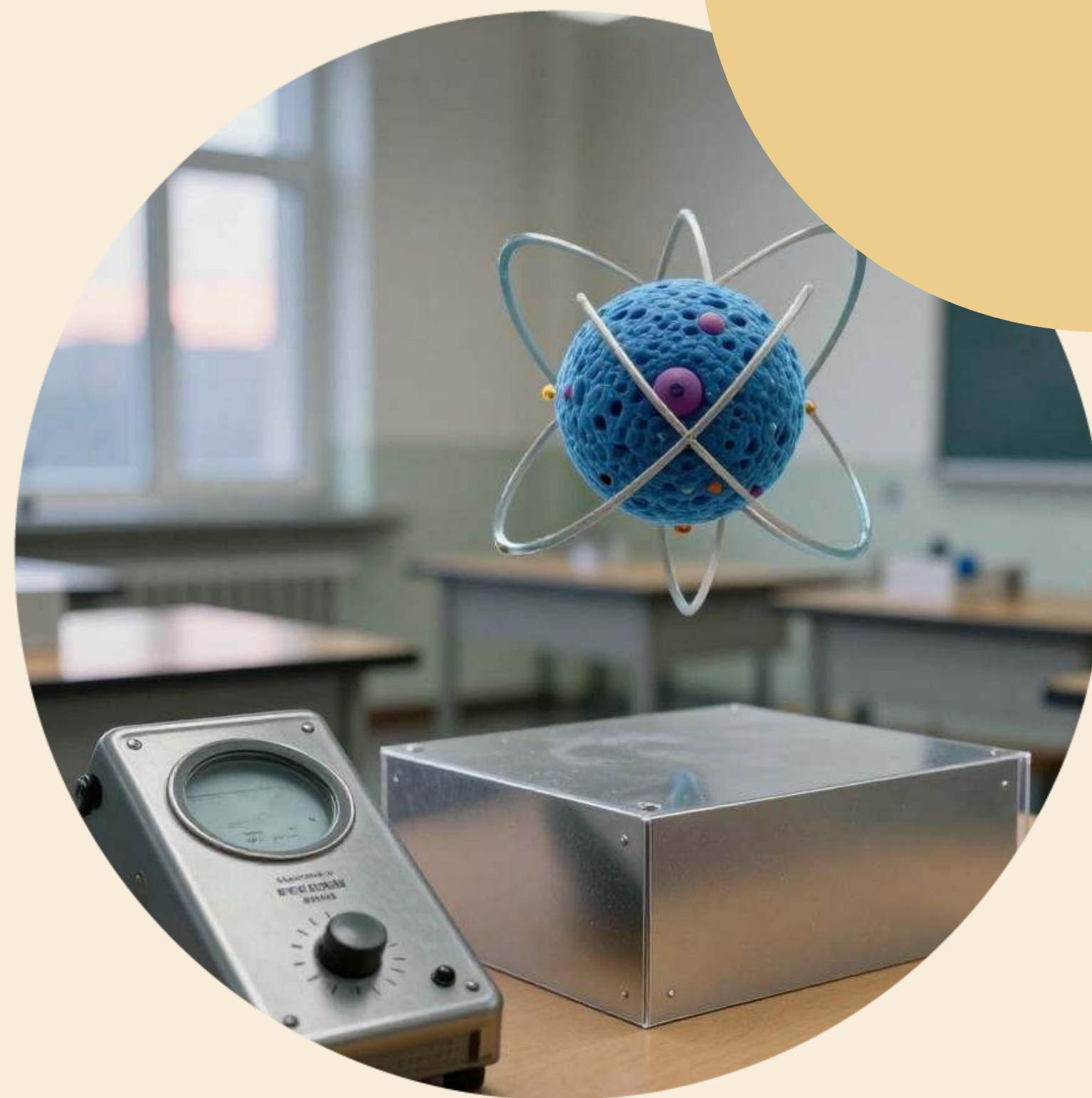


Радиоактивность и строение атомного ядра

Радиоактивность — самопроизвольные превращения нестабильных ядер и их излучения: альфа, бета, гамма.



Почему тема радиоактивности важна для школьного курса естествознания

Радиоактивность связана с тем, как устроено вещество на атомном уровне, и с превращениями ядер. Это направление стало основой ядерной физики после открытий Беккереля и работ Кюри; в XX веке сформировались ключевые законы распада и понимание роли ядерных сил.



Z

Параметр Z определяет, к какому химическому элементу относится атом.

Школьный курс естествознания

Почти вся масса атома сосредоточена в ядре, а электронная оболочка отвечает за химические свойства. Протон имеет заряд $+1e$, нейтрон электрически нейтрален. Массовое число A равно сумме протонов и нейтронов.

Сравнение основных частиц атома

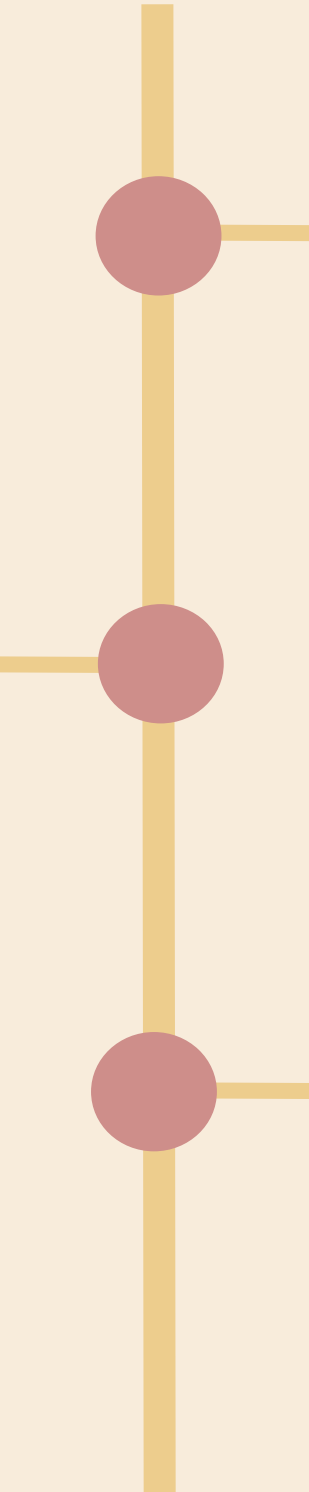
Протон и нейтрон формируют ядро, а электрон задаёт химические свойства. Различия по заряду и расположению объясняют, почему реакции и ядерные процессы имеют разную «область влияния».

Химические реакции в первую очередь затрагивают электронную оболочку, тогда как состав и масса атома определяются ядром, в том числе ядерными превращениями.

Частица	Заряд	Относительная масса	Место в атоме	Вклад в свойства
Протон	+	≈ 1	ядро	состав ядра
[				

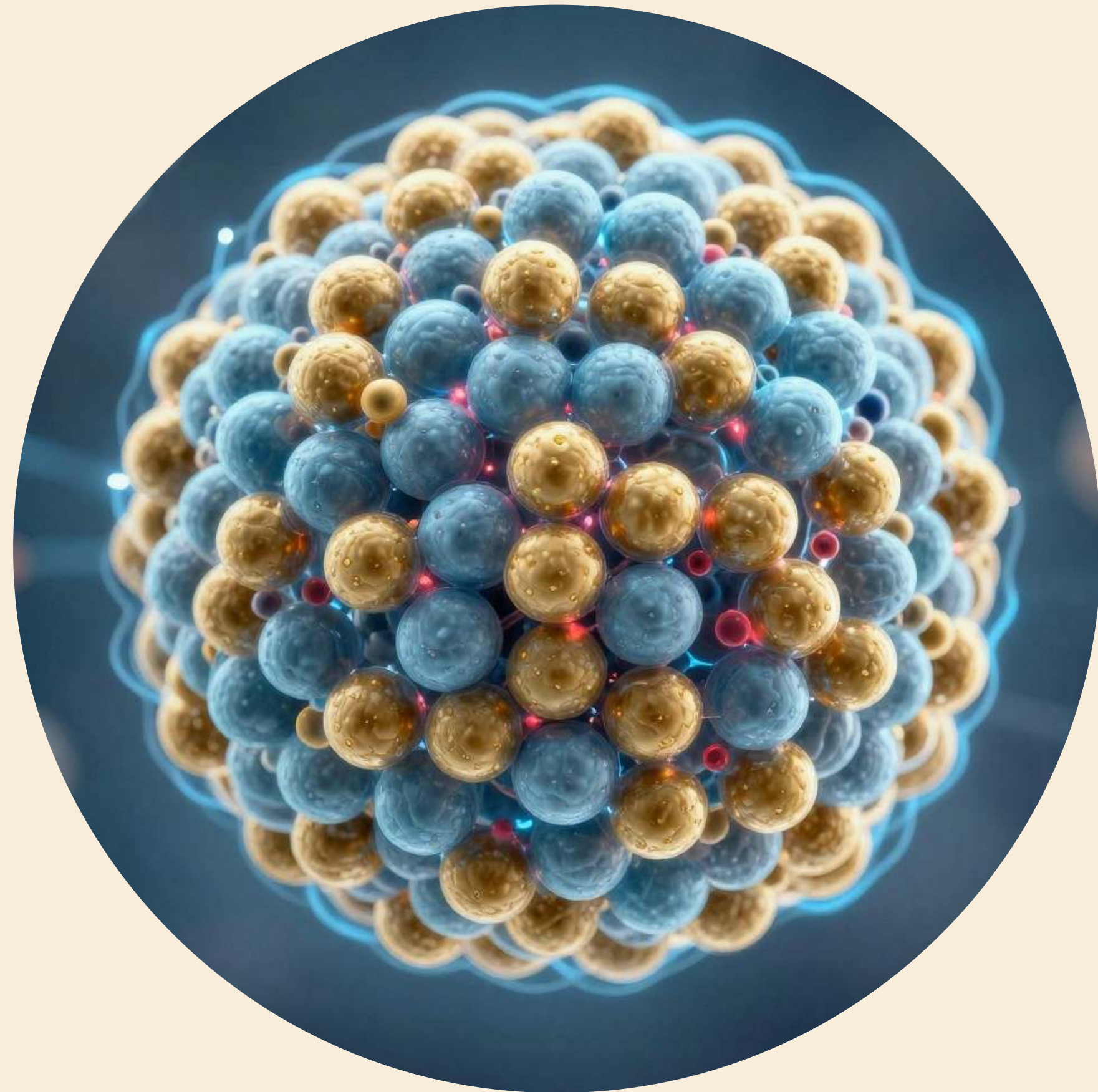
Изотопы и нуклиды

Нуклид — это конкретный вид атомного ядра, однозначно заданный числами Z и A .
Такая «карточка» полезна, когда нужно описывать распады и превращения.



Изотопы принадлежат одному элементу, потому что число протонов одинаково, но различаются числом нейтронов. Это меняет свойства атомного ядра и может влиять на устойчивость.

Некоторые изотопы стабильны и не распадаются, а другие радиоактивны: их ядра со временем переходят в более устойчивые состояния, испуская излучение.



Ядерные силы и устойчивость ядра

Ядерные силы удерживают протоны и нейтроны вместе на расстояниях порядка размеров ядра. Они сильнее электростатического отталкивания между протонами, но заметно ослабевают при удалении частиц.

Устойчивость ядра определяется соотношением нейтронов и протонов и энергией связи. В тяжёлых ядрах избыток нейтронов помогает частично «уравновесить» протонное отталкивание, повышая вероятность сохранения структуры.

Удельная энергия связи и устойчивость ядер

Линия на графике показывает, почему нуклоны в среднем «выгоднее» объединяются до железо-никелевого диапазона, а дальше энергия связи уменьшается.

Максимум удельной энергии связи означает большую устойчивость; поэтому синтез лёгких ядер и деление тяжёлых становятся энергетически выгодными процессами.



Школьный курс естествознания; вид зависимости: удельная энергия связи от массового числа

Сущность радиоактивности

01

Радиоактивность — это самопроизвольный распад нестабильных атомных ядер с испусканием частиц или квантов энергии. Причина — внутренняя «неустойчивость» ядра.

02

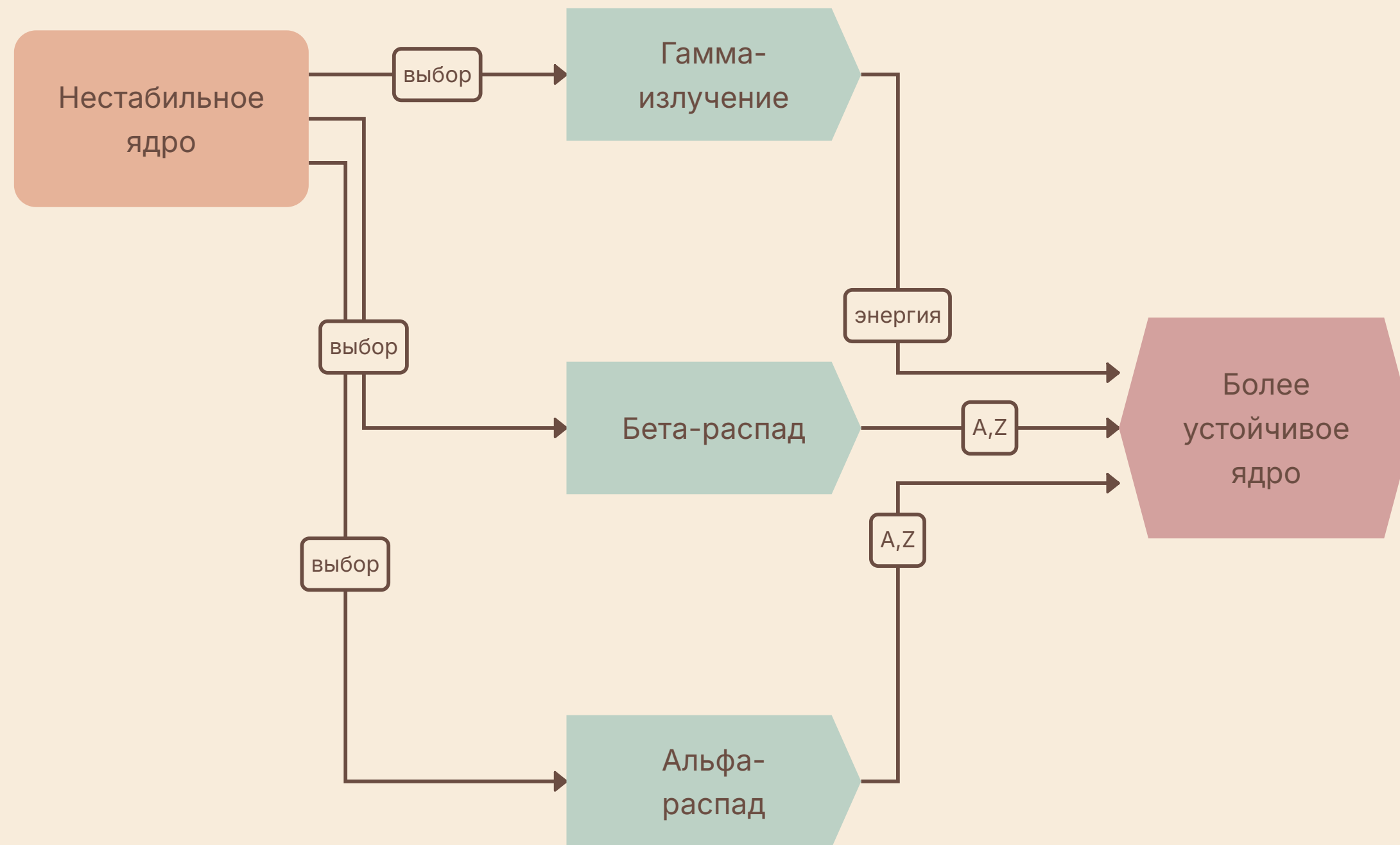
Распад идёт без внешнего воздействия: он не определяется напрямую температурой, давлением, освещением и химическим состоянием вещества. Значит, явление относится к ядру, а не к оболочке.

03

В результате распада образуются новые ядра и система переходит в более устойчивое состояние. При ядерных превращениях сохраняются зарядовое число и массовое число.

Основные виды радиоактивного распада

Переходы между состояниями ядра и изменение чисел A и Z при каждом виде распада



Альфа-излучение



Что это такое

Альфа-частица — это ядро гелия-4, имеющее заряд $+2e$. Такой состав делает альфа-излучение сильно ионизирующим: частица активно взаимодействует с веществом на своём пути.



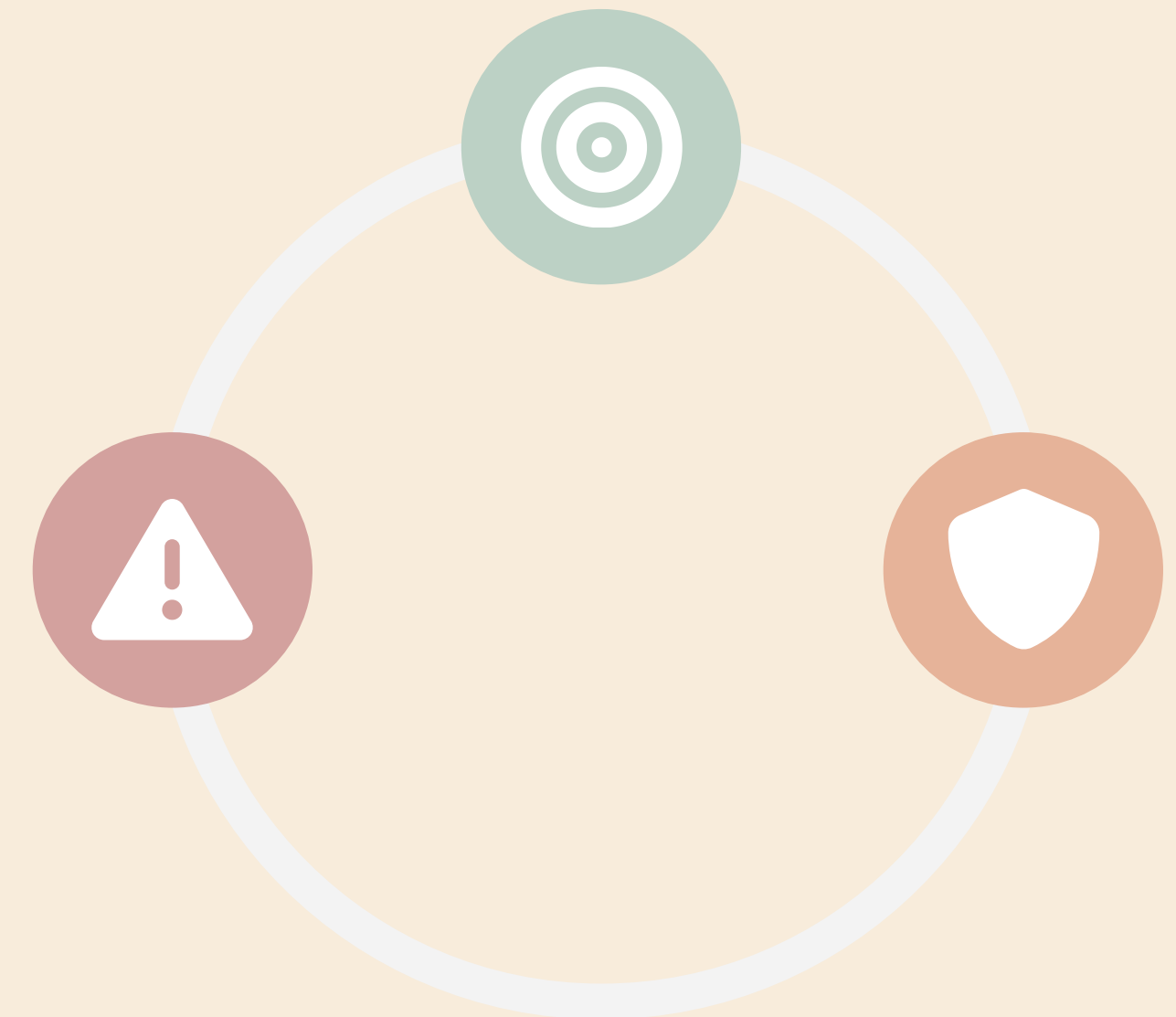
Проникающая способность и задержка

Несмотря на высокую ионизирующую способность, альфа-излучение проникает слабо. Его обычно задерживают лист бумаги, несколько сантиметров воздуха и внешний слой кожи.



Когда особенно опасно

Риск резко возрастает при попадании альфа-активных веществ внутрь организма. Внешнее воздействие часто ограничено задержкой, а внутреннее — приводит к облучению тканей изнутри.



Бета-излучение

Нестабильное ядро самопроизвольно превращается, испуская электрон (β^-) или позитрон (β^+). Это изменение связано с преобразованием нейтрона в протон или протона в нейтрон.

Так как β -частицы имеют заряд, они отклоняются в электрическом и магнитном полях. Это свойство помогает подтверждать их состав и использовать излучение в медицине и исследованиях.

Бета-распад начинается

Частицы летят сквозь вещество

Проверка заряда и применение

Бета-излучение проникает глубже, чем альфа-излучение: его путь в ткани может быть заметным. При этом его частично задерживают несколько миллиметров алюминия или пластика.

Гамма-излучение

Гамма-излучение — это электромагнитные волны очень высокой энергии. Оно возникает, когда ядро после предыдущего превращения переходит в более устойчивое состояние.

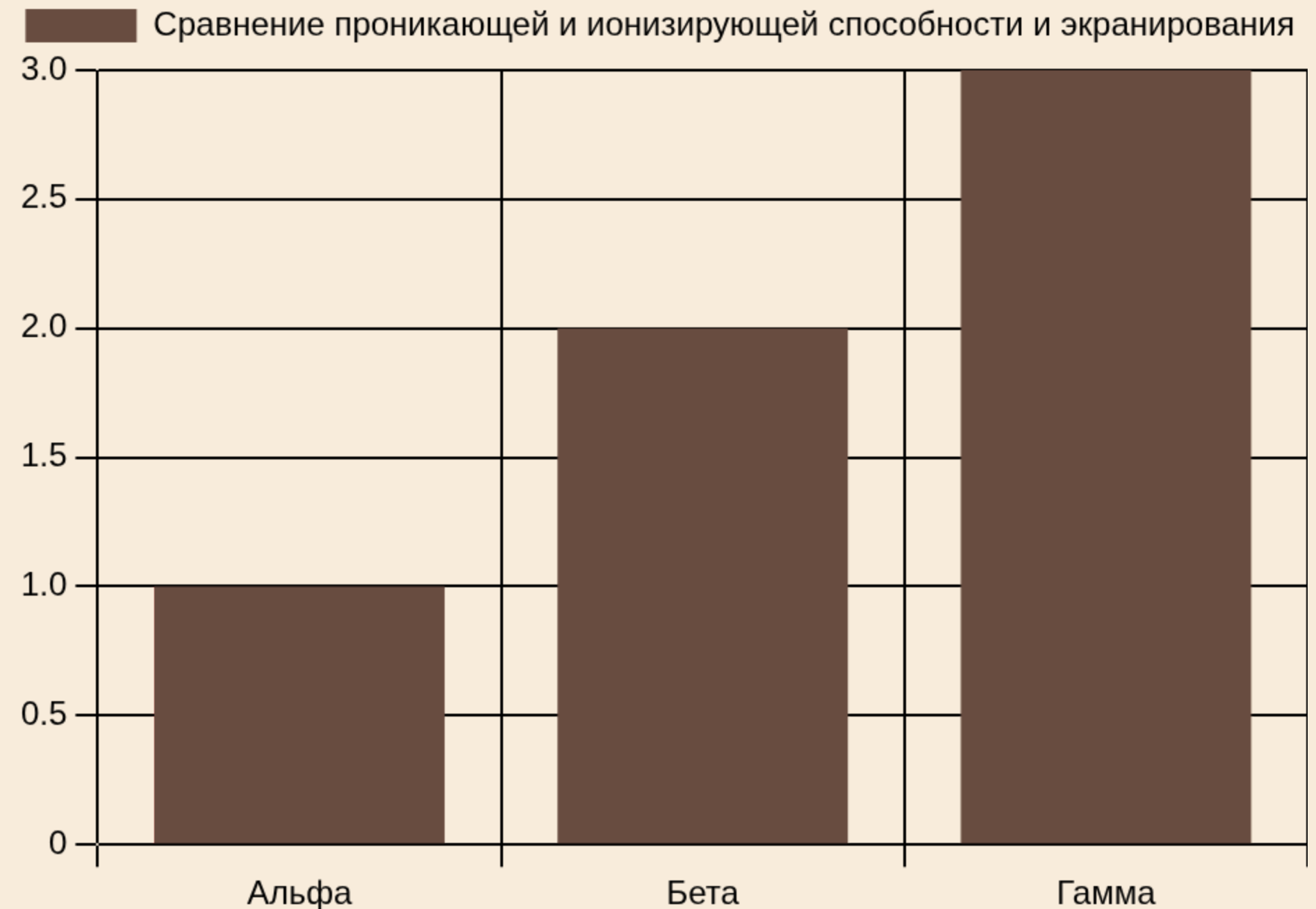
В гамма-распаде не меняются число протонов и нейтронов: изменяется лишь энергетическое состояние ядра. Поэтому значение A и Z остаются теми же, что делает процесс «без перестройки» состава.

Из-за высокой проникающей способности для ослабления используют плотные материалы: свинец, бетон, а также толстые слои воды или грунта.

Сравнение альфа-, бета- и гамма-излучения

На столбчатой диаграмме видно общее соотношение по ключевому признаку: по проникающей способности альфа минимальна, бета занимает промежуточное положение, гамма — максимум.

Разные типы излучения требуют разных мер защиты: чем выше проникающая способность, тем значимее плотное экранирование и контроль экспозиции.



Обобщённые школьные данные о сравнительных свойствах альфа-, бета- и гамма-излучения (без привязки к конкретным изотопам).

$T_{1/2}$ — постоянная величина для изотопа

Когда вы знаете период полураспада, можно прогнозировать долю оставшихся ядер через любой промежуток времени.

Школьный курс естествознания: закон радиоактивного распада и связь $T_{1/2}$ с λ .

Период полураспада связан с постоянной распада λ и характеризует скорость распада: для каждого радиоизотопа он не меняется независимо от внешних условий.

Периоды полураспада и применение некоторых изотопов

Изотоп	Тип распада	Период полураспада	Применение
углерод-14	β -	≈ 5730 лет	радиоуглеродное датирование
йод-131	β -	≈ 8 суток	диагностика и лечение щитовидной железы
кобальт-60	β - (с последующим γ)	$\approx 5,27$ года	лучевая терапия
уран-238	α	$\approx 4,5$ млрд лет	геологическое датирование

Сопоставление показывает, как длительность распада определяет «сферу использования»: от датирования древних объектов до диагностики и лучевой терапии.

Чем больше период полураспада, тем «дольше живёт» изотоп и тем удобнее его для задач с длительными временными масштабами: геология и эволюция вещества.

Приборы, которые «видят» радиацию



Счётчик Гейгера: импульсы из ионизации

При прохождении излучения через газ образуются ионы, и прибор регистрирует это как короткий электрический импульс. По числу импульсов оценивают интенсивность излучения. Поэтому он особенно нагляден в учебных измерениях.



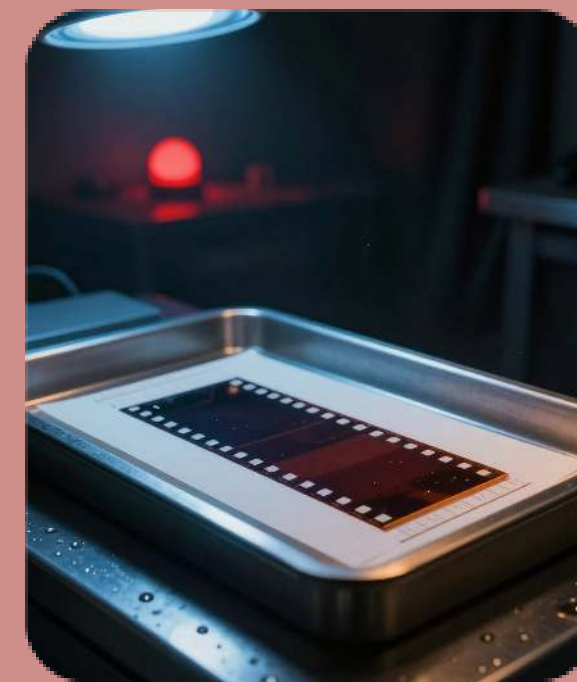
Сцинтилляционный детектор: вспышки света

Когда частицы пролетают через вещество, они заставляют его кратко светиться. Сцинтилляционный детектор фиксирует эти вспышки и превращает их в сигнал. Так получают информацию о количестве событий и их распределении.



Камера Вильсона: следы частиц

В камере создают условия, при которых заряженные частицы оставляют видимые «треки». Это позволяет наблюдать направление и характер движения и оценивать траектории. Метод полезен для понимания взаимодействия излучения с веществом.



Фотоплёнка: накопление невидимого следа

Излучение воздействует на фоточувствительный слой, и изображение проявляется после химической обработки. По степени почернения можно судить о воздействии. Такой опыт помогает связать радиацию с измеряемым результатом.

Естественные и искусственные источники радиации



Космические лучи

Часть радиации приходит на Землю из космоса. Её вклад меняется в зависимости от высоты и широты, но сам факт «фонового» воздействия объясняет существование естественной дозы.



Радон в помещениях

Радон образуется в земной коре и может накапливаться в закрытых пространствах. Его наличие часто формирует значимую часть бытового радиационного фона для жильцов.



Источник в быту и технике (промышленность)

Радиация встречается и в технологических процессах, где применяют источники изотопов или обрабатывают материалы. Важно соблюдение регламентов и контроль условий работы.



Медицина как контролируемый источник

В диагностике и терапии используют радиоизотопы и специализированные аппараты. Дозу подбирают так, чтобы польза для пациента превышала радиационный риск, а контроль остаётся обязательным.

Применение радиоактивности в науке, медицине и технике

В археологии и геологии радиоактивный распад используют для датирования. Наиболее известны радиоуглеродный и уран-свинцовый методы, позволяющие связывать состав образца с его «возрастом».

В медицине радиоактивные изотопы применяют для диагностики, лучевой терапии и стерилизации инструментов. Излучение помогает выявлять нарушения и целенаправленно воздействовать на ткани, где это необходимо.

В промышленности излучение помогает искать дефекты, контролировать толщину материалов и отслеживать перемещение веществ. В энергетике ядерные реакции лежат в основе получения электроэнергии на атомных электростанциях.

Радиационная безопасность и защита человека

Чтобы снизить воздействие, ключевые меры — уменьшать время контакта с источником, увеличивать расстояние и применять экранирование. Эти принципы работают независимо от «формата» источника.

01

Для контроля применяют дозиметры, соблюдают санитарные нормы, обеспечивают герметизацию источников и регулярно мониторят радиационный фон. Наблюдение помогает вовремя заметить отклонения.

03

02

Риск зависит от дозы, вида излучения и того, как радионуклиды попадают в организм: через вдыхание, пищу или контакт. Поэтому одинаковое «ощущение» ионизации у разных ситуаций — не одно и то же.

04

Особую роль играют правила обращения с радиоактивными веществами в медицинских и производственных условиях, а также корректные действия в быту. Это снижает вероятность случайного превышения допустимых уровней.

Радиоактивность как естественный ядерный процесс: что важно запомнить

Строение ядра определяет устойчивость и возможность превращений, а радиоактивность описывает переход нестабильных ядер в более устойчивые. Альфа-, бета- и гамма-излучение различаются свойствами, поэтому защита выбирается осознанно, опираясь на законы распада.