КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ
Физико-технический факультет
Кафедра теоретической и ядерной физики

«Радиологические измерения»

Лекция 10. Принцип работы спектрометрических приборов радиационного контроля.

и.о. доцента кафедры
теоретической и ядерной физики
PhD Зарипова Ю.А.

Цель лекции: сформировать у обучающихся представление о физических принципах работы спектрометрических приборов, особенностях регистрации альфа-, бета- и гамма-излучений, а также возможностях и ограничениях сцинтилляционных и полупроводниковых спектрометров при проведении радиологических измерений и радионуклидного анализа.

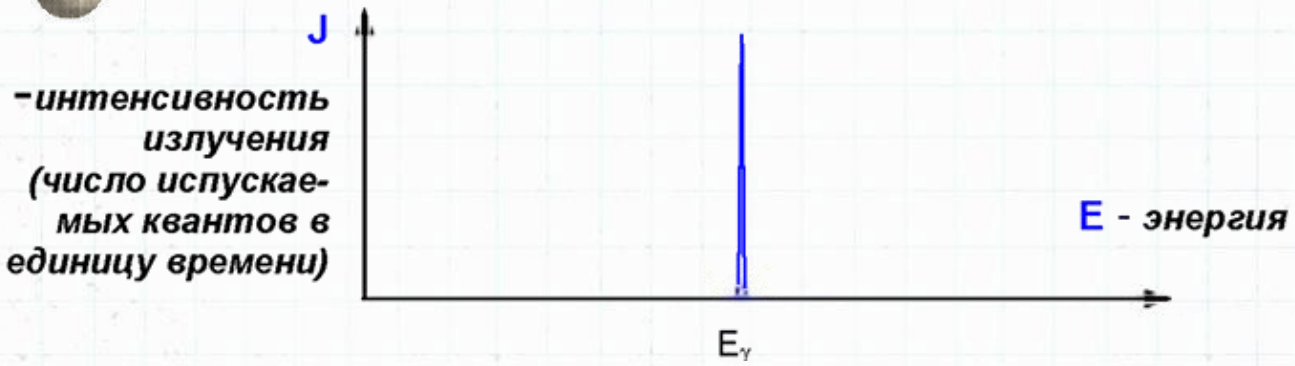
Результаты обучения:

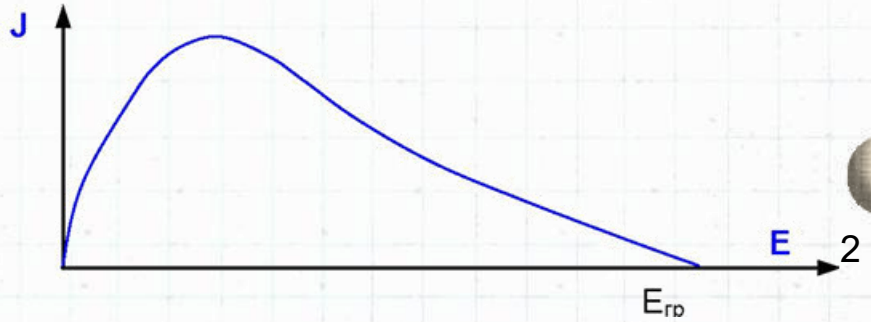
По завершении лекции обучающийся будет способен:

1. Объяснять назначение спектрометрических приборов и основные принципы измерения энергетических спектров ионизирующих излучений.
2. Характеризовать структуру энергетических спектров α-, β- и γ-излучений и их особенности.
3. Описывать функциональную структуру спектрометра и назначение его основных элементов.
4. Сравнивать принципы работы, энергетическое разрешение и эффективность регистрации сцинтилляционных и полупроводниковых спектрометров.
5. Объяснять особенности применения спектрометрических приборов для идентификации радионуклидов и определения их активности в исследуемых образцах.

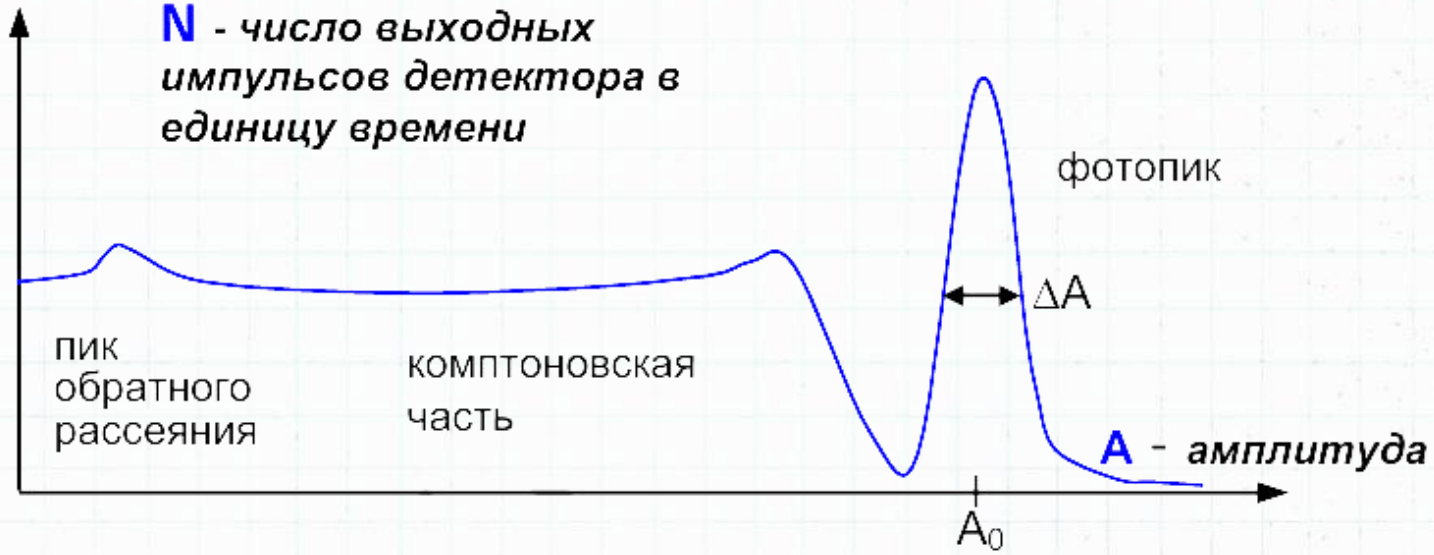
Качественный анализ, то есть определение состава радионуклидов в образце, - одна из основных задач спектрометрии.

Спектром излучения называется зависимость интенсивности излучения J источника от его энергии E, или, говоря иными словами, распределение числа испускаемых в единицу времени квантов излучения по значениям их энергии.





Аппаратурная форма линии, или функцией отклика детектора

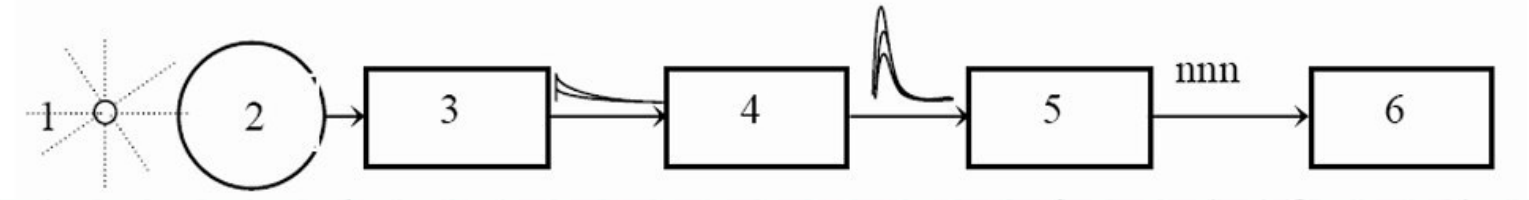


Полученные гамма-спектр радионуклида с единственным гамма-переходом с помощью сцинтилляционного детектора

Отношение ширины фотопика, измеренной на полувысоте, к его положению

$$\varepsilon = \frac{\Delta A}{A_0},$$

выраженное в процентах, используют в качестве величины **энергетического разрешения детектора**.

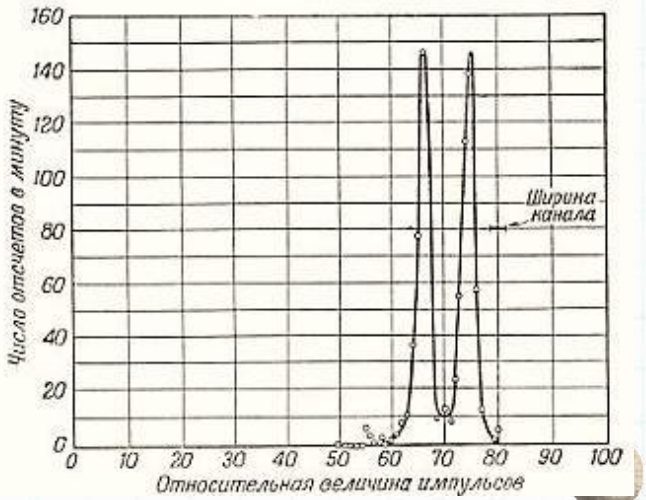


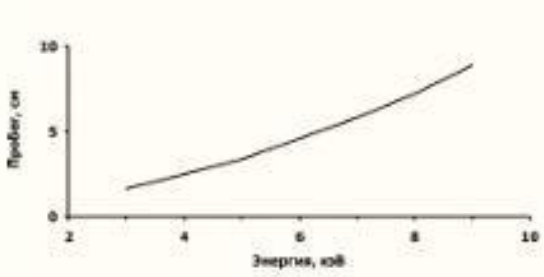
Блок-схема спектрометра 1 – источник γ-излучений, 2 – детектор γ-излучений из сверхчистого германия (HPGe-детектор), 3 – предварительный усилитель (предусилитель), 4 –основной усилитель (ОУ), 5 – амплитудно цифровой преобразователь (АЦП), 6 – компьютер.

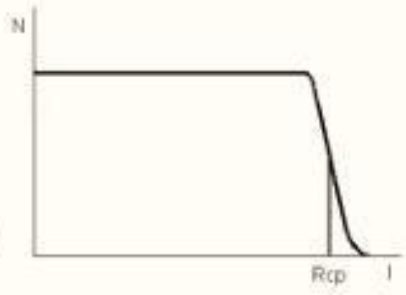
Альфа-спектрометрия

Для Альфа-спектрометрии используют:

- Газовые ионизационные камеры
- Сцинтилляционные детекторы
- Полупроводниковые детекторы
- Магнитные спектрометры





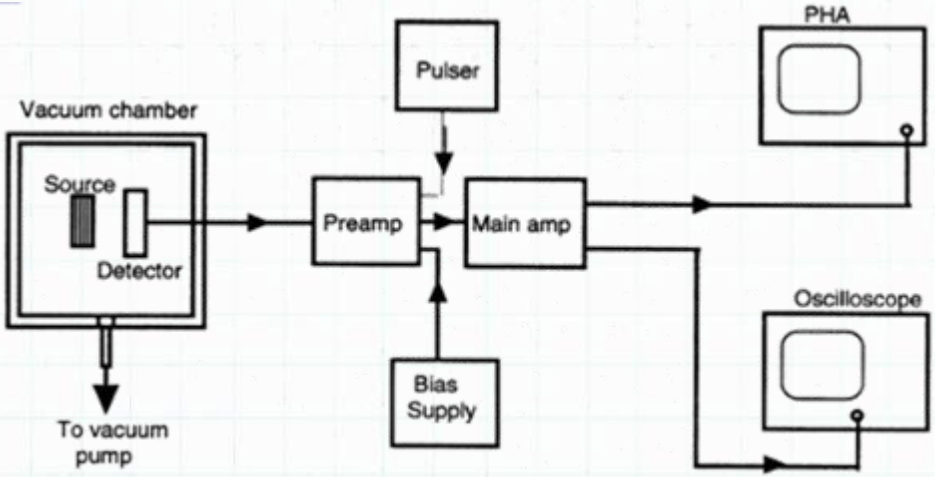






В окошках находятся ячейки, а в них детектор из сверхчистого кремния, покрытого ультратонким слоем золота. К ячейке приложена разность потенциалов и туда же помещается проба. Наличие воздуха в камере очень сильно влияет на поглощение. Из-за этого все измерения проводятся в вакууме. И сама проба должна быть не большой, часто используют очень тонкий слой пробы. Это делается для того, чтобы поглощение в самом препарате было минимизировано.

Альфа-спектрометрия







ГАММА-БЕТА-СПЕКТРОМЕТР МКС-АТ1315

Прибор состоит из персонального компьютера (ПК) с программным обеспечением и свинцового блока защиты (БЗ), на котором смонтированы: снизу - блок детектирования гамма- излучения (БДГ) и сверху - блок детектирования бета-излучения (БДБ). В обоих блоках используются **сцинтилляционные детекторы**: для гамма-излучения - с кристаллом NaJ размерами 63 х 63 мм, для бета - с пластмассовым сцинтиллятором размерами 128 х 9 мм.



К спектрометру прилагаются сосуд Маринелли емкостью 1 л и плоский сосуд (0,5 л) для размещения подготовленных проб. Возможно использование и других сосудов, в том числе плоских емкостью 0,03 и 0,2 л, а также «Дента» (0,1 л).

Основные характеристики спектрометра

Диапазон энергий γ-излучения	50 - 3000 кэВ
Диапазон граничных энергий β-излучения	150- 3500 кэВ
Относительное энергетическое разрешение (пик Cs-137 с Eγ = 661,6 кэВ)	< 9,5%
Максимальная входная загрузка	10^4 имп/с

Выводы:

1. Спектрометрические приборы обеспечивают измерение энергетических спектров ИИ, позволяя идентифицировать радионуклиды и определять их активность.
2. Принцип работы спектрометра основан на преобразовании энергии излучения в электрические импульсы, амплитудное распределение которых используется для построения энергетического спектра.
3. Энергетическое разрешение является одной из основных характеристик спектрометра и определяет возможность разделения близких по энергии спектральных линий.
4. Сцинтилляционные спектрометры характеризуются высокой эффективностью регистрации, тогда как полупроводниковые, в частности на основе сверхчистого германия (HPGe), обеспечивают более высокое энергетическое разрешение.

Вопросы для самопроверки:

1) Что называется спектром излучения и какую информацию он несёт о радионуклиде?
2) В чём заключается принцип работы спектрометра? Что такое энергетическое разрешение детектора и от каких факторов оно зависит?
3) Каковы основные различия между сцинтилляционными и полупроводниковыми спектрометрами? Почему для регистрации γ-излучения чаще применяются детекторы из сверхчистого германия?
4) Какие функции выполняют предусилитель, основной усилитель и амплитудно-цифровой преобразователь в спектрометре?
5) В каких областях радиологических измерений применяются спектрометры и какие преимущества они обеспечивают по сравнению с радиометрами?

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

