

### 2.3 Изомерный переход

Гамма-излучение иногда также рассматривается как особый вид радиоактивности, хотя оно и не приводит к изменению состава ядра – ядро лишь переходит при этом с одного энергетического уровня на другой.

Существуют ядра, которые состоят из одинакового числа протонов и одинакового числа нейтронов, но тем не менее различаются своими радиоактивными свойствами (прежде всего периодом полураспада); такие ядра называются изомерными. Изомерные ядра находятся на различных энергетических уровнях. Ядро-изомер, которое находится на более высоком энергетическом уровне, принято называть возбужденным, или метастабильным, и обозначать звездочкой или индексом *m* возле массового числа, например:  $^{80*}\text{Br}$  или  $^{80m}\text{Br}$ . Переход ядра из метастабильного в основное (невозбужденное) состояние называют изомерным переходом (И. П.).

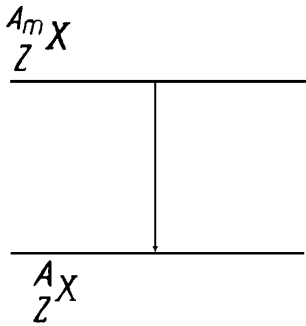


Рис.19. Схематическое изображение изомерного перехода

Изомерный переход сопровождается  $\gamma$ -излучением.  $\gamma$ -Лучи представляют собой коротковолновое (с длиной волны  $10^{-9}$  -  $10^{-12}$  см) электромагнитное излучение. Атомный номер и массовое число при изомерном переходе не изменяются:

$$\text{И.П.} \begin{cases} Z \rightarrow Z \\ A \rightarrow A \end{cases}$$

например,

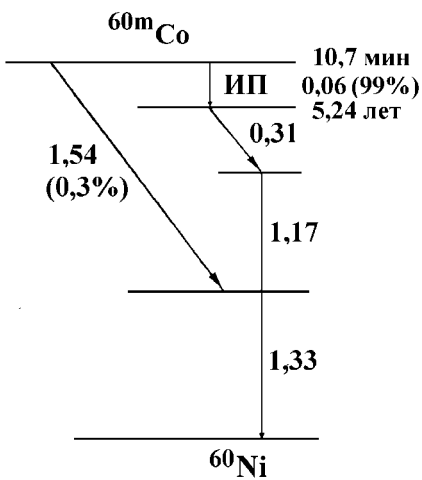
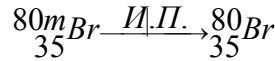


Рис.20. Схема распада  ${}^{60m}\text{Co}$ .

Испускание  $\gamma$ -квантов на схемах распада изображается вертикальной стрелкой (Рис.19 и 20).

Явление ядерной изомерии особенно распространено в области значений *Z* и *N*, приближающихся к «магическим», отвечающим целиком заполненным протонным или нейтронным оболочкам: 50, 82 и 126. Примеры изомеров  ${}^{93m}_{41}\text{Nb}$  (*T*=12 лет),  ${}^{135m}_{56}\text{Ba}$  (*T*=28,7 час),  ${}^{199}_{80}\text{Hg}$  (42 мин).

$\gamma$ -Излучение характеризует особый тип распада лишь при изомерном переходе. Очень часто другие типы распада также сопровождаются  $\gamma$ -излучением. В результате любого радиоактивного процесса дочернее ядро может оказаться в возбужденном состоянии. Однако, если энергия возбуждения излучается путем испускания  $\gamma$ -квантов практически одновременно с актом распада, который привел к возбужденному состоянию ядра, то не имеет смысла говорить о самостоятельном типе распада.

Для многих ядерных изомеров наблюдается так называемая внутренняя электронная конверсия: возбуждённое ядро, не излучая  $\gamma$ -квантов, передаёт свою избыточную энергию электронным оболочкам, вследствие чего один из электронов вылетает из атома. После внутренней конверсии возникает вторичное излучение в рентгеновской и оптической областях вследствие заполнения одним из электронов освободившегося места и последующих переходов. Участие электронных оболочек в конверсионных переходах приводит к тому, что время жизни соответствующих изомеров зависит (хотя и очень слабо) от химического состояния превращающихся атомов.

Внутренняя конверсия может быть легко обнаружена, так как конверсионные электроны (*e*<sup>-</sup>) имеют линейчатый спектр в отличие от непрерывного спектра ядерных  $\beta^-$ -частиц. Внутренняя конверсия всегда сопровождается характеристическим рентгеновским излучением.

Замечание. Известны и такие ядерные изомеры, для которых преобладает не  $\gamma$ -излучение, но распад по какому-либо из основных типов распада. Так, изомер  ${}^{176m}_{71}\text{Lu}$  (*T*=3,7 часа) испытывает, как и основной изотоп  ${}^{176}\text{Lu}$ ,  $\beta^-$ -распад; изомер  ${}^{212m}_{84}\text{Po}$  (*T*=45 сек), как и основной изотоп  ${}^{212}\text{Po}$ ,  $\alpha$ -распад; изомер  ${}^{242m}_{95}\text{Am}$  (*T*=14 мсек) – спонтанное деление.