

Возбуждение изомерных  
состояний атомными ядрами.

# Содержание

- Возбуждение изомерных состояний в реакциях неупругого рассеяния гамма-квантов
- Возбуждение изомерных состояний в фотоядерных реакциях
- Девозбуждение изомерных состояний.

## Особенности заселения изомерных состояний в реакции неупругого рассеяния гамма-квантов.

- Ядра-мишени стабильны
- Ширины изомерных уровней малы, и прямое их заселение крайне маловероятно
- Заселение изомерных уровней происходит через вышележащие, т.н. активационные, уровни.

# Активационные уровни

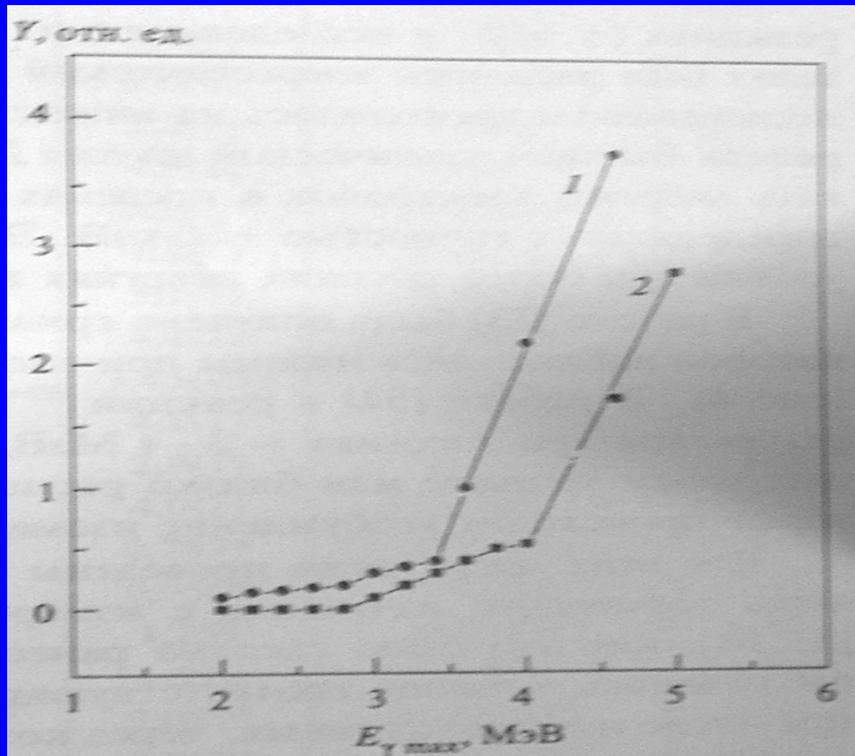
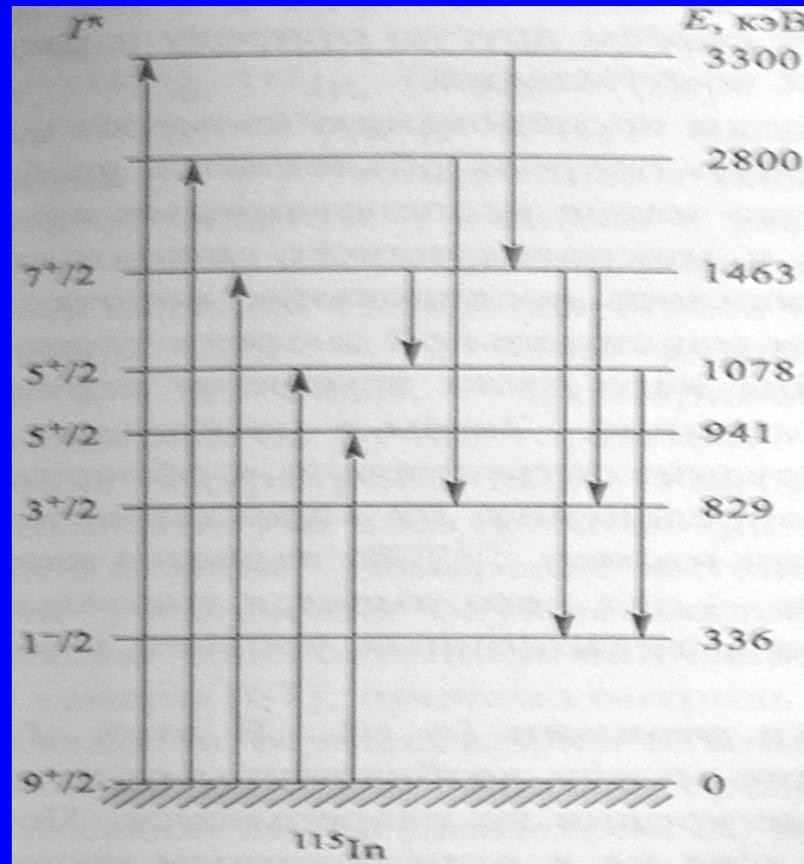


Рис. 4. Зависимость от граничной энергии тормозного излучения выхода реакции: 1 —  $^{115}\text{In}(\gamma, \gamma')^m$ ; 2 —  $^{87}\text{Y}(\gamma, \gamma')^m$

- На рисунке изломам соответствуют активационные уровни

# Примеры заселения изомерного уровня.



# Характеристики активационных уровней

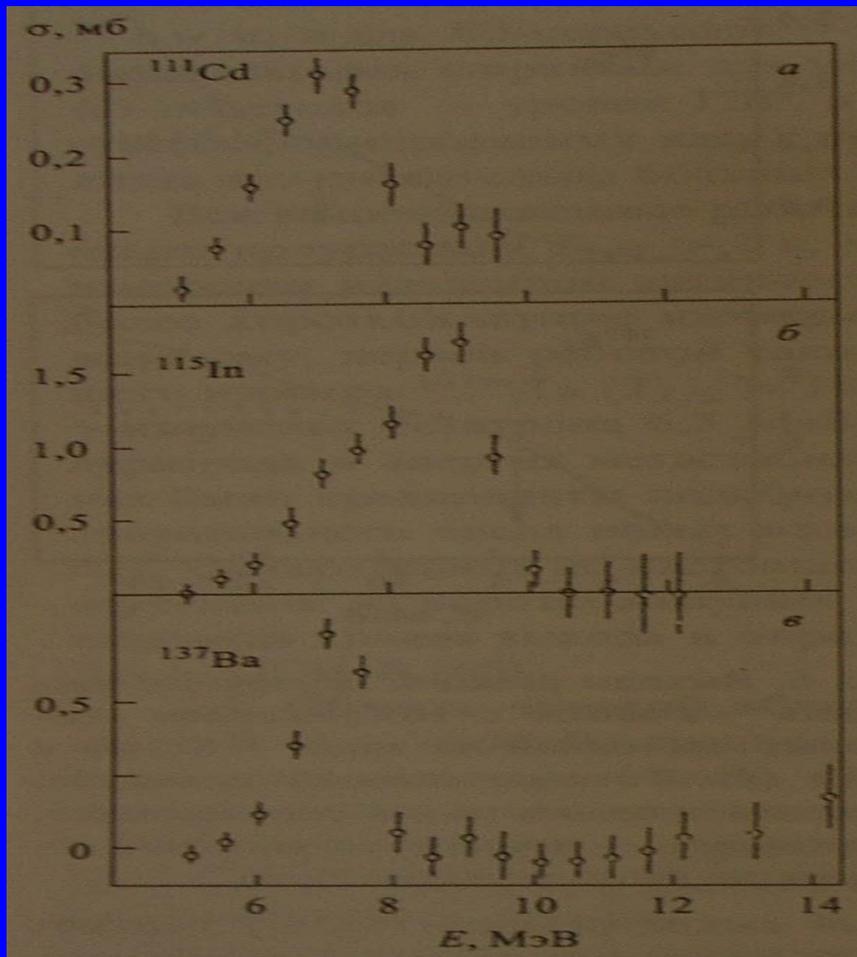
Изотоп	$J_g^\pi$	$J_a^\pi$	$J_m^\pi$	$E_a$ , МэВ	$(\sigma\Gamma)P_m$ , б·эВ	$P_m$
$^{77}\text{Se}$	$1/2^-$	$3/2^-$	$7/2^+$	1,005	0,3	0,11
				1,7	0,15	
				2,6	1,2	
				3,2	3,7	
				4,0	5,5	
$^{79}\text{Br}$	$3/2^-$	$7/2^-$	$9/2^+$	0,761	0,0059	0,3
				1,8	0,065	
				3,2	0,85	
				4,4	7,0	
$^{81}\text{Br}$	$3/2^-$		$9/2^+$	3,45	5-10	
				4,8	~25	
$^{89}\text{Y}$	$1/2^-$	$3/2^-$	$9/2^+$	2,9	0,8	0,04
		$9/2^+$ - $9/2^+$		4,0	1,2	0,02

ИЗОТОП	$J_g^\pi$	$J_a^\pi$	$J_m^\pi$	$E_a$ , МэВ	$(\sigma\Gamma)P_m$ , б·эВ	$P_m$
$^{107}\text{Ag}$	1/2 <sup>-</sup>	3/2 <sup>-</sup>	7/2 <sup>+</sup>	0,787	0,001	<0,01
		5/2 <sup>-</sup>		0,95	0,003	0,01
				1,259	0,03	0,77
				1,326	0,09	0,85
$^{109}\text{Ag}$	1/2 <sup>-</sup>	5/2 <sup>-</sup>	7/2 <sup>+</sup>	0,697	0,0006	0,63
		5/2 <sup>-</sup>		0,869	0,0035	0,61
				1,2	0,085	
				1,480	0,033	
$^{111}\text{Cd}$	1/2 <sup>+</sup>		11/2 <sup>-</sup>	0,74	0,00002	
		1/2 <sup>+</sup> , 1/2 <sup>+</sup>		1,12	0,0001	
				1,33	0,08	
				1,675	0,13	
$^{115}\text{In}$	9/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>	1/2 <sup>-</sup>	0,941	0,00083	0,12
		5/2 <sup>+</sup>		1,078	0,12	0,16
		7/2 <sup>+</sup>		1,463	0,089	0,01
				2,8		0,32
				3,3		0,27

## В этой таблице:

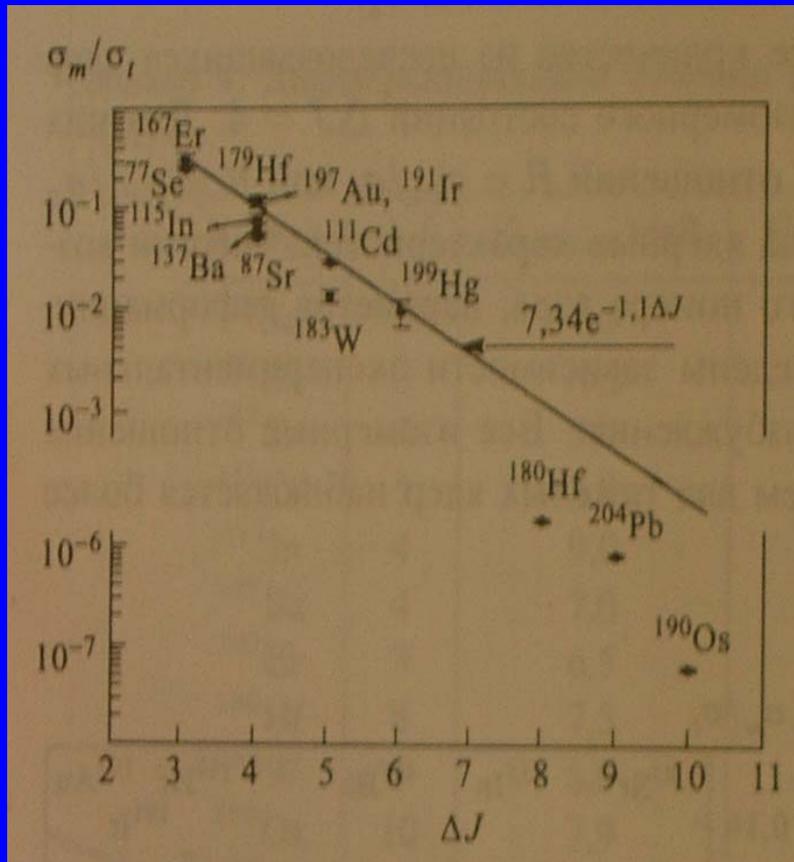
- $\sigma_{\text{инт}} = (\sigma\Gamma)P_m$  – интегральные сечения возбуждения изомерных уровней
- $\sigma$  – резонансное сечение возбуждения активационного уровня
- $\Gamma$  – приведённая ширина этого уровня
- $P_m$  – вероятность разрядки этого активационного уровня в изомерное состояние.

# Что происходит при повышении энергии гамма-кванта?

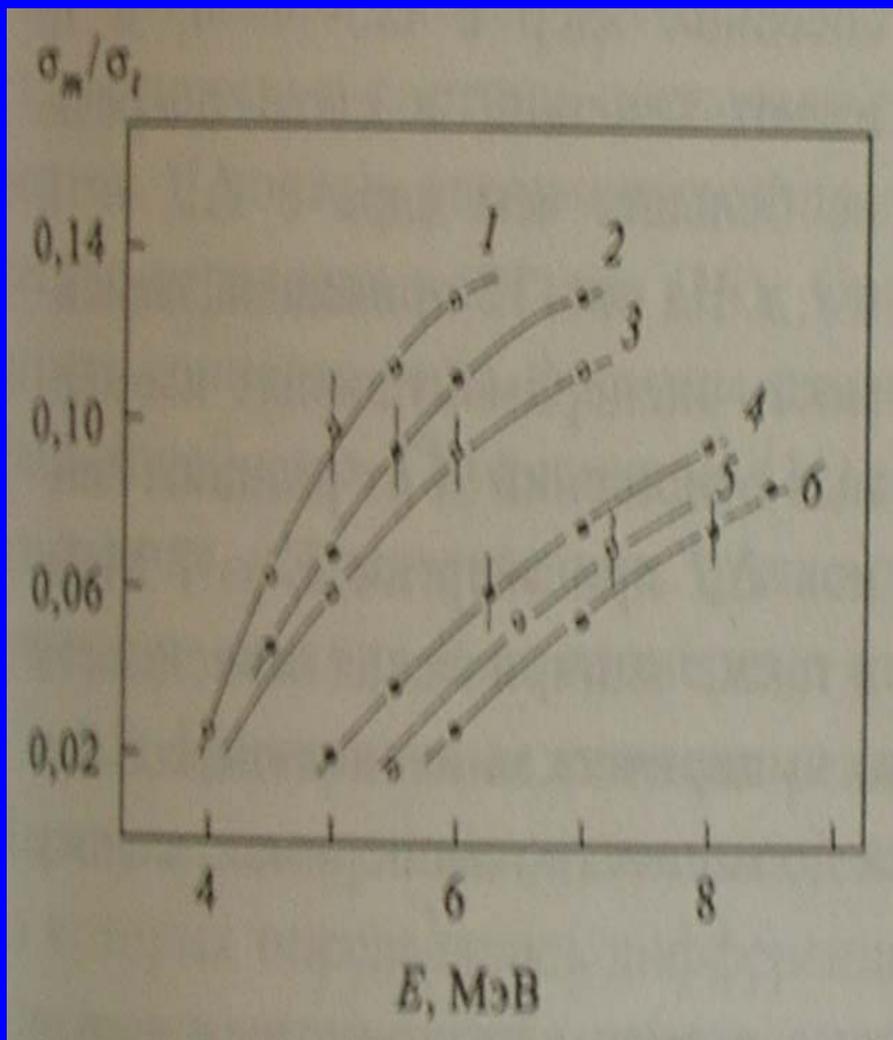


- На рисунке изображена зависимость сечения возбуждения изомера от граничной энергии тормозного спектра.

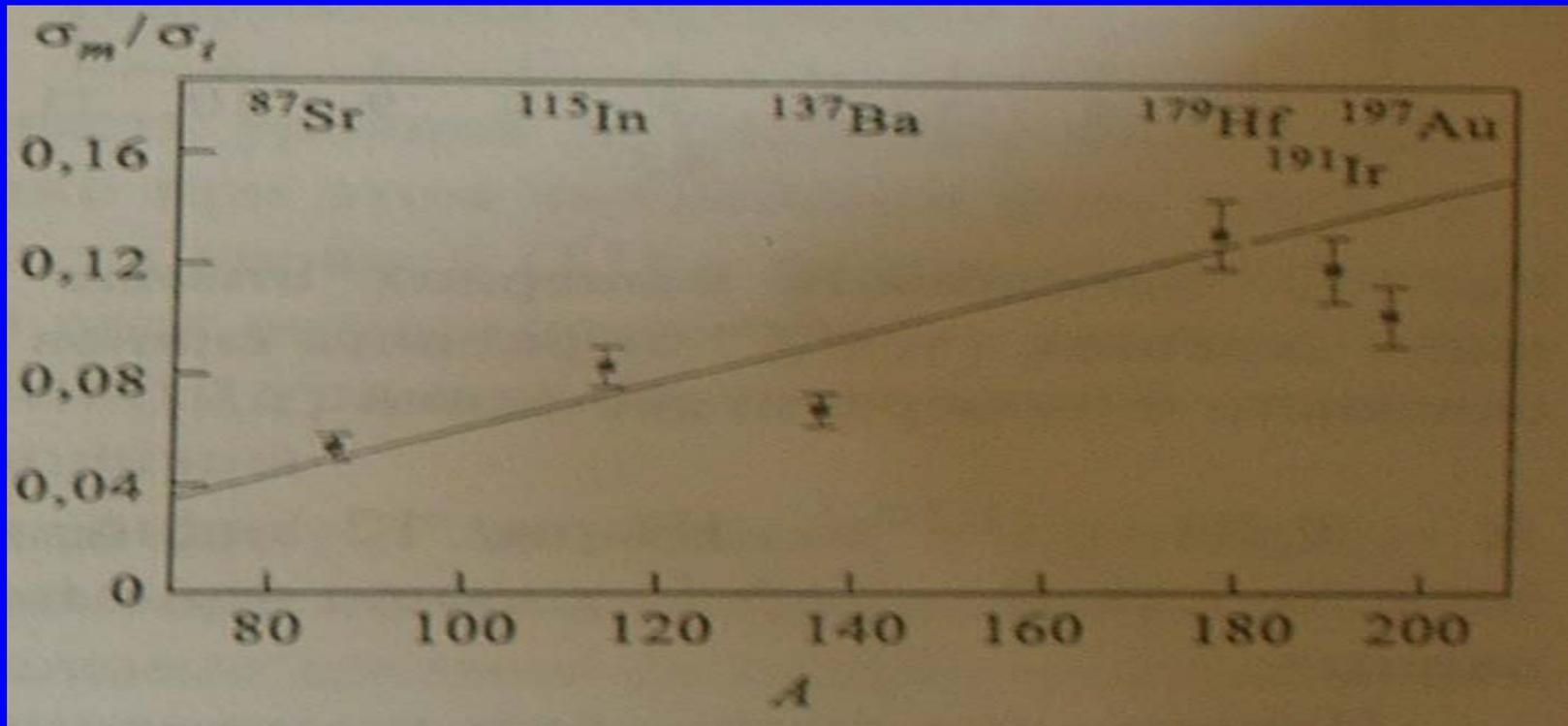
# Некоторые закономерности...



- На рисунке показана зависимость изомерных отношений от разницы спинов основного и изомерного состояний.

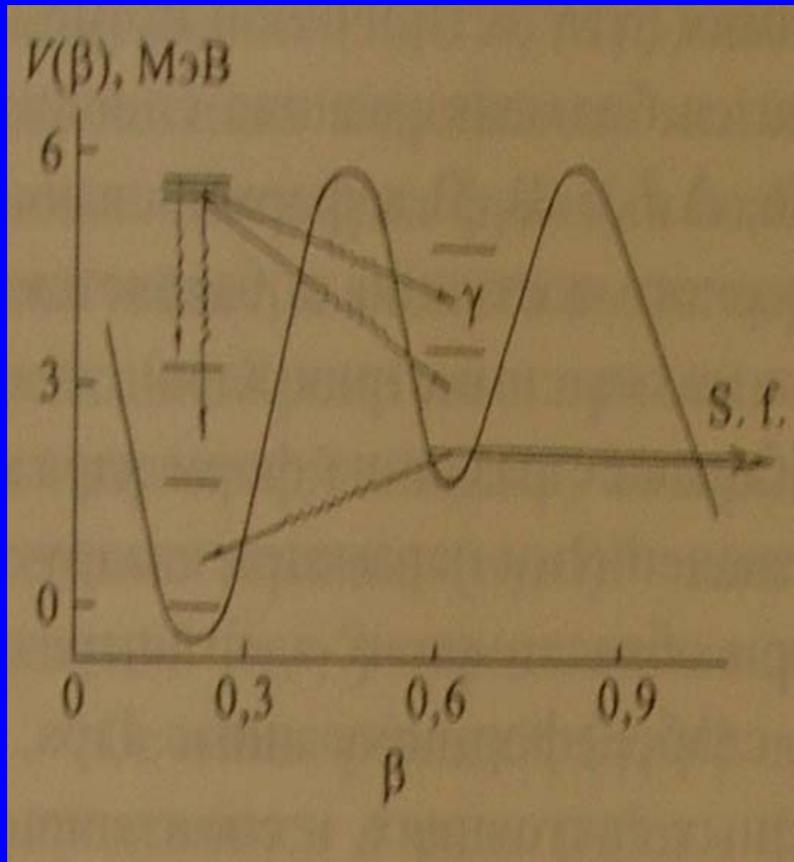


- На рисунке показан рост ИО от энергии возбуждения:
- 1 –  $^{179}\text{Hf}$
- 2 –  $^{191}\text{Ir}$
- 3 –  $^{197}\text{Au}$
- 4 –  $^{115}\text{In}$
- 5 –  $^{137}\text{Ba}$
- 6 –  $^{87}\text{Sr}$ .



- Зависимость величины ИО для ядер с  $\Delta J=4$  от массового числа. Прямая – эмпирическая зависимость  $R=0,62 \cdot 10^{-3} A$ .

# Спонтанно делящиеся изомеры



- Зависимость потенциальной энергии ядра от параметра квадрупольной деформации и схема радиационных переходов.

# Неупругое рассеяние гамма-квантов на изомерах

- Может дать информацию о высоко спиновых активационных уровнях и о гигантских резонансах
- Гамма-лазеры
- Нужна инверсная заселённость
- Обратный эффект конверсии электронов.

# Литература

- Рассеяние  $\gamma$ -квантов ядрами и возбуждение изомерных состояний. Гангрский Ю.П., Мазур В.М. Физика элементарных частиц и атомного ядра 2002. 33, №1. 158-200.
- Возбуждение изомерных состояний в фотоядерных реакциях. Гангрский Ю.П., Балабанов Н.П. Физика элементарных частиц и атомного ядра 1996. 27, №4. 1043-1098.