

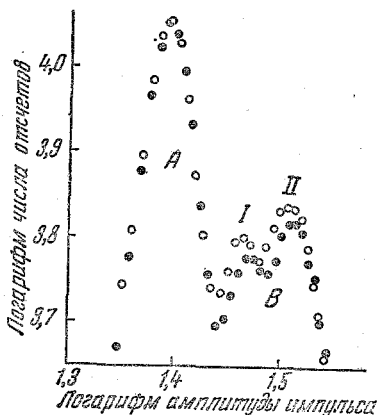
ДОППЛЕР-ЭФФЕКТ ДЛЯ γ -ЛУЧЕЙ С ЭНЕРГИЕЙ 4,5 И 4,8 Мэв

Существование эффекта Допплера для γ -лучей, разумеется, не вызывает сомнений. В наиболее яркой форме этот эффект был исследован для γ -лучей с энергией около 65 Мэв, возникающих при распаде π^0 -мезона на лету¹. Как известно, наличие доплеровского эффекта в этом случае послужило одним из первых и наиболее серьёзных доводов в пользу предположения, что при облучении мишени быстрыми протонами возникают π^0 -мезоны, распадающиеся в непосредственной близости от мишени на два γ -кванта. В течение 1949—1951 гг. было выполнено несколько исследований², в которых наблюдалось доплеровское расширение, и даже смещение γ -линий некоторых радиоактивных веществ, или же γ -линий, возникающих при аннигиляции позитронов. Однако ни в одном из этих опытов скорость движения частицы, испускающей γ -лучи, по отношению к наблюдателю не была известна точно. Соответствующий опыт проделан в реферируемой работе³, из которой следует, что обычная формула доплер-эффекта первого порядка справедлива для γ -лучей с энергией 4,8 и 4,5 Мэв, испускаемых частицей, движущейся со скоростью 0,008 с. В распоряжении авторов был ускоритель, от которого можно было получить однократно заряженные частицы с максимальной энергией 1 Мэв (или α -частицы с соответственно большей энергией), и первая задача заключалась в выборе наиболее подходящей ядерной реакции, дающей γ -излучение. Очевидно, что для того чтобы знать скорость движения излучателя, удобнее всего воспользоваться реакцией радиационного захвата протона или α -частицы: в этом случае импульс этих частиц передаётся ядру, которое движется с приобретённой скоростью до момента излучения γ -кванта. Авторы указывают, что наибольший доплеровский сдвиг мог бы быть получен в реакции ${}^2\text{H}(\text{p}, \gamma){}^3\text{He}$, но, к сожалению, эта реакция не является резонансной, и поэтому для наблюдения доплеровского эффекта необходимо было бы с большой точностью поддерживать постоянной энергию протонов. Поэтому авторы воспользовались реакцией ${}^7\text{Li}(\alpha, \gamma){}^{11}\text{B}$, для которой имеет место резонанс при энергиях 401, 819 и 985 кэв. Когда ядро ${}^7\text{Li}$ поглощает частицу с энергией около 958 кэв, оно приобретает скорость, равную 0,00825 с, направление которой совпадает с направлением пучка α -частиц. В результате реакции ${}^7\text{Li}(\alpha, \gamma){}^{11}\text{B}$ в ${}^{11}\text{B}$ образуется возбуждённый уровень с энергией 9,27 Мэв, который «высвечивается» испусканием двух γ -квантов с энергией 4,81 и 4,46 Мэв. Измерения ширины резонанса показывают, что излучение первого γ -кванта происходит за время порядка 10^{-19} сек., а второго — за время $\sim 10^{-16}$ сек. В обоих случаях эти времена значительно меньше времени замедления движущегося ядра ${}^{11}\text{B}$, которое может быть вычислено и равно $\sim 10^{-13}$ сек. Поэтому можно считать, что источник γ -излучения действительно движется с постоянной скоростью, равной 0,008 с. γ -излучение наблюдалось с помощью двух кристалличе-

ских сцинтилляционных счётчиков NaJ (Tl), расположенных под углами 48° и 132° к пучку α -частиц, соответственно. Для таких углов доплеровское смещение энергий γ -квантов, регистрируемых обоими счётчиками, должно быть равно 1,1%. С точки зрения экспериментальной техники наибольшие затруднения в этом опыте связаны с необходимостью обеспечить достаточно стабильную работу установки, состоящей из счётчиков, источников питания и усилителя, необходимую для наблюдения такого смещения линий. Чтобы обойти это затруднение, авторы производили относительные измерения, воспользовавшись в качестве эталона для сравнения γ -излучением ^{137}Cs : в течение двух минут измеряли излучение ^{11}B , затем измеряли излучение ^{137}Cs в течение такого же промежутка времени, набирая примерно такое же число отсчётов, что и в первом опыте. Такие серии измерений были проведены большое число раз и влияние нестабильности прибора устранялось тем, что при построении общего распределения импульсов по амплитуде различные серии измерений были приведены к одинаковому положению максимума для излучения ^{137}Cs . Полученные спектры приведены на рисунке в двойном логарифмическом масштабе. По оси ординат отложено число отсчётов, а по оси абсцисс — амплитуда импульсов, измеренная анализатором импульсов. Область A графика соответствует γ -излучению ^{137}Cs , область B — излучению ^{11}B . Белыми и чёрными кружками нанесено число отсчётов по счётчикам, расположенным под углами 132° и 48° к пучку α -частиц, соответственно. Мы видим, что оба контура, намеченные белыми и чёрными кружками для излучения ^{137}Cs , не обнаруживают никакого сдвига, тогда как контуры I и II (эти контуры соответствуют γ -квантам от ^{11}B с энергией 4,46 и 4,81 Мэв, соответственно) заметно сдвинуты. Направление этого сдвига и его величина, оценённая авторами, совпадает с ожидаемым значением сдвига для доплеровского эффекта в этих условиях.

Кроме полученного подтверждения доплеровского эффекта для γ -излучения, рассматриваемая работа интересна и с другой точки зрения: она даёт новый метод для измерения времени жизни возбуждённых ядерных состояний, длящихся меньше 10^{-14} сек. Действительно, отсутствие доплеровского смещения в рассмотренном случае, или аналогичных случаях, указывало бы на то, что время жизни в возбуждённом состоянии больше, чем время замедления ядра, которое легко может быть вычислено.

A. B.



ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Bjorklund и др., Phys. Rev., **82**, 20 (1951).
2. Elliot and Bell, Phys. Rev., **73**, 168 (1949); Du Mond, Lind, Watson, Phys. Rev., **73**, 1226 (1949); Hutchinson, Scarot, Phil. Mag., **42**, 792 (1951).
3. Jones, Wilkinson, Phil. Mag., **43**, 959 (1952).