

Лабораторная работа

Определение радиоактивных свойств минералов

Цель работы: определение радиоактивных свойств минералов, как функции зависимости β , γ – излучения от расстояния к источнику излучения.

Приборы и материалы: радиометр β , γ – излучения РКС-20.03 типа «Припять»; образцы минералов.

Теоретические сведения

РАДИОАКТИВНОСТЬ (от лат. radio - испускаю лучи и activus - действенный), самопроизвольное превращение неустойчивых атомных ядер в ядра др. элементов, сопровождающееся испусканием частиц или квантов. Известны 4 типа радиоактивности: альфа-распад, бета-распад, спонтанное деление атомных ядер, протонная радиоактивность.

Установлено, что радиоактивны все химические элементы с порядковым номером, большим 82 (то есть начиная с висмута), и некоторые более лёгкие элементы (прометий и технеций не имеют стабильных изотопов, а у некоторых элементов, например индия, калия или кальция, одни природные изотопы стабильны, другие же радиоактивны).

Естественная радиоактивность — самопроизвольный распад атомных ядер, встречающихся в природе.

Искусственная радиоактивность — самопроизвольный распад атомных ядер, полученных искусственным путем через соответствующие ядерные реакции.

Ядро, испытывающее радиоактивный распад, и ядро, возникающее в результате этого распада, называют соответственно материнским и дочерним ядрами.

Распад, сопровождающийся испусканием альфа-частиц, назвали альфа-распадом; распад, сопровождающийся испусканием бета-частиц, был назван бета-распадом (в настоящее время известно, что существуют типы бета-распада без испускания бета-частиц, однако бета-распад всегда сопровождается испусканием нейтрино или антинейтрино). Термин «гамма-распад» применяется редко; испускание ядром гамма-квантов называют обычно изомерным переходом. Гамма-излучение часто сопровождает другие типы распада, когда в результате первого этапа распада возникает дочернее ядро в возбуждённом состоянии, затем испытывающее переход в основное состояние с испусканием гамма-квантов.

Энергетические спектры α -частиц и γ -квантов, излучаемых радиоактивными ядрами, прерывистые («дискретные»), а спектр β -частиц — непрерывный.

Образовавшееся в результате радиоактивного распада дочернее ядро иногда оказывается также радиоактивным и через некоторое время тоже распадается. Процесс радиоактивного распада будет происходить до тех пор, пока не появится стабильное, то есть нерадиоактивное ядро. Последовательность таких распадов называется цепочкой распадов, а последовательность возникающих при этом

нуклидов называется радиоактивным рядом. В частности, для радиоактивных рядов, начинающихся с урана-238, урана-235 и тория-232, конечными (стабильными) нуклидами являются соответственно свинец-206, свинец-207 и свинец-208.

Э. Резерфорд экспериментально установил (1899), что соли урана испускают лучи трёх типов, которые по-разному отклоняются в магнитном поле:

- лучи первого типа отклоняются так же, как поток положительно заряженных частиц; их назвали α -лучами;
- лучи второго типа обычно отклоняются в магнитном поле так же, как поток отрицательно заряженных частиц, их назвали β -лучами (существуют, однако, позитронные бета-лучи, отклоняющиеся в противоположную сторону);
- лучи третьего типа, которые не отклоняются магнитным полем, назвали γ -излучением.

Альфа-распад

Альфа-распадом называют самопроизвольный распад атомного ядра на дочернее ядро и α -частицу (ядро атома ${}^4\text{He}$).

Альфа-распад, как правило, происходит в тяжёлых ядрах с массовым числом $A \geq 140$ (хотя есть несколько исключений). Внутри тяжёлых ядер за счёт свойства насыщения ядерных сил образуются обособленные α -частицы, состоящие из двух протонов и двух нейтронов. Образовавшаяся α -частица подвержена большему действию кулоновских сил отталкивания от протонов ядра, чем отдельные протоны. Одновременно α -частица испытывает меньшее ядерное притяжение к нуклонам ядра, чем остальные нуклоны. Образовавшаяся альфа-частица на границе ядра отражается от потенциального барьера внутрь, однако с некоторой вероятностью она может преодолеть его (см. Туннельный эффект) и вылететь наружу. С уменьшением энергии альфа-частицы проницаемость потенциального барьера очень быстро (экспоненциально) уменьшается, поэтому время жизни ядер с меньшей доступной энергией альфа-распада при прочих равных условиях больше.

Бета-распад

Беккерель доказал, что β -лучи являются потоком электронов. Бета-распад — это проявление слабого взаимодействия.

Бета-распад (точнее, бета-минус-распад, β^- -распад) — это радиоактивный распад, сопровождающийся испусканием из ядра электрона и электронного антинейтрино.

Гамма-распад (изомерный переход)

Почти все ядра имеют, кроме основного квантового состояния, дискретный набор возбуждённых состояний с большей энергией (исключением являются ядра ${}^1\text{H}$, ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{H}$ и ${}^3\text{He}$). Возбуждённые состояния могут заселяться при ядерных реакциях либо радиоактивном распаде других ядер. Большинство возбуждённых

состояний имеют очень малые времена жизни (менее наносекунды). Однако существуют и достаточно долгоживущие состояния (чьи времена жизни измеряются микросекундами, сутками или годами), которые называются изомерными, хотя граница между ними и короткоживущими состояниями весьма условна. Изомерные состояния ядер, как правило, распадаются в основное состояние (иногда через несколько промежуточных состояний). При этом излучаются один или несколько гамма-квантов; возбуждение ядра может сниматься также посредством вылета конверсионных электронов из атомной оболочки. Изомерные состояния могут распадаться также и посредством обычных бета- и альфа-распадов.

Порядок выполнения работы

1. Радиометр является прямо показывающим прибором с цифровой индикацией. При измерении необходимо считывать показания индикатора с учетом положений переключателей видоизмеряемого ионизирующего излучения и диапазона.

2. Измерение мощности дозы γ – излучения. Она измеряется при установленной крышке фильтра γ . Можно измерить мощность экспозиционной дозы в мР/ч.

Выбор вида измеряемой мощности дозы осуществляется переключателем Н-х (режим γ).

Перед измерением мощности дозы, переключатели устанавливаются в положение: предел – нижнее положение; время 20 сек.; ф, Ам – любое.

Включаем прибор. Показания снимают через 20 сек. При быстром увеличении показаний и появлении сигнала переполнения индикатора переключатель Предел перевести вверх и через 20 сек снять показания.

3. Измерение интенсивности β – излучения.

Определяется радиометром плотности потока β – излучения при снятой крышке – фильтре. Показания считывать в ед. плотности потока β – излучения (част/(см² · мин)). Режим β ; Н-х любое; Предел – нижнее положение; ф – Ам – ф; время 20 сек. Появляется 4-значное число.

Для учета влияния γ -фона проводим измерения с закрытой крышкой (1-2 см от поверхности; 20 сек), снимаем крышку и повторяем измерение; затем из 2-го показания вычитаем 1-е.

4. Аналогично предыдущему (только 30-40 сек).

Измерение удельной активности.

Полученные результаты радиоактивного загрязнения относим к единице веса пробы, единица измерения – Кюри (Ки/кг), положение Ам.

5. Полученные результаты занести в таблицу и отразить на графике зависимости β , γ – излучения от расстояния к источнику излучения.

Таб. Показатели радиоактивности с учетом фона (\approx мР/ч)

Вид излучения	Образец минерала №1			Образец минерала №2		
	Расстояние, см	Расстояние, см	Расстояние, см	Расстояние, см	Расстояние, см	Расстояние, см
β						
γ						