

Софийски университет " Св. Климент Охридски "

Катедра " Ядрена техника и ядрена енергетика "

Изработил : Венелин Милков Русанов

ф. №30322

Принципи на Мъосбауеровата спектроскопия. Приложения.

1) Същност и принципи на ефекта на Мъосбауер.

1.1) Същност :

Ефектът на Мъосбауер представлява резонансно безоткатно поглъщане или излъчване на гама-кванти от ядра.

1.2) Принципно положения :

1.2.1) Време на живот на ядреното ниво :

Крайното време на живот на дадено ядрено състояние определя ненулевата му естествена ширина в съответствие с принципа на неопределеност $\Gamma \geq \hbar/\tau$.

1.2.2) Откатен ефект :

В съгласие със закона за запазване на импулса при излъчване и поглъщане на гама-квант, ядрото получава откат. В резултат на получения откат енергетичната линия на излъчвания гама-квант се отмества наляво $E_0 - E_R$, а тази на погълнатия квант надясно $E_0 + E_R$. Тоест, линиите на излъчване и поглъщане са отместени една спрямо друга на енергетично разстояние от два пъти откатната енергия на ядрото.

1.2.3) Доплерово разширение :

В действителност ядрата се намират в непрекъснато топлинно движение, което води до появата на ефект на Доплер, изразяващ се в честотно и енергетично разширение на линиите на

излъчване и поглъщане. Тоест енергетичните линии на гама-кванта притежават ненулева естествена ширина, раздалечени са на разстояние от удвоената откатна енергия на ядрото и получават допълнително честотно и енергетично разширение в резултат от непрекъснатото топлинно движение на атомите и ядрата на средата.

1.2.4) Техники за преодоляване на спектралното разминаване :

доплерово топлинно разширение

За осъществяване на резонансно поглъщане на гама-кванти е необходимо да се компенсира енергетичната разлика от удвоената откатна енергия на ядрото. Един от начините това да се реализира е повишаването на температурата на средата, което довежда до доплерово енергетично топлинно разширение на линиите на излъчване и поглъщане на гама-кванта. Вероятността за резонансно поглъщане е пропорционална на отношението на препокритата площ към общата площ на съответните линии.

предаване на висока скорост на излъчващото ядро

Ускоряването на излъчващото ядро в ултрацентрофуга отново води до доплерово разширение и съответно повишаване на вероятността от препокриване на профилите на линиите на излъчване и поглъщане.

ефект на Мъосбауер

Трептенето на атомите в кристална решетка се представя като възбуждане под действието на вид квазичастици, наречени фонони. Оказва се, че съществуват процеси, при които фононното състояние на кристалната решетка не се променя. Например, кохерентно разсейване на бавни неутрони и кохерентно поглъщане на гама-кванти. В резултат на безоткатно

излъчване/поглъщане върху широкия спектър от доплерово разширение на съответната гама-линия се наблюдава неотместена линия с естествена ширина.

Вероятността за безоткатно излъчване/поглъщане зависи от три основни фактора, а именно :

- температурата на кристала

Фононите се описват с разпределение на Бозе-Айнщайн, като с повишаване на температурата на средата техният брой и вероятността да се родят нови такива нараства. Следователно с понижаване на температурата на средата се увеличава вероятността за осъществяване на ефекта на Мъосбауер.

- енергията на откат на свободното ядро

Колкото откатната енергия на ядрото е по-висока, толкова вероятността за резонансно безоткатно поглъщане намалява. Това означава, че при равни други условия, ефектът на Мъосбауер е привилегирован при по-тежки излъчващи/поглъщащи ядра.

- характеристичният фононен спектър

Средната енергия на откат при излъчване на гама-квант, която се поема от кристала, е равна на енергията на откат на свободно ядро. Следователно, ако във фонония спектър съществуват нива с висока енергия, то възбуждането им отнема от съответните гама-кванти по-голяма енергия от средната откатна. Поради вероятностния характер на явленията, това води до ненулева възможност за реализиране на безоткатно излъчване/поглъщане.

Експерименталното определяне на ефекта на Мъосбауер се извършва чрез измерване на скоростта на броене на преминалото през поглътителя лъчение при максимален резонанс и извън него.

1.2.5) Свръхфини взаимодействия :

Лоренцовата форма на профила на неотместената безоткатна гама-линия е валидна в случая на идеализирано точково ядро. Такова идеализирано точково ядро не изпитва никакви въздействия от страна на електронната обвивка на атома, както и от страна на каквито и да е външни полета.

При отчитане на кулоновото взаимодействие на дадено ядро с електронния облак в областта на ядрото, енергията на гама-кванта търпи промяна, която е пророрционална на разликата от квадратите на електронните плътности в областта на ядрото при източника и поглътителя. Електронната плътност зависи от вида и конкретната форма на химичната връзка, като това може да бъде използвано за разпознаване на съответното химично съединение, в което участва резонансното поглъщащо ядро.

При взаимодействието на градиента на външно електрично поле с квадруполния момент на ядрото се наблюдава разцепване на енергетичните нива, поради снемане на израждането по магнитното квантово число. Този ефект е известен като квадруполно разцепване.

При взаимодействието на външно магнитно поле с магнитния момент на ядрото отново се наблюдава магнитно разцепване на нивата, което е свързано със снемане на израждането по спиновото магнитно квантово число.

2) Приложения на мъосбауеровата спектроскопия.

2.1) Ядрена физика :

В областта на ядрената физика мъосбауеровата спектроскопия намира многобройни приложения. Тя се използва при измерване характеристиките на определени ядрени състояния, като например спин, квадруполен и магнитен момент, време на живот, промяна на радиуса на ядрото при преход от основно към дадено възбудено състояние. Може да бъде използвана за уточняване на схеми на разпад.

2.2) Химичен анализ :

В областта на химичния анализ ефектът на Мъосбауер се използва за идентифициране на съединението, в което е разположен мъосбауеровият елемент, както и за определяне на конкретното местоположение на резонансното поглъщащо ядро в сложни молекули.

Мъосбауеровата спектроскопия предлага възможност за реализиране на безразрушителни методи за анализ, а също така и за проследяване поведението на химичния състав и кристалната структура в тънки повърхностни слоеве. При изследване на промяната на химичния състав и кристалната структура се процедира, като се наблюдава загубата на енергия на генерираните конверсионни електрони при преминаването им през образца. По дадената енергетична загуба на конверсионните електрони може да се определи дълбочината, на която те са били излъчени.

2.3) Физика на твърдото тяло :

Използва се за изследване на кристалната структура, градиента на електричното поле, магнетизма, както и тяхното изменение

под въздействието на външни полета, температура, висико налягане.

Мъосбауеровата спектроскопия се използва и при измерване на средноквадратичната скорост на ансамбъл от еднородни обекти. Такова измерване при процеси на дифузия и брауново движение на микрочастици, съдържащи мъосбауеров нуклид, може да даде информация за структурата на течности.