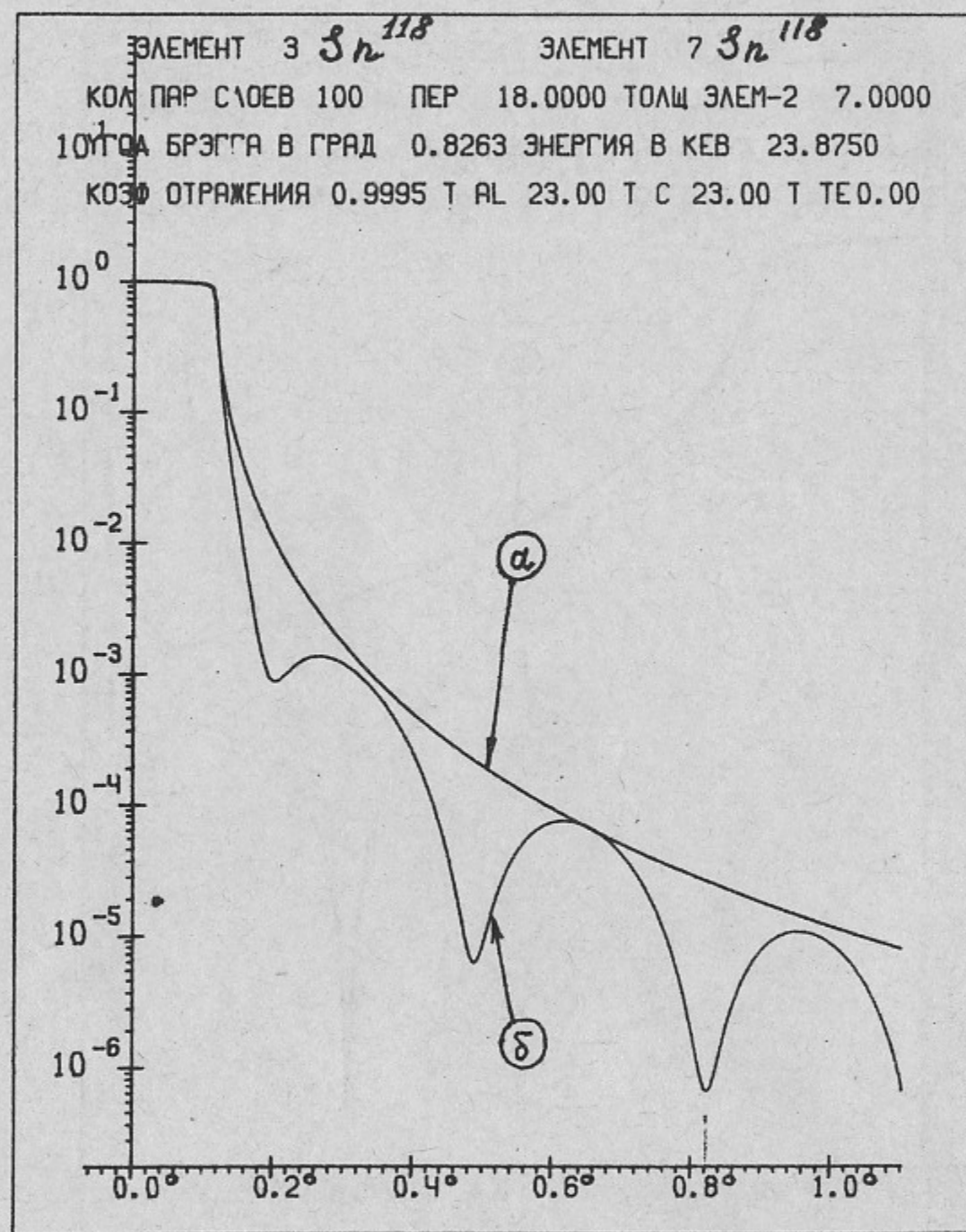


Рис. 11. Кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 23,875$ кэВ, поляризацией σ , отраженных от
 а) зеркала из Zn ; б) зеркала из Zn , покрытым двумя слоями Al - толщиной 23 \AA и C - толщиной 23 \AA соответственно

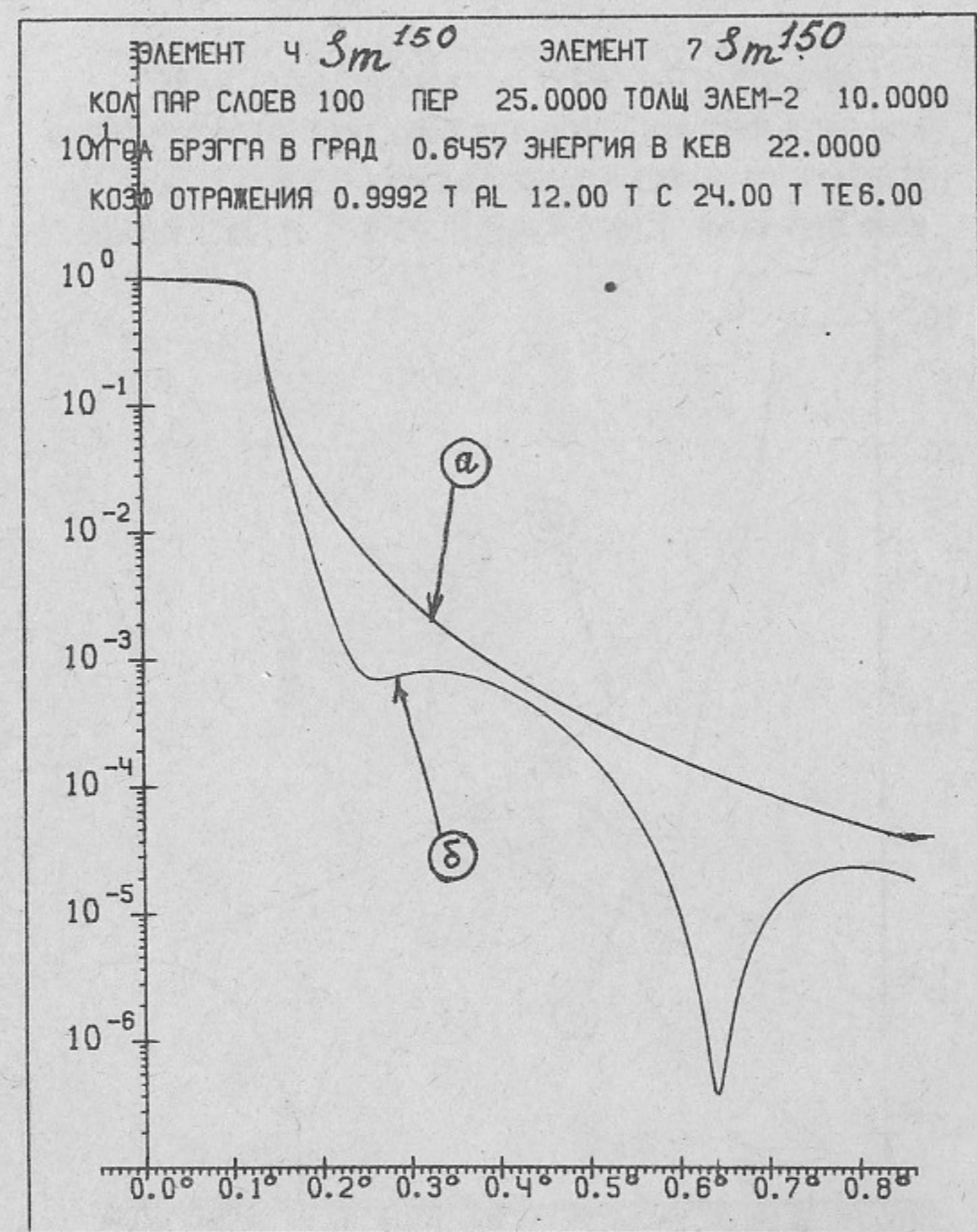


Рис. 12. Кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 22$ кэВ поляризацией σ , отраженных от
 а) зеркала из Zm ; б) зеркала из Zm покрытым тремя слоями Fe - толщиной 6 \AA , Al - толщиной 12 \AA и C - толщиной 24 \AA соответственно

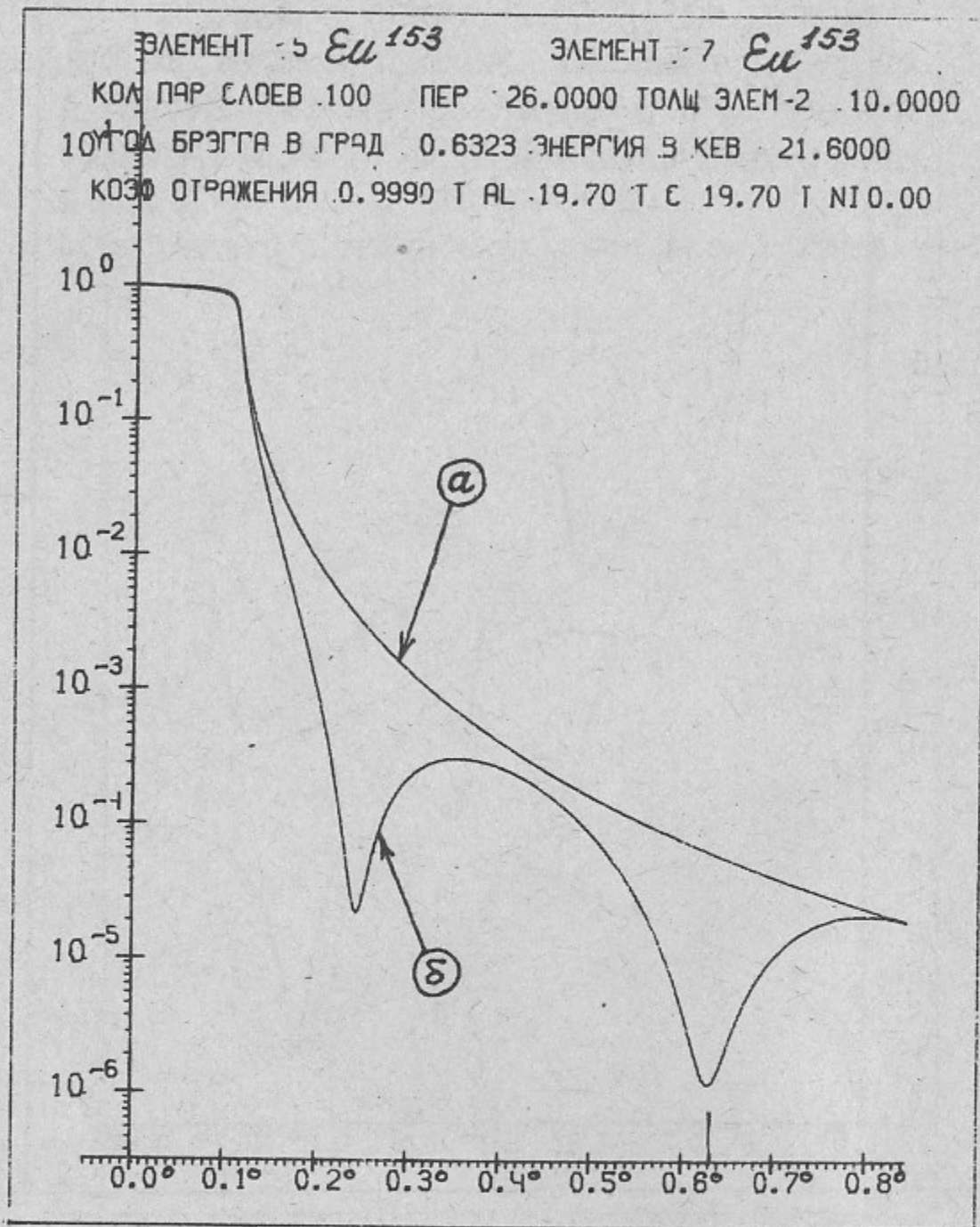


Рис. 13. Кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_{\gamma} = 21,6$ кэв, поляризацией σ , отраженных от а) зеркала из Eu ; б) зеркала из Eu покрытым двумя слоями Al - толщиной $19,7 \text{ \AA}$ и C - толщиной $19,7 \text{ \AA}$ соответственно

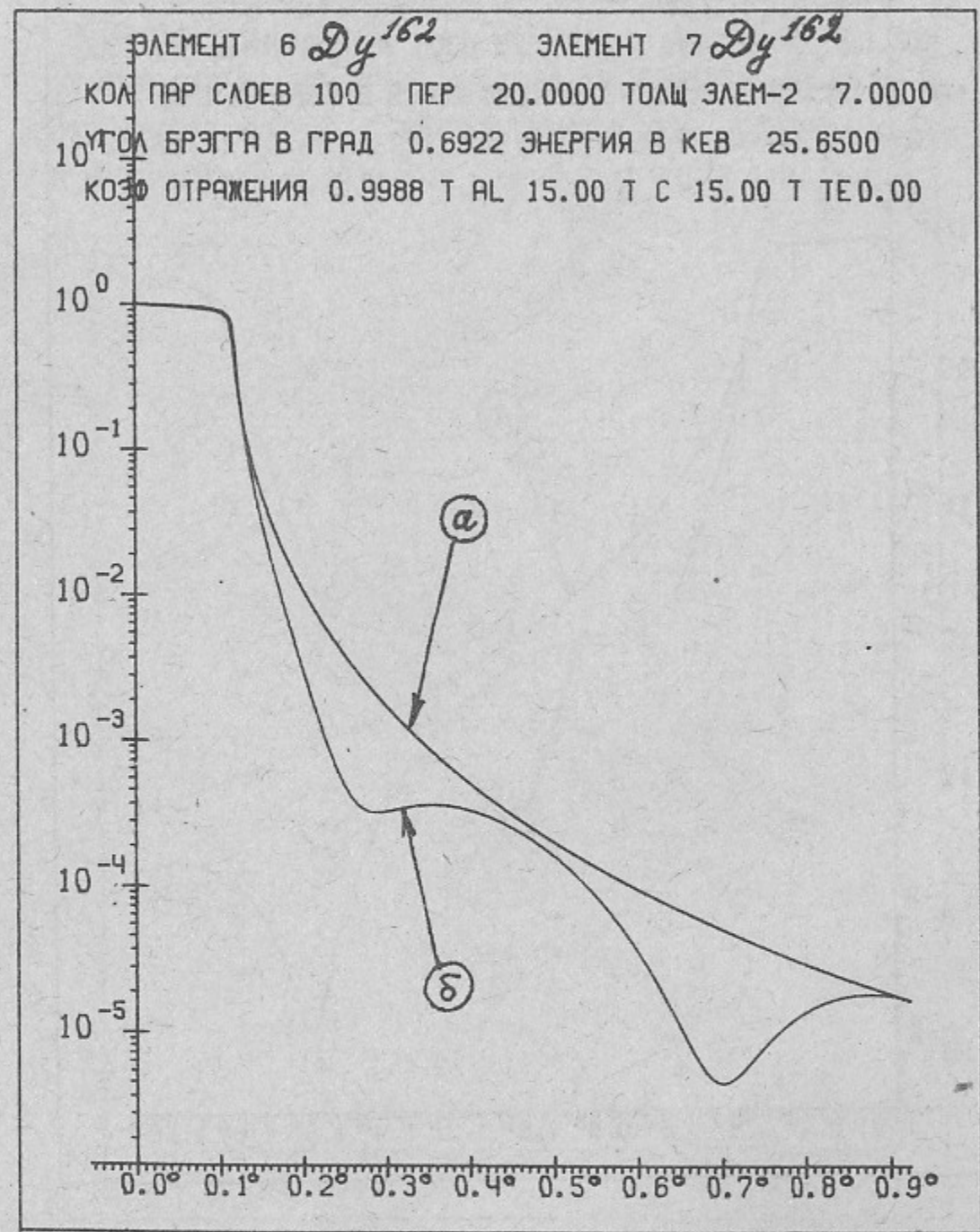


Рис. 14. Кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_{\gamma} = 25,65$ кэв поляризацией σ , отраженных от а) зеркала из Dy ; б) зеркала из Dy покрытым двумя слоями Al - толщиной 15 \AA и C - толщиной 15 \AA соответственно.

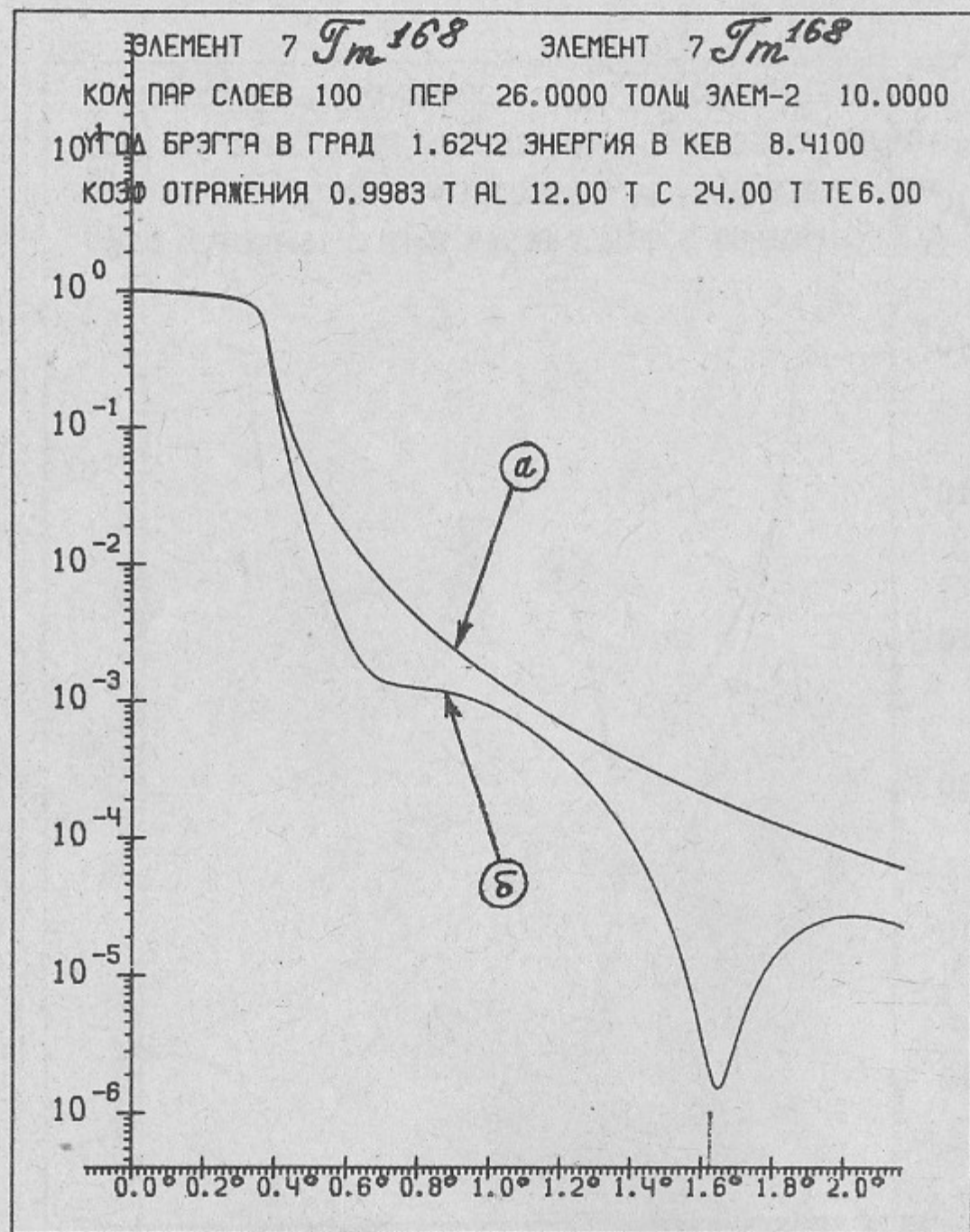


Рис. 15. Кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 8,41$ кэв поляризацией σ , отраженных от а) зеркала из Tm ; б) зеркала из Tm покрытым тремя слоями Te - толщиной 6 \AA , Al - толщиной 12 \AA и C - толщиной 24 \AA соответственно.

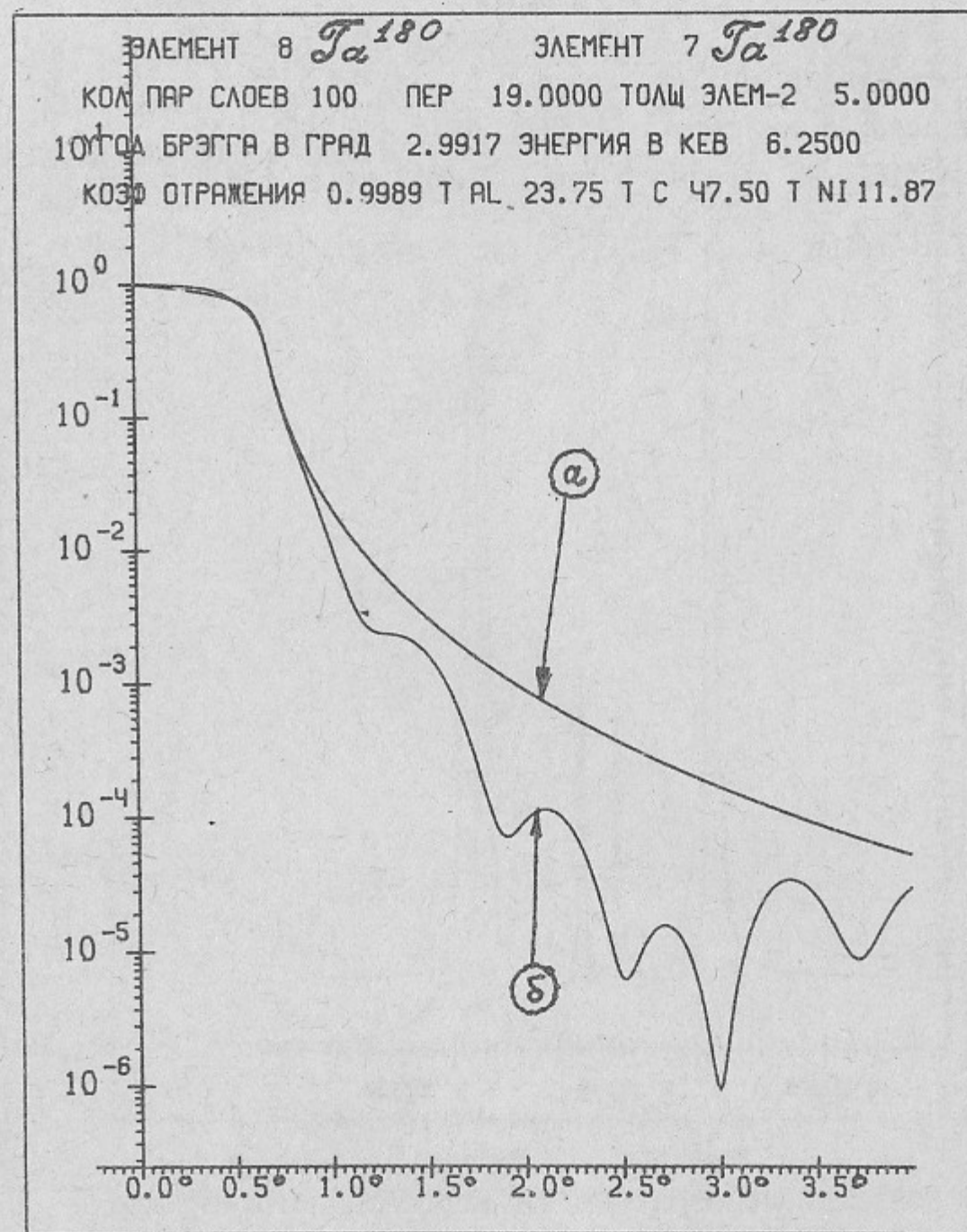


Рис. 16. Кривая качания для плоской волны гамма-квантов с $E_\gamma = 6,25$ кэв поляризацией σ , отраженных от а) зеркала из Ta ; б) зеркала из Ta покрытым тремя слоями Ni - толщиной $11,87 \text{ \AA}$, Al - толщиной $23,75 \text{ \AA}$ и C - толщиной $47,5 \text{ \AA}$ соответственно.

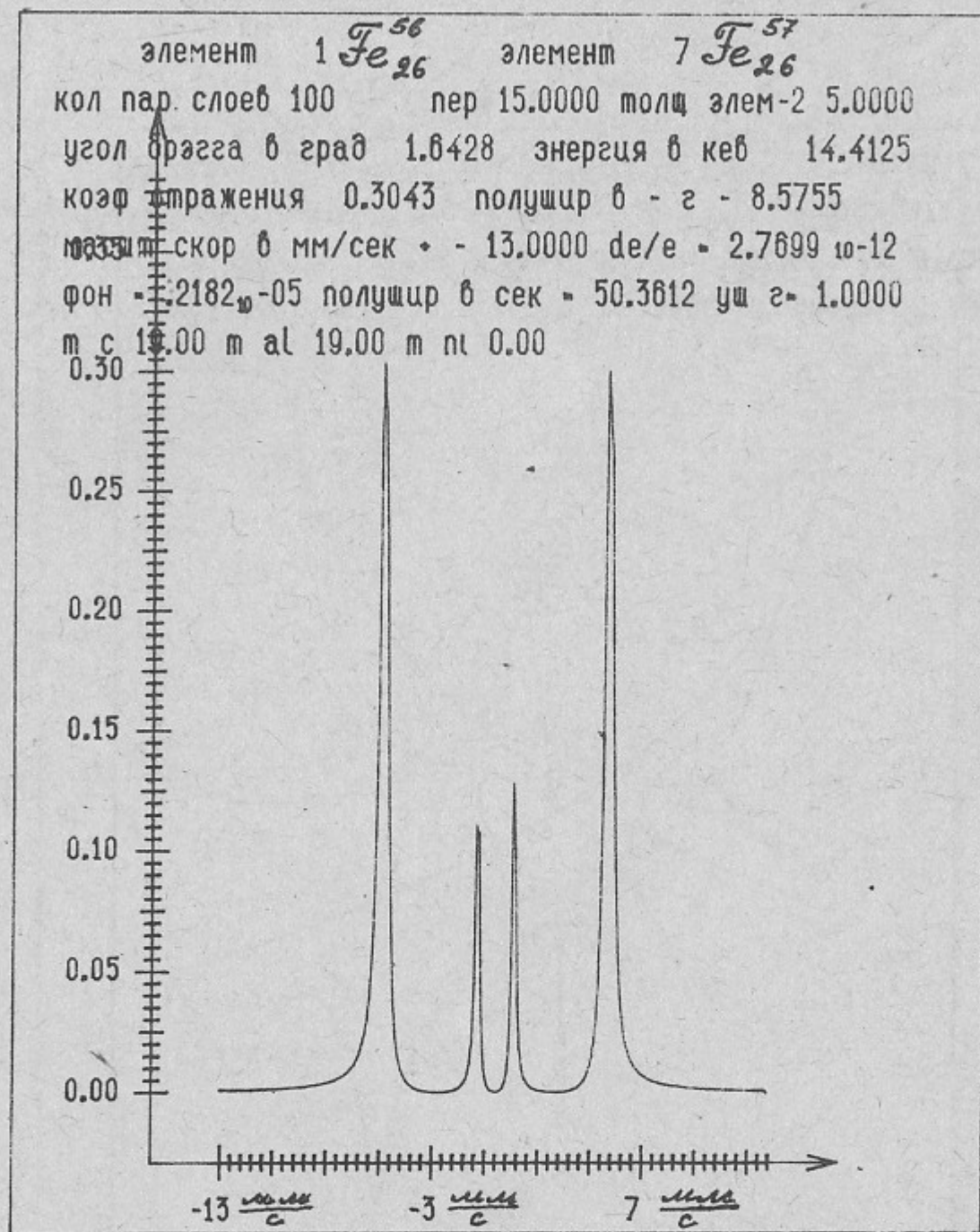


Рис. 17. Коэффициент отражения от многослойного зеркала

$Fe^{56} - Fe^{57}$ ($T_{Fe^{56}} = 10 \text{ \AA}^0$, $T_{Fe^{57}} = 5 \text{ \AA}^0$, $N = 100$ пар)
 с антиотражающим покрытием для плоской волны гамма-квантов
 G - поляризованных, падающих под углом $\theta_B = 1,6428^\circ$
 в зависимости от энергии гамма-квантов $E_\gamma = E_\gamma^0 + \frac{v}{c} E^0$,
 $E_\gamma^0 = 14,4125$ кэв. Магнитное поле $H \parallel k$ параллельно
 плоскости рассеяния гамма-квантов и параллельно плоскости
 многослойного зеркала. Два слоя покрытия: $T_{Al} = 19 \text{ \AA}^0$ и
 $T_C = 19 \text{ \AA}^0$.

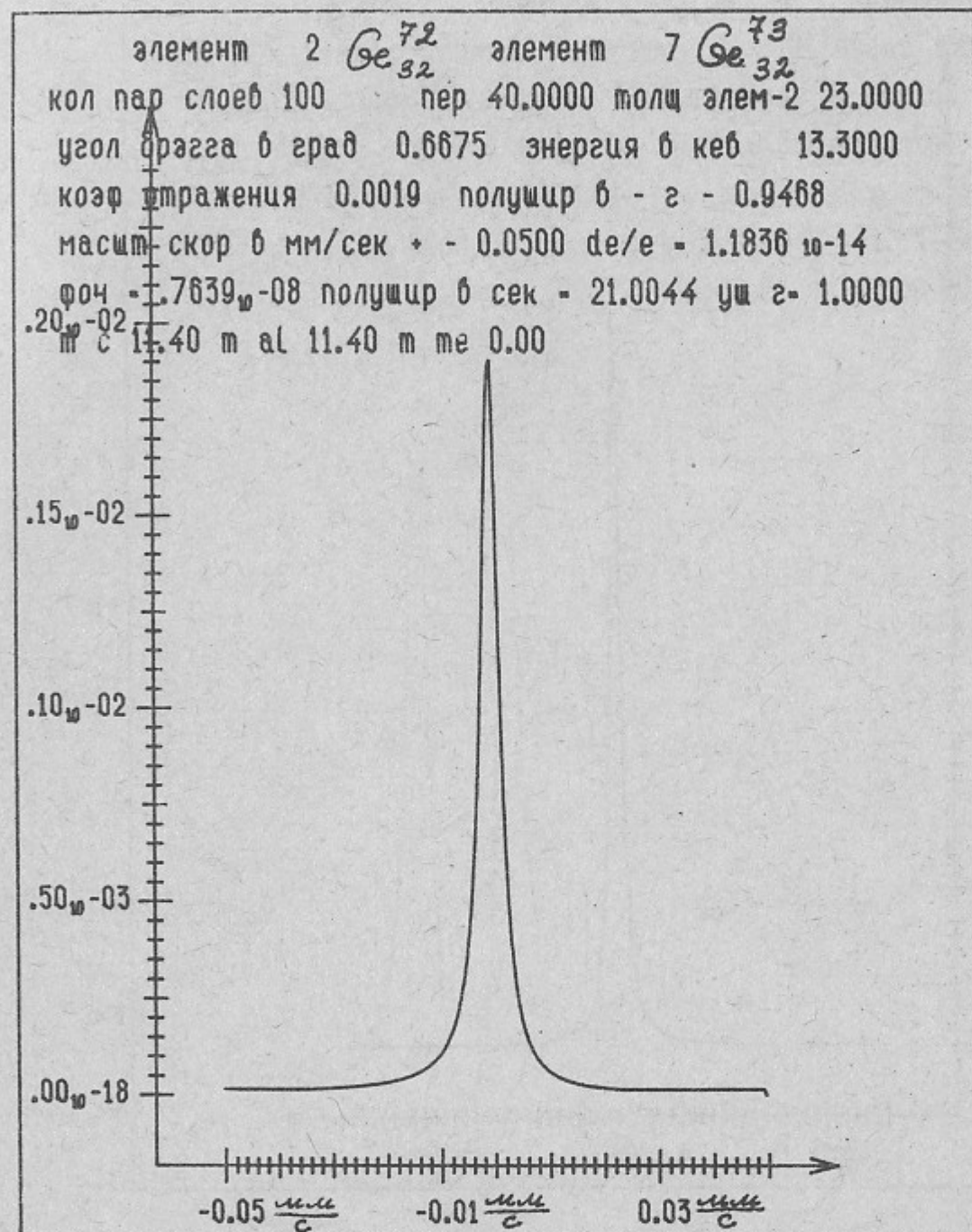


Рис. 18. Коэффициент отражения от многослойного зеркала

$Ge^{72} - Ge^{73}$ ($T_{Ge^{72}} = 17 \text{ \AA}^0$, $T_{Ge^{73}} = 23 \text{ \AA}^0$, $N = 100$ пар)
 с антиотражающим покрытием для плоской волны гамма-квантов
 G - поляризованных, падающих под углом $\theta_B = 0,6675^\circ$ в
 зависимости от энергии гамма-квантов $E_\gamma = E_\gamma^0 + \frac{v}{c} E_\gamma^0$,
 $E_\gamma^0 = 13,3$ кэв. Два слоя покрытия: $T_{Al} = 11,4 \text{ \AA}^0$, $T_C = 11,4 \text{ \AA}^0$.

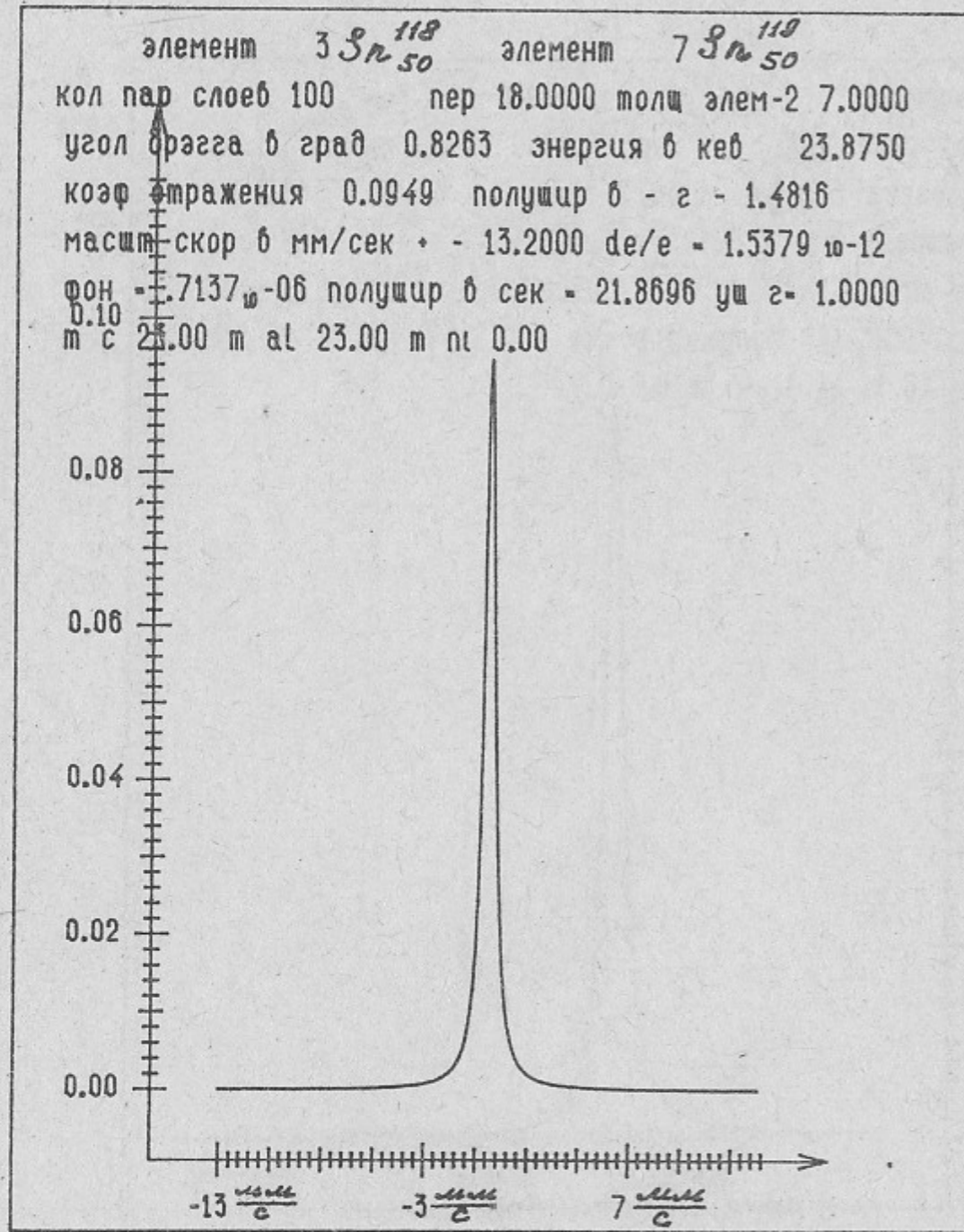


Рис. 19. Коэффициент отражения от многослойного зеркала $\text{Sn}^{118} - \text{Sn}^{119}$ ($T_{\text{Sn}^{118}} = 11 \text{ \AA}^\circ$, $T_{\text{Sn}^{119}} = 7 \text{ \AA}^\circ$, $N = 100$ пар) с антиотражающим покрытием для плоской волны гамма-квантов σ - поляризованных, падающих под углом $\theta_B = 0,8263^\circ$ в зависимости от энергии гамма-квантов $E_\gamma = E_\gamma^0 + \frac{v}{c} \cdot E_\gamma^0$, $E_\gamma = 23,875$. Два слоя покрытия $T_{\text{Al}} = 23 \text{ \AA}^\circ$, $T_{\text{C}} = 23 \text{ \AA}^\circ$.

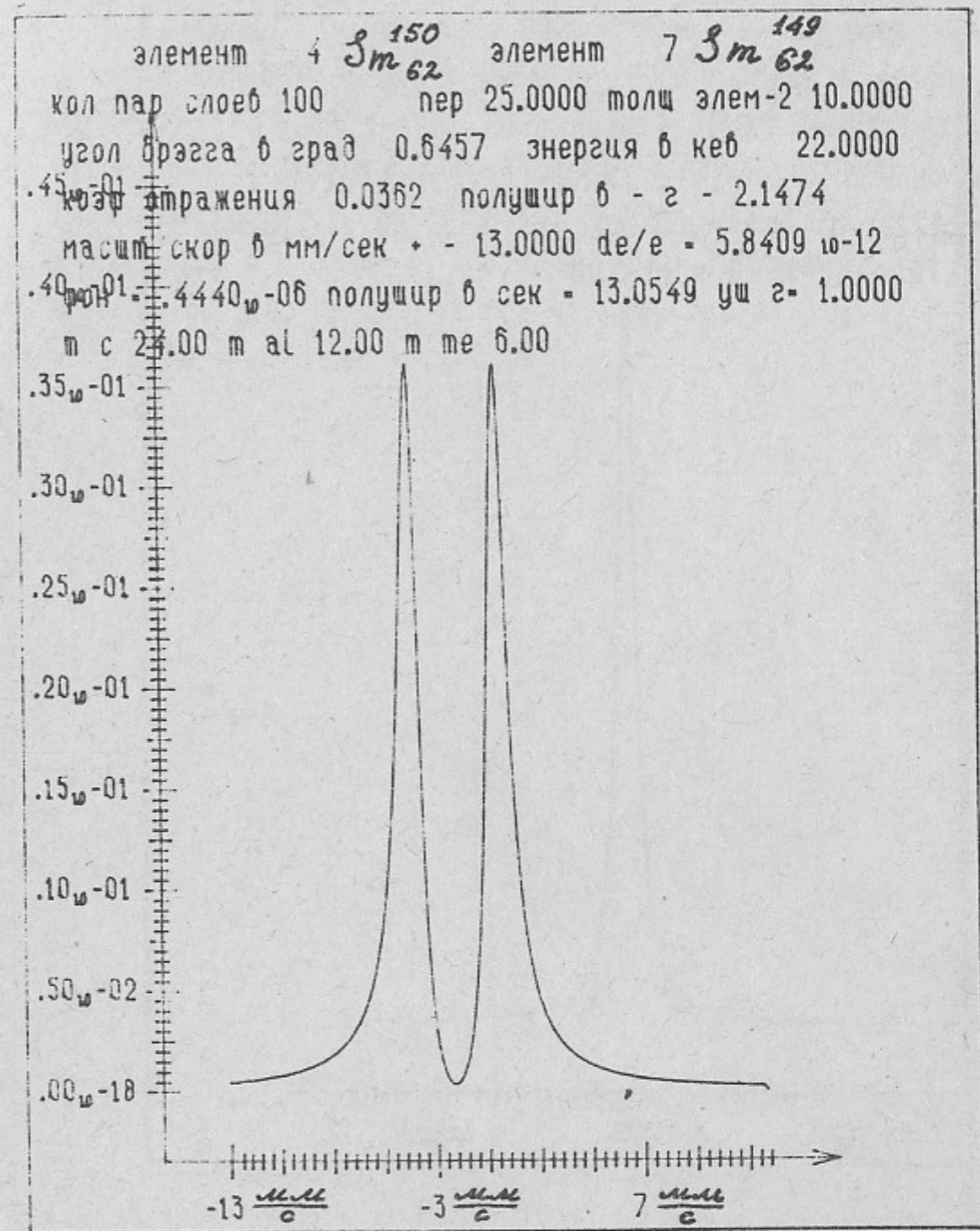


Рис. 20. Коэффициент отражения от многослойного зеркала $\text{Sm}^{150} - \text{Sm}^{149}$ ($T_{\text{Sm}^{150}} = 15 \text{ \AA}^\circ$, $T_{\text{Sm}^{149}} = 10 \text{ \AA}^\circ$, $N = 100$ пар) с антиотражающим покрытием для плоской волны гамма-квантов σ - поляризованных под углом $\theta_B = 0,6457^\circ$ в зависимости от энергии гамма-квантов $E_\gamma = E_\gamma^0 + \frac{v}{c} \cdot E_\gamma^0$, $E_\gamma^0 = 22$ кэв. Три слоя покрытия: $T_{\text{Te}} = 6 \text{ \AA}^\circ$, $T_{\text{Al}} = 12 \text{ \AA}^\circ$ и $T_{\text{C}} = 24 \text{ \AA}^\circ$.

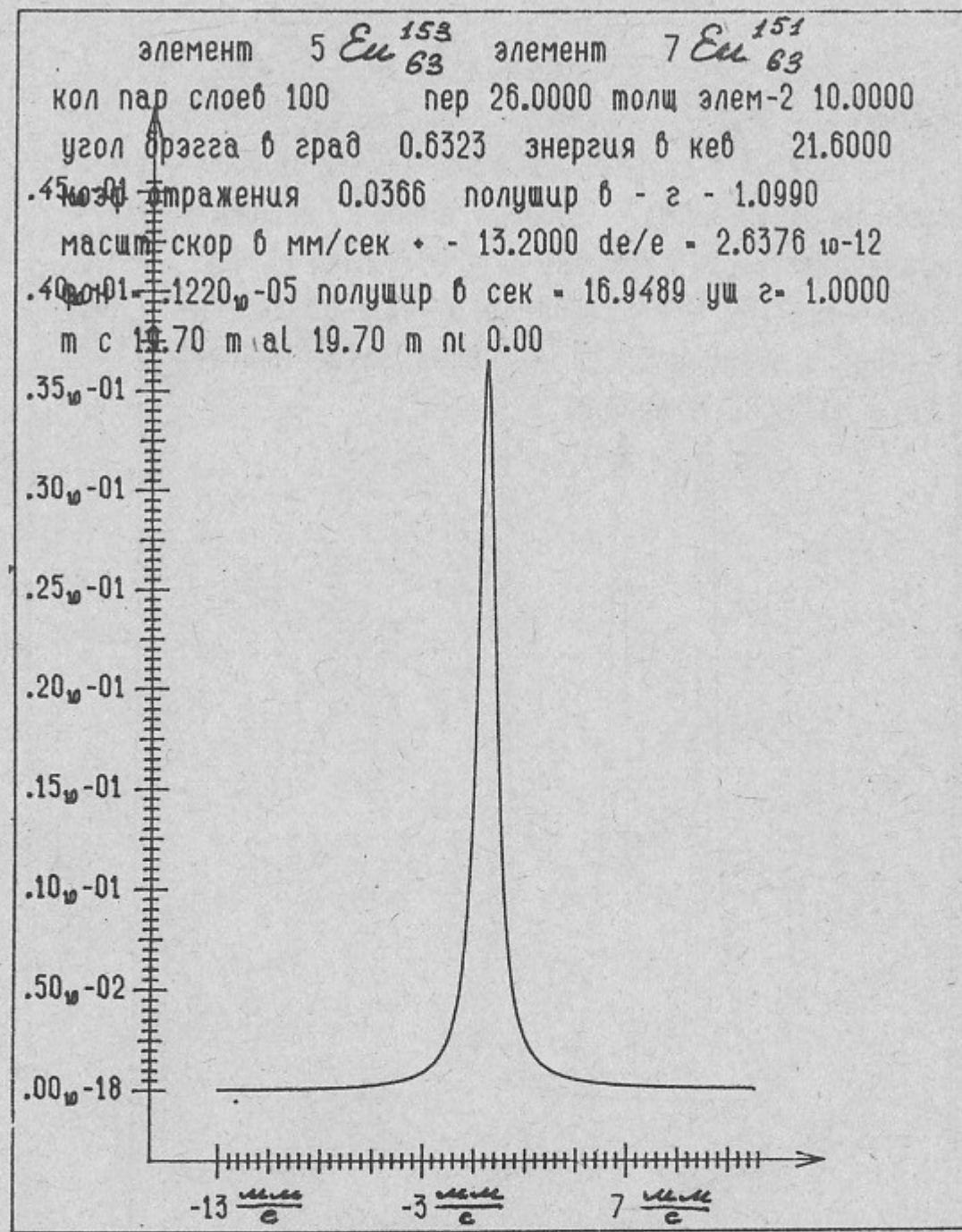


Рис. 21. Коэффициент отражения от многослойного зеркала

$Eu^{153} - Eu^{151}$ ($T_{Eu^{153}} = 16 A^\circ$, $T_{Eu^{151}} = 10 A^\circ$, $N = 100$ пар)
 с антиотражающим покрытием для плоской волны гамма-квантов
 σ - поляризованных, падающих под углом $\theta_B = 0,6323^\circ$ в
 зависимости от энергии гамма-квантов $E_\gamma = E_\gamma^0 + \frac{v}{c} \cdot E_\gamma^0$,
 $E_\gamma^0 = 21,6$ кэв. Два слоя покрытия: $T_{Al} = 19,7 A^\circ$, $T_C = 19,7 A^\circ$.

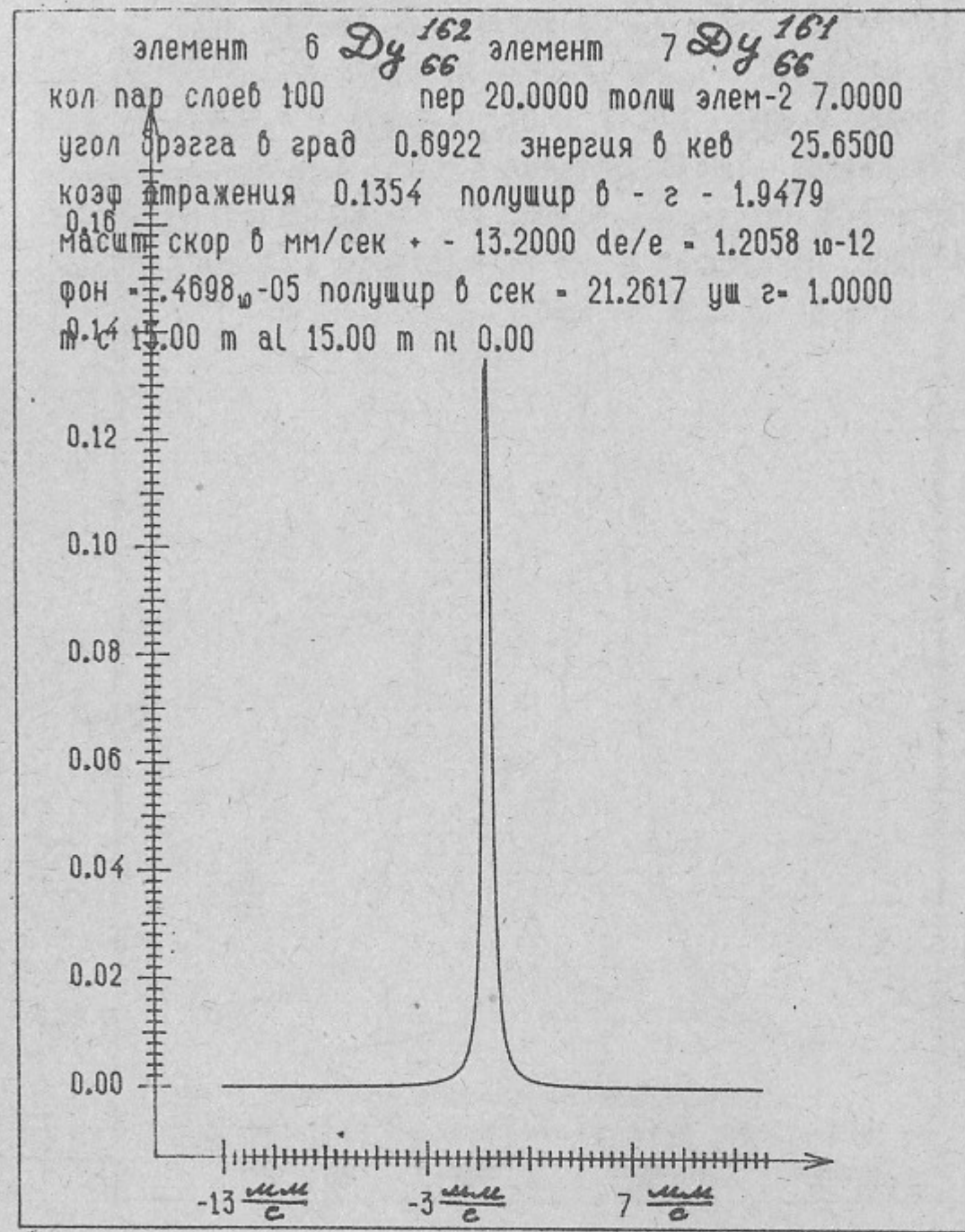


Рис. 22. Коэффициент отражения от многослойного зеркала

$Dy^{162} - Dy^{161}$ ($T_{Dy^{162}} = 13 A^\circ$, $T_{Dy^{161}} = 7 A^\circ$, $N = 100$ пар)
 с антиотражающим покрытием для плоской волны гамма-квантов
 σ - поляризованных, падающих под углом $\theta_B = 0,6922^\circ$ в
 зависимости от энергии гамма-квантов $E_\gamma = E_\gamma^0 + \frac{v}{c} \cdot E_\gamma^0$,
 $E_\gamma^0 = 25,65$ кэв. Два слоя покрытия $T_{Al} = 15 A^\circ$, $T_C = 15 A^\circ$.

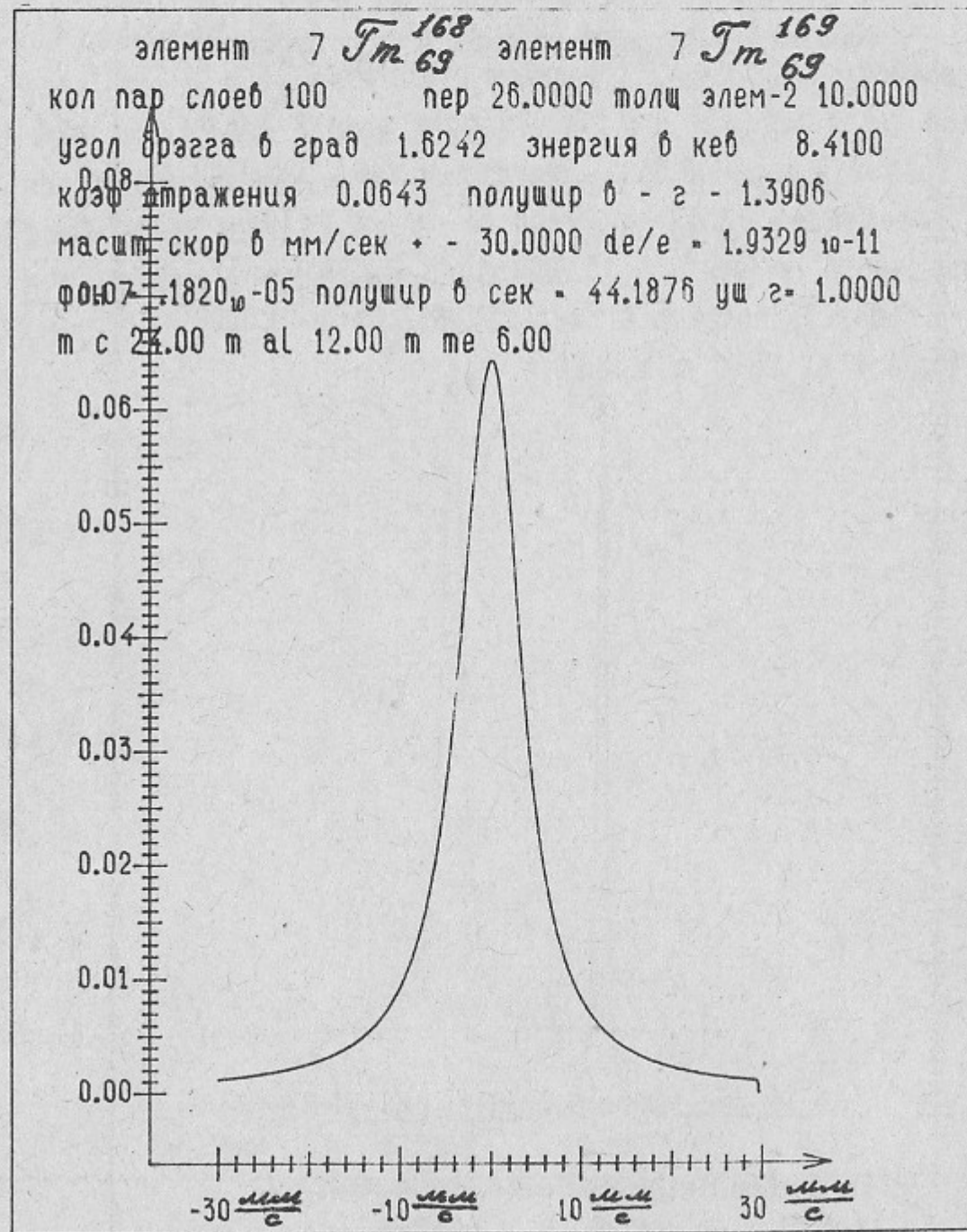


Рис. 23. Коэффициент отражения от многослойного зеркала $Tm^{168} - Tm^{169}$ ($T_{Tm^{168}} = 16 A^\circ$, $T_{Tm^{169}} = 10 A^\circ$, $N = 100$ пар) с антиотражающим покрытием для плоской волны гамма-квантов ζ - поляризованных, падающих под углом $\theta_B = 1,6242^\circ$ в зависимости от энергии гамма-квантов $E_\gamma = E_\gamma^0 + \nu/c \cdot E_\gamma^0$, $E_\gamma^0 = 8,41$ кэв. Три слоя покрытия: $T_{Te} = 6 A^\circ$, $T_{Al} = 12 A^\circ$, $T_C = 24 A^\circ$.

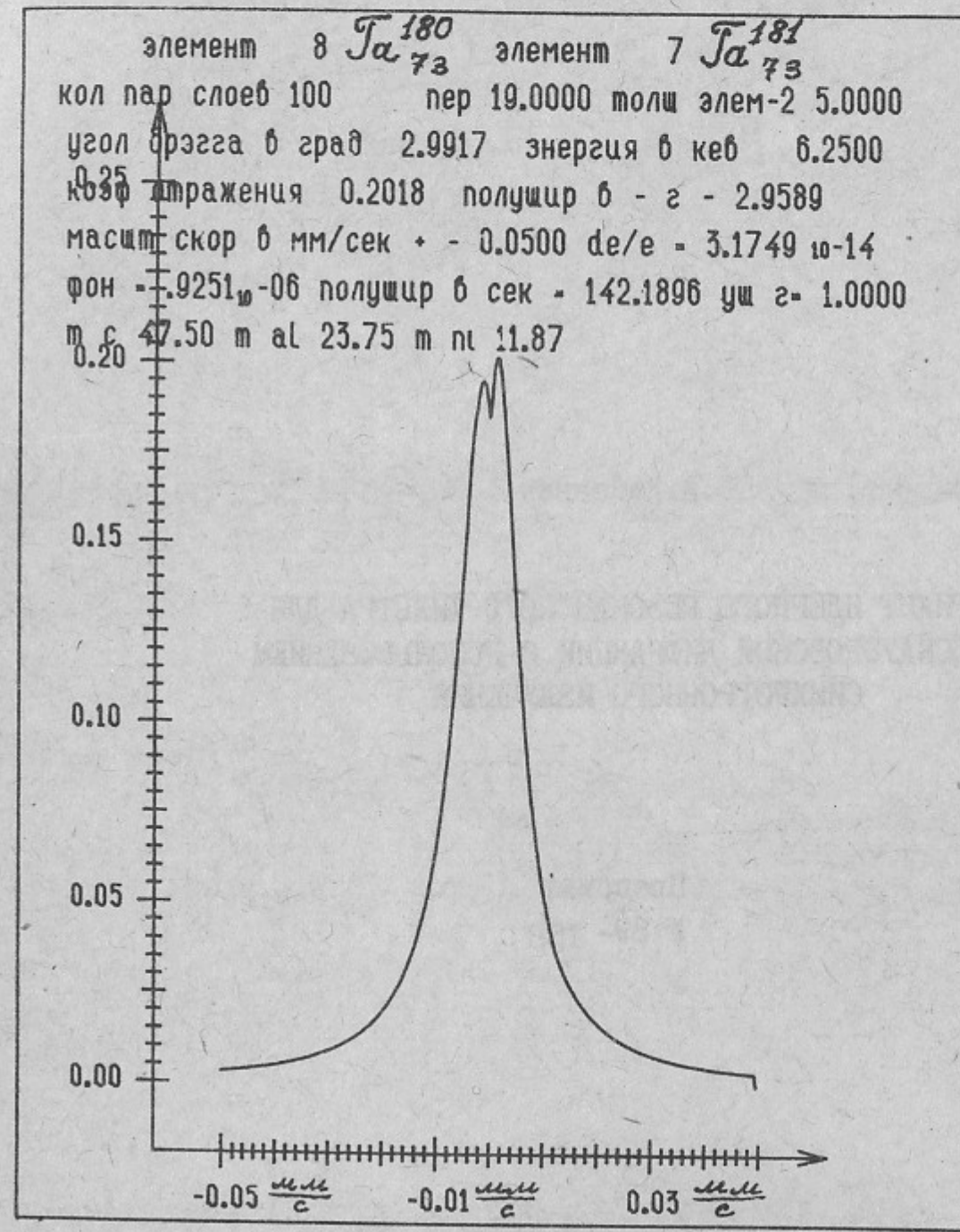


Рис. 24. Коэффициент отражения от многослойного зеркала $Ta^{180} - Ta^{181}$ ($T_{Ta^{180}} = 14 A^\circ$, $T_{Ta^{181}} = 5 A^\circ$, $N = 100$ пар) с антиотражающим покрытием для плоской волны гамма-квантов ζ - поляризованных, падающих под углом $\theta_B = 2,9917^\circ$ в зависимости от энергии гамма-квантов $E_\gamma = E_\gamma^0 + \nu/c \cdot E_\gamma^0$, $E_\gamma^0 = 6,25$ кэв. Три слоя покрытия: $T_{Ni} = 11,87 A^\circ$, $T_{Al} = 23,75 A^\circ$ и $T_C = 47,5 A^\circ$.

В.А.Кабанник

ВАРИАНТ ЯДЕРНОГО РЕЗОНАНСНОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ
МЕССБАУЭРОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Препринт
№ 89-158

Работа поступила - 2 октября 1989 г.

Ответственный за выпуск - С.Г.Попов
Подписано к печати 20.XI.89г. МН 02394
Формат бумаги 60x90 1/16 Усл.2,9 печ.л., 2,4 учетно-изд.л.
Тираж 170 экз. Бесплатно. Заказ № 158.

Ротапринт ИЯФ СО АН СССР, г.Новосибирск, 90