



Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

Спецкурс

Физические основы и методы мессбауэровской спектроскопии

Русаков Вячеслав Серафимович

Москва - 2020

Отличительные особенности методов ядерного гамма-резонанса

1. "Изотопная" ограниченность – 110 мессб. переходов в 90 изотопах для 45 элементов
(^{57}Fe , ^{119}Sn , ^{151}Eu , ^{161}Dy , ^{121}Sb , ^{125}Te , ...)

Mössbauer Spectroscopy Periodic Table

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac															
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

N > 1000

100 < N < 1000

10 < N < 100

1 < N < 10

N = 0

Mössbauer Effect Data Center

Mössbauer Effect Data Center

2. Ограниченность по агрегатному состоянию объекта – твердое тело.

Отличительные особенности методов ядерного гамма-резонанса

1. Рекордная разрешающая способность (относительная по энергии) – Γ_{τ}/E_0 от $2 \cdot 10^{-12}$ (^{151}Eu) до $5 \cdot 10^{-16}$ (^{61}Zn); для ^{119}Sn – 10^{-12} , для ^{57}Fe – $3 \cdot 10^{-13}$.

2. Сочетание информации локального характера с данными о кооперативных явлениях – зарядовая и спиновая электронные плотности, тензор ГЭП, $\mu_{\text{at}} \Leftrightarrow$ магнитное состояние, T_{C} , ϑ_{D} , фазовый состав вещества.

3. Не воздействующий на исследуемый объект метод – не влияет на физическое состояние исследуемого объекта и на процессы его взаимодействия.

4. Многообразие экспериментальных методик:

- **методы регистрации:** γ -кванты, электроны конверсии и рентгеновское излучение; сцинтилляционное и резонансное детектирования, резонансная фильтрация;
- **источники:** радиоактивные изотопы, синхротронное излучение;
- **геометрия опыта:** излучение, поглощение, рассеяние – малоугловое и брэгговское;
- **формы воздействия:** T , H , P , ионная имплантация, лазерное излучение.

5. Развитые методы обработки и анализа данных: повышение разрешения и шумоподавление, модельная расшифровка, восстановление функций распределения, использование спектров образцов-эталонов.

Отличительные особенности методов ядерного гамма-резонанса

6. Разнообразие и богатство получаемой информации по вопросам:

- качественный и количественный фазовый анализ вещества ($S, \delta, \varepsilon, H_n$);
- фазовые переходы (δ, ε, H_n);
- магнитные, сегнетоэлектрические и структурные превращения ($S, \delta, \varepsilon, H_n$);
- кинетика физико-химических процессов (S);
- число неэквивалентных позиций (δ, ε, H_n) и катионное распределение (S);
- динамические свойства атомов (S при $T \sim \vartheta_D$ и δ при $T < \vartheta_D$);
- симметрия ближайшего окружения (ε);
- валентное, спиновое и структурное состояния, кристаллохим. идентификация (δ, ε);
- электронная конфигурация, химическая связь, степень ковалентности (δ, ε, H_n);
- механизмы сверхтонких и обменных взаимодейств., электронного обмена (δ, ε, H_n);
- особенности магнитной (H_n), электронной и кристаллической структуры (δ, ε);
- направление ОЛН и спиновая переориентация (S, ε, H_n);
- релаксационные явления ($H_n, \Gamma; \Omega_p, \tau_p, E_{an}, V$);
- дефектность структуры, неоднородность состава, стехиометрии ($\delta, \varepsilon, H_n, \Gamma$).

7. Широта использования — физика твердого тела и магнитных явлений, ядерная и химическая физика, биофизика, микроэлектроника, геология, почвоведение, медицина, экология и т.д.