

г) Обязательно ли она равна орбитальной скорости движения Солнца вокруг центра нашей Галактики?

д) Предполагая, что эта скорость равна орбитальной скорости, оценить величину массы нашей Галактики, принимая, что вся ее масса сосредоточена в ее центре и что орбита Солнца является круговой (расстояние до центра Галактики равно 3500 световым годам). Сравнить эту величину с приведенным выше значением $8 \cdot 10^{44}$ г для массы Галактики и объяснить разницу.

О т в е т. а) Средняя скорость галактик, рассчитанная по соотношению между скоростью и расстоянием, равна 1000 км/сек.

б) Средняя длина волны линии H_{α} будет равна $6,584 \cdot 10^{-5}$ см.

в) 300 км/сек.

г) Нет, так как в нее может входить скорость движения Галактики как целого относительно этой системы отсчета.

д) $4,5 \cdot 10^{43}$ г. Эта величина меньше обычно приводимой, потому что значительная часть массы нашей Галактики не находится в ее центре, — действительно, большая часть массы находится во внешней относительно Солнца части Галактики, где она не будет влиять на движение Солнца или не может быть обнаружена таким способом.

10. *Вращение звезд.* По наблюдениям за поверхностью Солнца видно, что оно медленно вращается, с периодом в 25 суток на экваторе. Однако некоторые звезды вращаются значительно быстрее. Как это можно определить, если звезды настолько удалены от нас, что мы их видим как светящиеся точки?

Д о п о л н е н и е. Излучение гамма-лучей при отсутствии отдачи

Атомное ядро, находящееся в возбужденном энергетическом состоянии, может испустить фотон гамма-излучения, совершая переход в основное, или невозбужденное, состояние. Может произойти также обратный процесс: ядро, находящееся в своем основном состоянии, поглощая фотон, переходит при этом в возбужденное состояние.

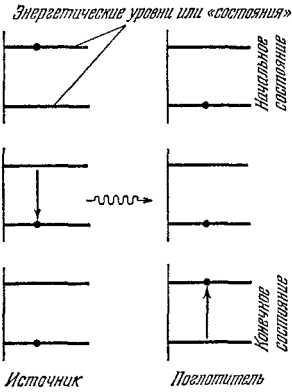


Рис. 10.41.

Предположим, что имеется источник излучения, содержащий возбужденные ядра атомов (рис. 10.41). С течением времени этот источник будет излучать фотоны. Предоставим этим фотонам падать на поглотитель, содержащий подобные же ядра в их основном состоянии. Эти ядра

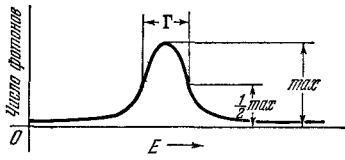


Рис. 10.42.

поглотят падающие фотоны и затем будут сами излучать фотоны. Явление поглощения и последующего излучения называется ядерной флуоресценцией. Как показано на рис. 10.42, величины энергии фотонов, излученных как источником, так и поглотителем, будут находиться в интервале, приблизительная ширина которого равна Γ .

Хорошим примером является ядро атома Fe^{57} . Оно образуется в возбужденном состоянии как продукт радиоактивного распада Co^{57} . Ядро Fe^{57} в возбужденном состоянии испускает фотон с энергией 14,4 кэв, переходя при этом в ядро Fe^{57} в основном состоянии.

Представим себе, что ядро атома Fe^{57} находится в возбужденном состоянии в вакууме и до испускания остается неподвижным. В момент испускания фотона

это ядро приобретает импульс отдачи в направлении, противоположном направлению движения фотона.

а) Какова частота фотона с энергией $14,4 \text{ кэВ}$? Вспомните, что $E = h\nu$, где E — энергия фотона, а h — постоянная Планка.

О т в е т. $3,5 \cdot 10^{18} \text{ гц}$.

б) Импульс фотона равен $h\nu/c$. Каков импульс отдачи ядра?

О т в е т. $7,7 \cdot 10^{-19} \text{ г} \cdot \text{см/сек}$.

в) Показать, что энергия отдачи ядра R равна

$$R = \frac{E^2}{2Mc^2},$$

где M — масса ядра, а E — энергия фотона. Оценить величину R (в электрон-вольтах) для Fe^{57} .

О т в е т. $2 \cdot 10^{-3} \text{ эв}$.

Энергетические уровни ядра не являются идеально узкими, а имеют ширину Γ , причем согласно принципу неопределенности

$$\Gamma \tau \approx \frac{h}{2\pi},$$

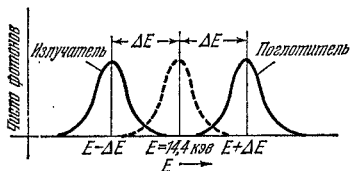


Рис. 10.43.

где τ — среднее время жизни состояния (см. рис. 10.42). Для γ -лучей с относительно малой энергией, подобно γ -лучам, испускаемым ядром Fe^{57} , ширина энергетических уровней ядра может быть намного меньше энергии отдачи R . В этом случае излучаемые γ -фотоны могут не поглощаться ядрами Fe^{57} в основном состоянии, потому что частота этих фотонов уже не соответствует энергии перехода (рис. 10.43).

Один из методов эффективной настройки частот излучателя и поглотителя заключается в придании источнику излучения скорости относительно поглотителя.

г) Какая величина этой скорости требуется для Fe^{57} ?

д) Мёссбауэр обнаружил, что в некоторых случаях при излучении фотонов определенными кристаллами импульс отдачи передается кристаллу как целому, а не отдельным ядрам атомов. При комнатной температуре около 70% всех фотонов, излучаемых кристаллом Fe, испускаются без отдачи*).

Рассчитать R для фотона, излучаемого без отдачи, если масса кристалла Fe равна 1 г.

О т в е т. $2 \cdot 10^{-25} \text{ эв}$, т. е. совсем ничтожная величина.

*) То есть без отдачи отдельными атомами. (Прим. ред.)