

2.1.3 Нейтронное излучение

Нейтроны образуются в ядерных реакциях (в ядерных реакторах и в других промышленных и лабораторных установках, а также при ядерных взрывах). Различают тепловые и быстрые нейтроны. Иногда используются нейтроны с промежуточными энергиями.

Свободный нейтрон - это нестабильная, электрически нейтральная частица со следующими свойствами:

Спин	$1/2$
Заряд (e - заряд электрона)	$q_n = (-0,4 \pm 1,1) \cdot 10^{-21} e$
Масса в атомных единицах	$m_n = 939,56533 \pm 0,00004 \text{ МэВ},$ $= 1,00866491578 \pm 0,00000000055 \text{ а.е.м.}$
Разность масс нейтрона и протона в атомных единицах	$m_n - m_p = 1,2933318 \pm 0,0000005 \text{ МэВ},$ $= 0,0013884489 \pm 0,0000000006 \text{ а.е.м.}$
Время жизни	$t_n = 885,4 \pm 0,9_{\text{stat}} \pm 0,4_{\text{svst}} \text{ с}$
Магнитный момент	$m_n = -1,9130427 \pm 0,0000005 \text{ m}_N$
Электрический дипольный момент	$d_n < 0,63 \cdot 10^{-25} \text{ е-см (CL=90\%)}$
Электрическая поляризуемость	$a_n = (0,98^{+0,19}_{-0,23}) \cdot 10^{-3} \text{ Фм}^3$

Эти свойства нейтрона позволяют использовать его, с одной стороны, как объект, который изучается и, с другой стороны, как инструмент, при помощи которого ведутся исследования. В первом случае исследуются уникальные свойства нейтрона, что является актуальным и дает возможность наиболее надежно и точно определить фундаментальные параметры электрослабого взаимодействия и, тем самым либо подтвердить, либо опровергнуть Стандартную модель. Наличие магнитного момента у нейтрона уже свидетельствует о его сложной структуре, т.е. его "неэлементарности". Во втором случае взаимодействие неполяризованных и поляризованных нейтронов разных энергий с ядрами позволяет их использовать в физике ядра и элементарных частиц. Изучение эффектов нарушения пространственной четности и инвариантности относительно обращения времени в различных процессах - от нейтронной оптики до деления ядер нейтронами - это далеко не полный перечень наиболее актуальных сейчас направлений исследований.

Тот факт, что реакторные нейтроны тепловых энергий имеют длины волн, сравнимые с межатомными расстояниями в веществе, делает их незаменимым инструментом для исследования конденсированных сред. Взаимодействие нейтронов с атомами является сравнительно слабым, что позволяет нейтронам достаточно глубоко проникать в вещество - в этом их существенное преимущество по сравнению с рентгеновскими и γ -лучами, а также пучками заряженных частиц. из-за наличия массы нейтроны при том же импульсе (следовательно, при той же длине волны) обладают значительно меньшей энергией, чем рентгеновские и γ -лучи, и эта энергия оказывается сравнимой с энергией тепловых колебаний атомов и молекул в веществе, что дает возможность изучать не только усредненную статическую атомную структуру вещества, но и динамические процессы, в нем происходящие. Наличие магнитного момента у нейтронов позволяет использовать их для изучения магнитной структуры и магнитных возбуждений вещества, что очень важно для понимания свойств и природы магнетизма материалов.

Рассеяние нейтронов атомами обусловлено, в основном, ядерными силами, следовательно сечения их когерентного рассеяния никак не связаны с атомным номером (в отличие от рентгеновских и γ -лучей). Поэтому "освещение" материалов нейтронами позволяет различать положения атомов легких (водород, кислород и др.) элементов, идентификация которых почти невозможна с использованием рентгеновских и γ -лучей. По этой причине нейтроны успешно применяются при изучении биологических объектов, в материаловедении, в медицине и др. областях. Кроме того, различие в когерентных сечениях рассеяния нейтронов у разных изотопов позволяет не только отличать в материале элементы с близкими атомными номерами, но и исследовать их изотопный состав. Наличие изотопов с отрицательной амплитудой когерентного рассеяния дает уникальную возможность контрастирования исследуемых сред, что также очень часто используют в биологии и медицине.