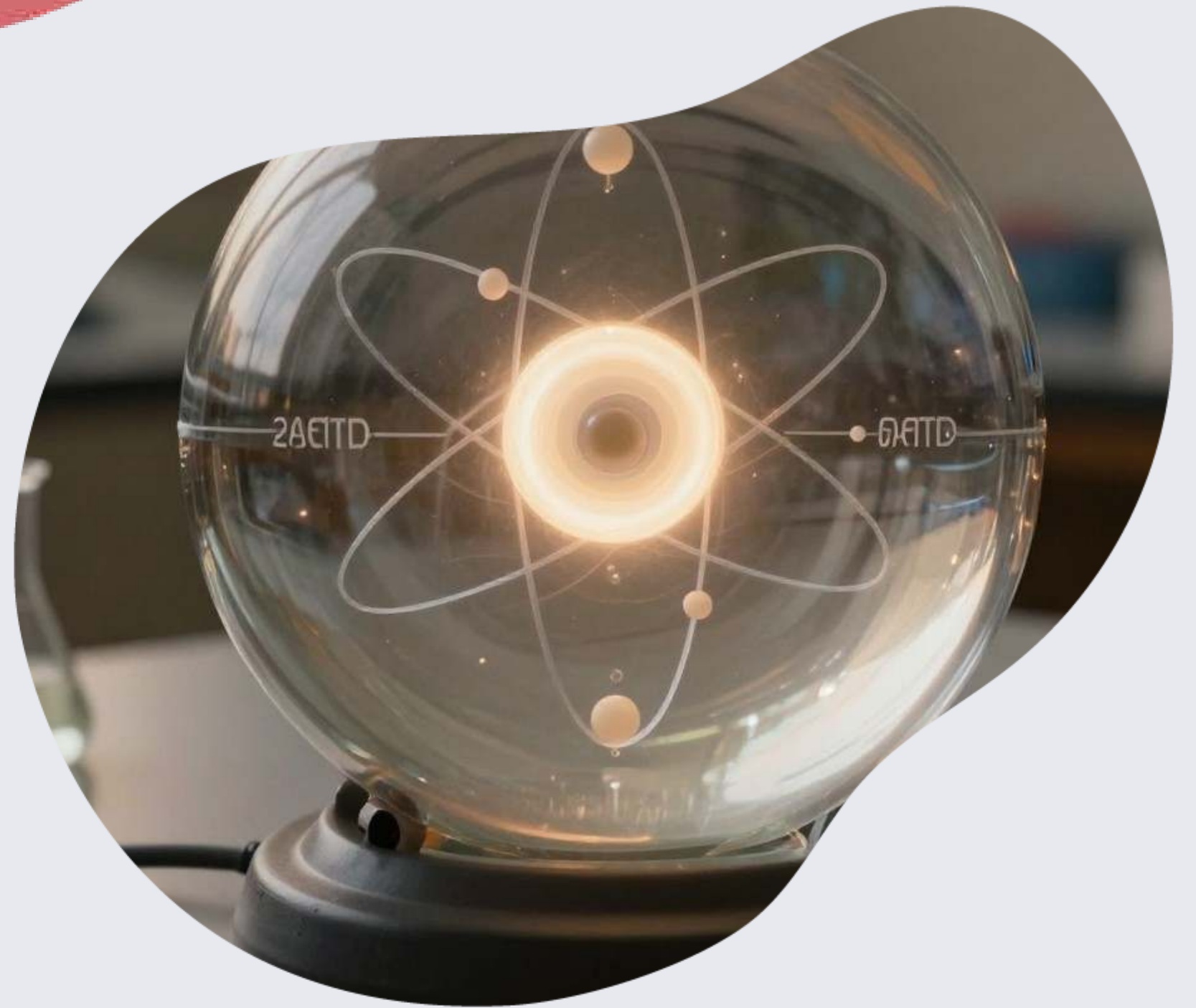


# Ядро атома: почему это важно

Строение ядра объясняет свойства материи  
и её превращения.





# Зачем разбираться в ядре

Ядро объясняет, откуда берутся элементы, почему одни атомы устойчивы, а другие распадаются, и как высвобождается энергия в звёздах, реакторах и медицинских технологиях.

# Атом и положение ядра

## Центр атома

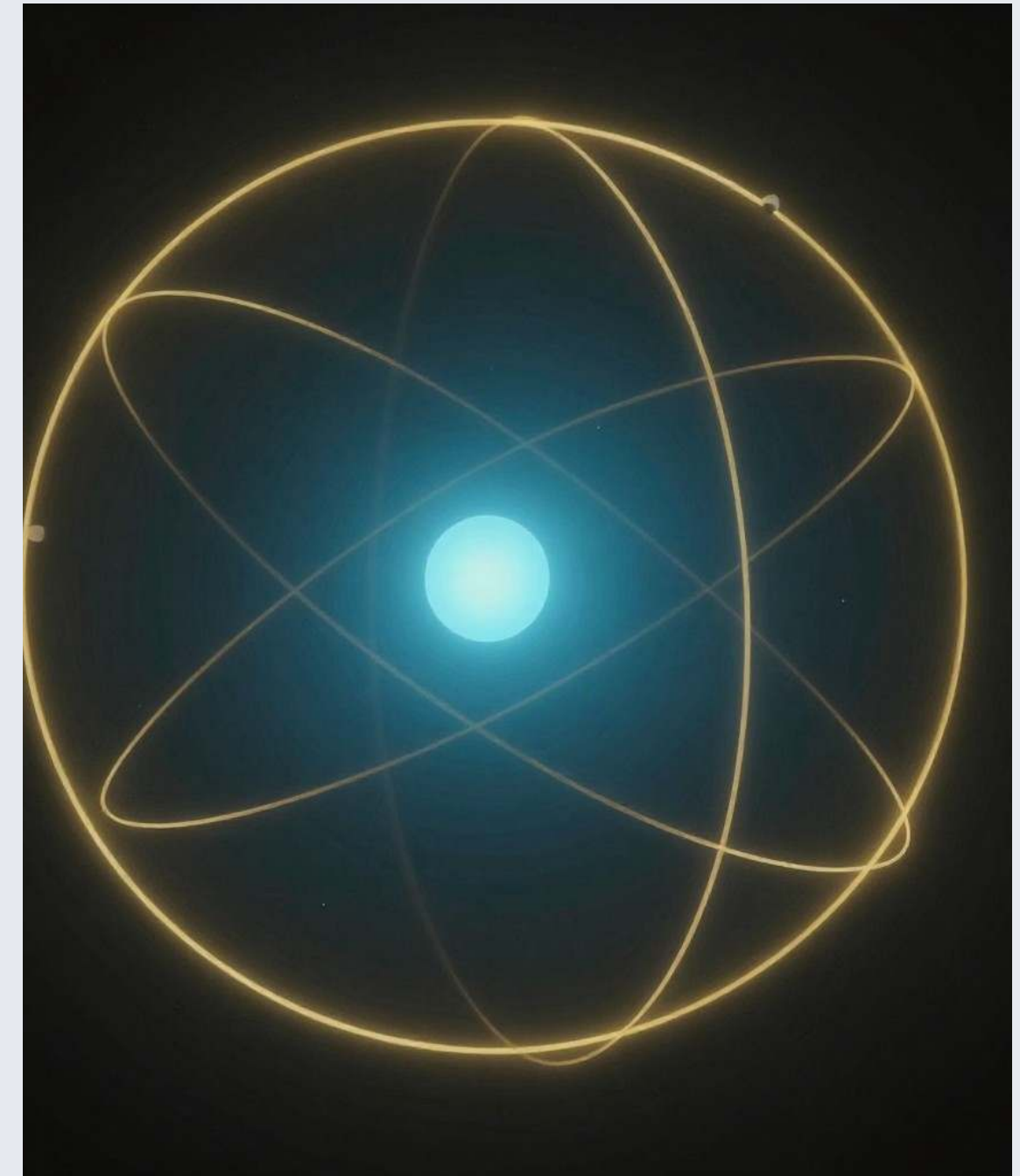
Атом устроен как компактное ядро и окружающая его электронная оболочка. Именно в ядре сосредоточены почти вся масса атома и положительный заряд.

## Почти пустой объём

Пространство между ядром и электронами в основном пустое, поэтому вещество кажется плотным, хотя внутри атома расстояния между частицами очень велики.

## Масштаб несоизмерим

Размер ядра ничтожно мал по сравнению с размером всего атома: если атом мысленно увеличить до стадиона, ядро останется точкой в центре.



# Ключевые открытия

## 1911 — Резерфорд

Эксперименты по рассеянию  $\alpha$ -частиц показали, что положительный заряд и масса сосредоточены в очень малой области атома.

## 1932 — Чедвик

Открытие нейтрона подтвердило, что ядро состоит из нескольких типов частиц, а не только из протонов.

## Новая модель атома

После этого стало ясно, что атом не является однородным «шаром»: внутри есть плотное центральное образование — ядро.

# Состав ядра

## + Протоны

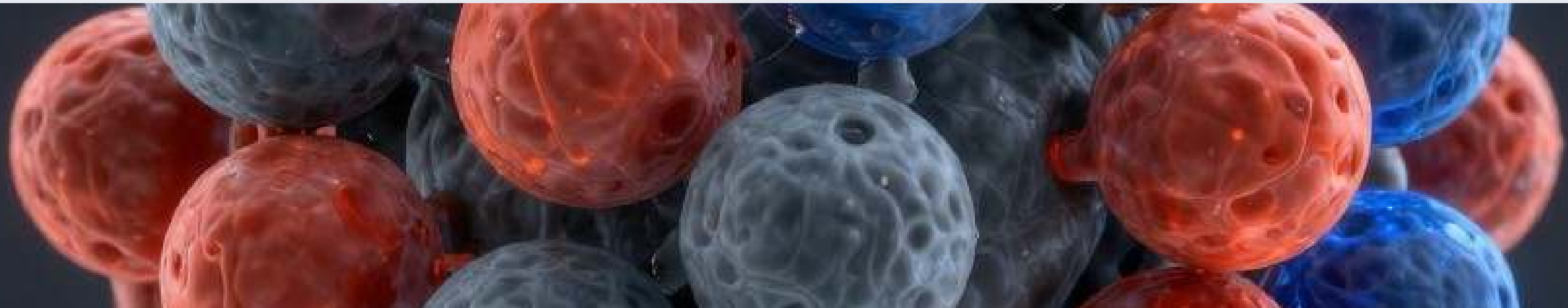
Протоны несут положительный заряд и определяют электрические свойства ядра. Их число задаёт химический элемент и заряд ядра.

## + Нейтроны

Нейтроны электрически нейтральны, но заметно влияют на массу и устойчивость ядра. Они помогают удерживать систему без увеличения отталкивания.

## + Нуклоны

Протоны и нейтроны вместе называют нуклонами. Именно их сочетание определяет, будет ли ядро лёгким, тяжёлым, устойчивым или радиоактивным.



1

протон задаёт заряд ядра  
и химическую  
принадлежность атома.

Именно такое число протонов делает  
каждый элемент уникальным  
в периодической системе.

*Периодическая система химических элементов*

# Массовое число и нуклиды

Массовое число показывает общий состав ядра, а запись нуклида помогает отличать близкие, но не одинаковые ядра.

У одного элемента могут быть разные нуклиды: атомный номер одинаков, а число нейтронов различается.

| Нуклид           | Z  | A  |
|------------------|----|----|
| $^{12}\text{C}$  | 6  | 12 |
| $^{14}\text{C}$  | 6  | 14 |
| $^{35}\text{Cl}$ | 17 | 35 |
| $^{37}\text{Cl}$ | 17 | 37 |

# Сила, которая удерживает ядро

01

## 1. Мощное притяжение

Внутри ядра нуклоны удерживаются сильным взаимодействием — самым мощным из фундаментальных. Оно компенсирует электростатическое отталкивание протонов на сверхмалых расстояниях.

02

## 2. Очень малый радиус

Действие силы быстро ослабевает с расстоянием, поэтому ядро остаётся компактной системой. За пределами ядра это взаимодействие почти не проявляется.

03

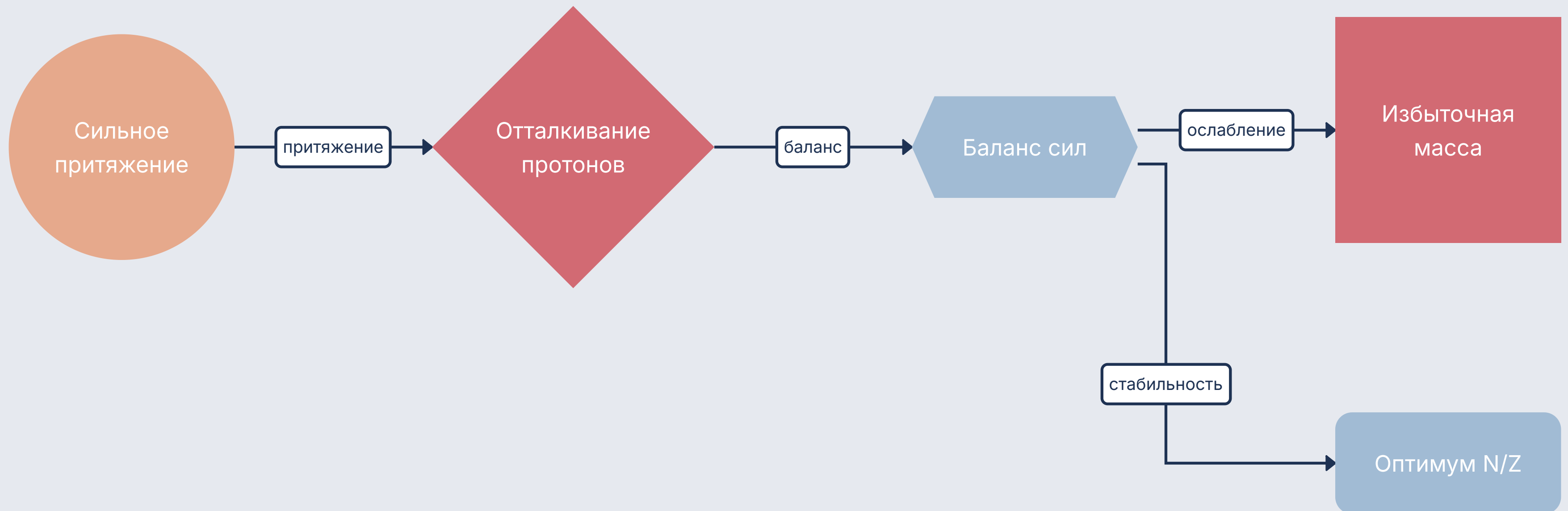
## 3. Условие связи

Если расстояние между нуклонами слишком велико, связь ослабевает. Поэтому устойчивость возможна только при плотном, хорошо сбалансированном расположении частиц.



# Факторы устойчивости ядра

Схема показывает, как соотношение протонов и нейтронов влияет на устойчивость ядра.



**931,5 МэВ**

соответствует энергии,  
эквивалентной одной  
атомной единице массы.

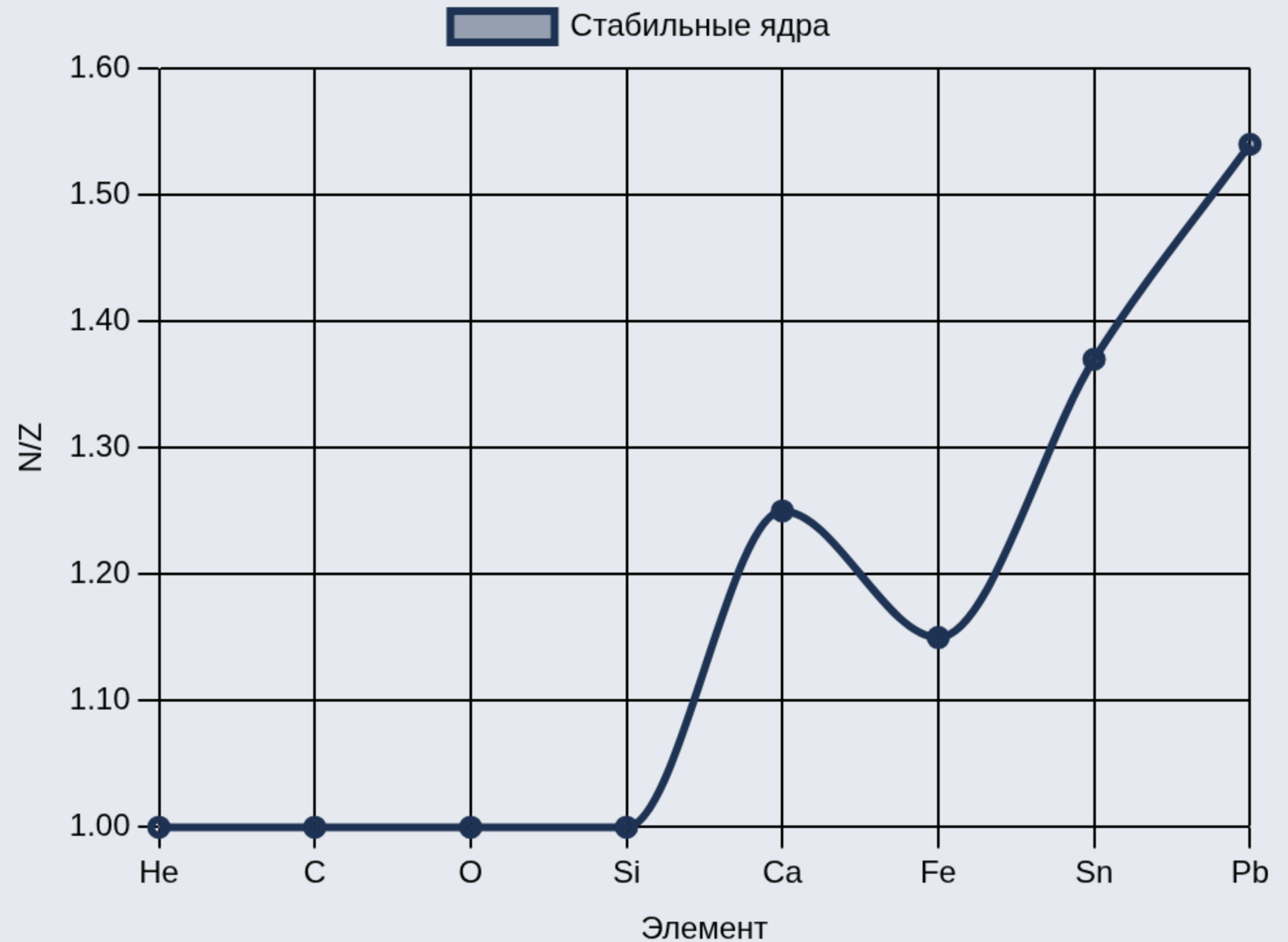
Связь массы и энергии показывает,  
почему даже микроскопические  
изменения в ядре высвобождают  
огромную энергию.

Соотношение Эйнштейна  $E=mc^2$ ; 1 а. е. м.  $\approx 931,5$  МэВ

## Картина стабильности: рост $N/Z$ с увеличением $Z$

На диаграмме видно, что по мере роста числа протонов устойчивые ядра требуют всё большего избытка нейтронов.

У тяжёлых элементов зона стабильности смещается вверх: нейтронов должно быть больше, чем протонов, иначе ядро становится неустойчивым.



Обобщение по данным таблицы нуклидов (типичные устойчивые изотопы элементов)



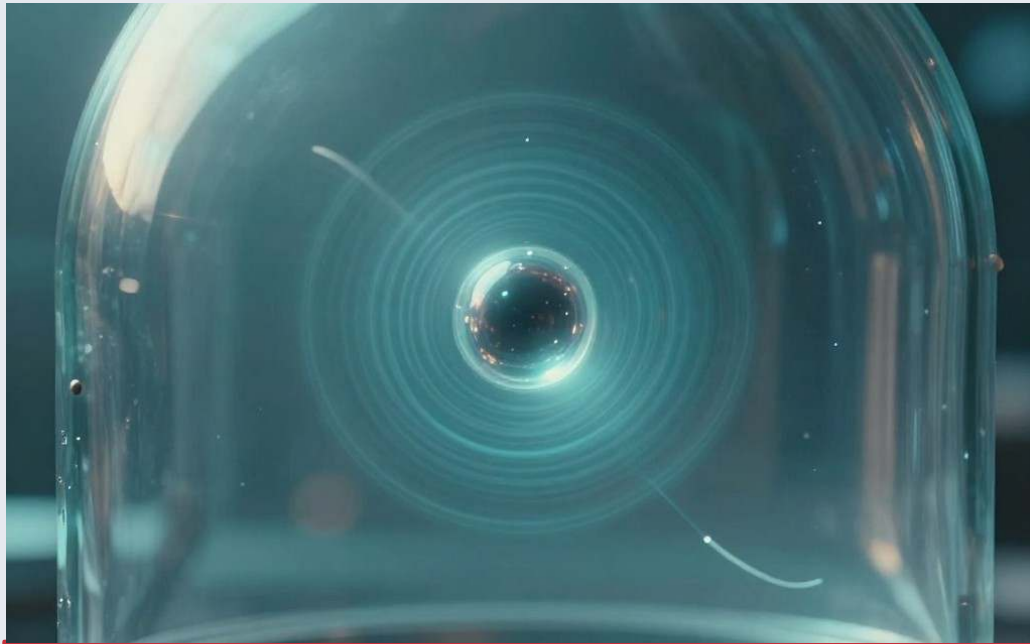
# 5730 лет

именно столько в среднем  
требуется углероду-14, чтобы  
его количество уменьшилось  
вдвое.

Период полураспада углерода-14  
помогает определять возраст  
органических остатков в археологии  
и геологии.

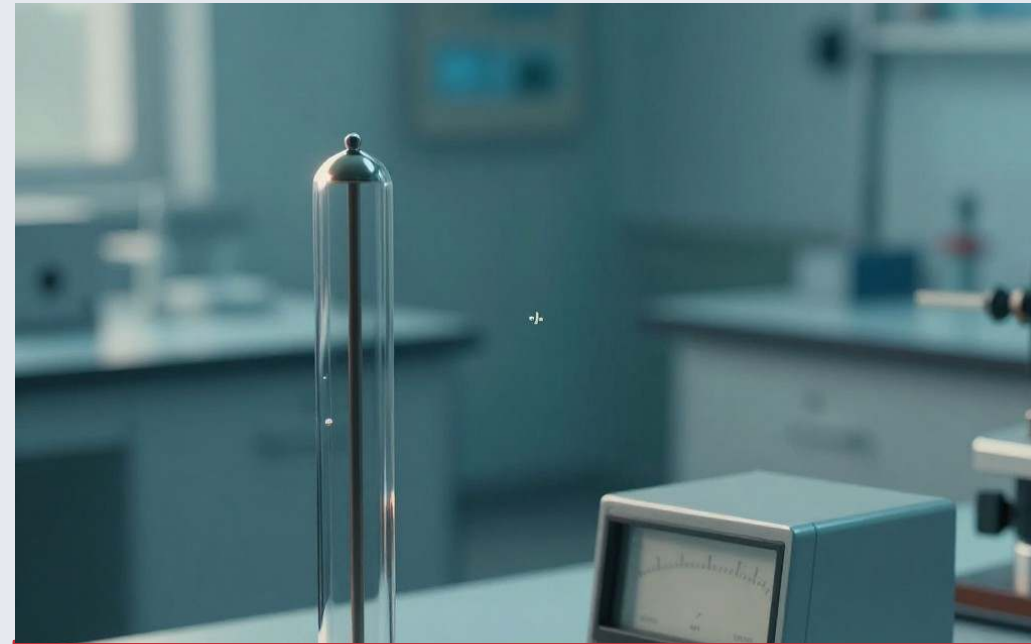
*Учебные справочные данные по радиоуглеродному  
датированию*

# Радиоактивность в опытах и в природе



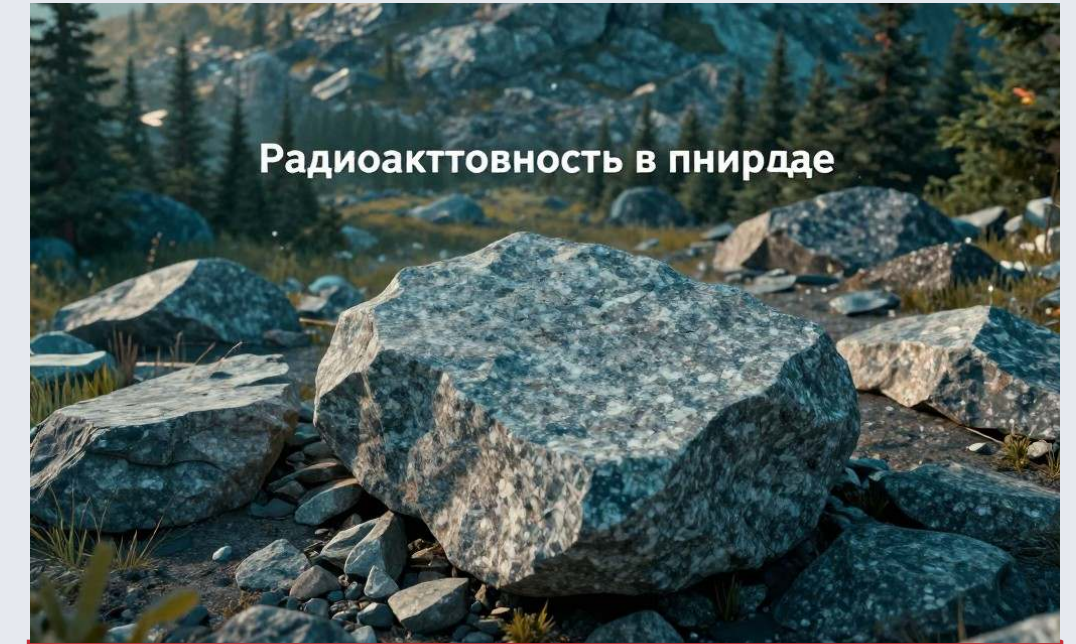
## Невидимое превращение

Нестабильное ядро не ждёт внешнего толчка: оно само переходит в более устойчивое состояние. При этом могут испускаться частицы или кванты энергии, а след превращения фиксируют по ионизации среды.



## Как это обнаруживают

В школьной лаборатории радиоактивность часто связывают со счётчиком Гейгера и характерными щелчками. Прибор не «видит» излучение напрямую, но уверенно показывает, что частицы проходят через детектор и вызывают электрические импульсы.

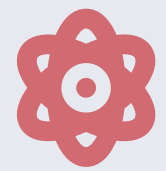


## Радиоактивность в природе

## Радиоактивность в природе

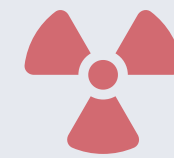
Природный фон вокруг нас формируют космические лучи, горные породы и отдельные изотопы в обычных веществах. Поэтому радиоактивность — не только тема атомной энергетики, но и часть естественной среды.

# Ключевые признаки альфа-распада



## Что испускается

Альфа-частица — это ядро гелия-4, поэтому после распада заряд ядра уменьшается на 2, а массовое число — на 4. Для тяжёлых элементов это один из типичных путей стабилизации.



## Проникающая способность

Альфа-излучение быстро теряет энергию в воздухе и задерживается листом бумаги или верхним слоем кожи. Но при попадании внутрь организма оно становится особенно опасным из-за сильной ионизации тканей.



## Почему важна осторожность

Из-за малой дальности пробега главная защита — не только экранирование, но и предотвращение попадания источника в организм. Важны герметичность, чистота рабочей зоны и аккуратное обращение с веществом.

# Два механизма бета-превращений

| Вид       | Что меняется      | Результат |
|-----------|-------------------|-----------|
| $\beta^-$ | $n \rightarrow p$ | $Z + 1$   |
| $\beta^+$ | $p \rightarrow n$ | $Z - 1$   |

Сравнение двух видов бета-распада показывает, как меняется заряд ядра при сохранении числа нуклонов.

Оба процесса перестраивают состав ядра, но не изменяют массовое число  $A$ ; это удобно для проверки ядерных уравнений.

# Как ведёт себя гамма-излучение

## 1. Переход энергии

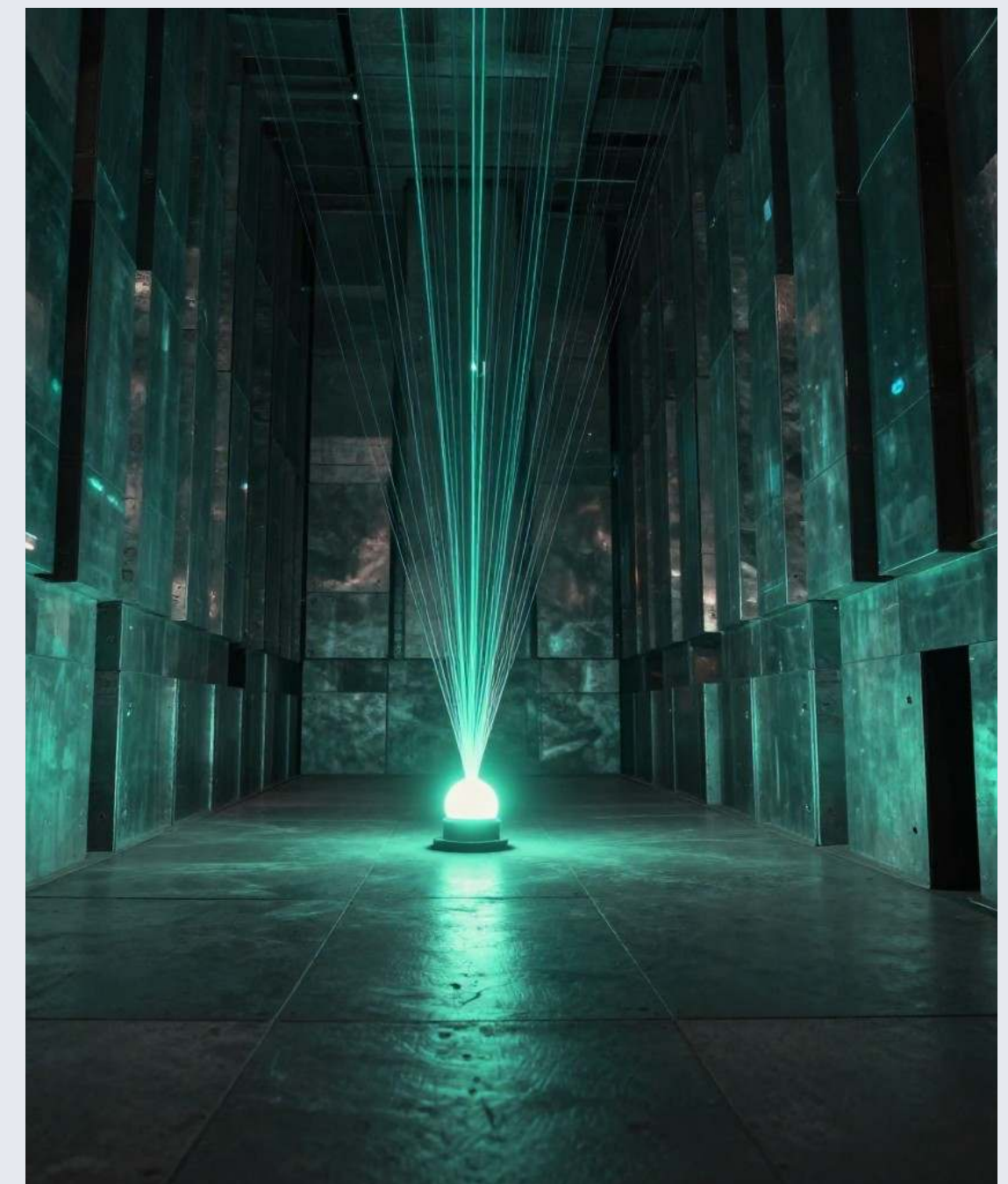
Гамма-квант уносит избыток энергии, когда ядро переходит из возбуждённого состояния в более низкое. Поэтому состав ядра не меняется, а изменяется только его энергетическое состояние.

## 2. Сопровождение распадов

Часто гамма-излучение идёт вслед за альфа- или бета-распадом. Сначала ядро меняет состав, а затем «сбрасывает» лишнюю энергию, чтобы достичь более устойчивого уровня.

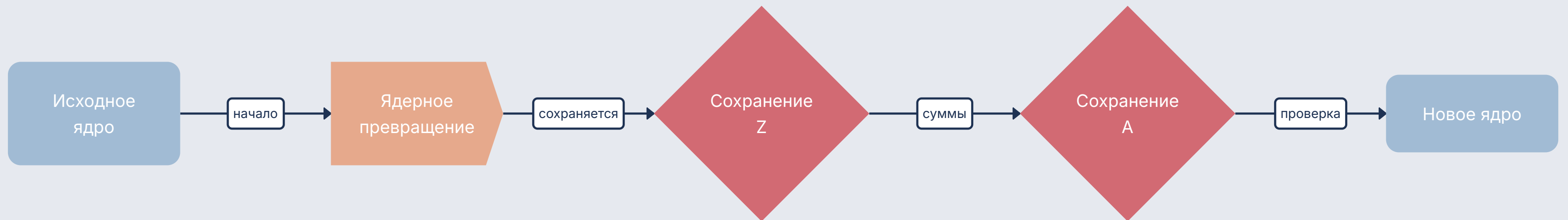
## 3. Защита и безопасность

Гамма-лучи проникают значительно глубже, чем альфа- и бета-частицы, поэтому для защиты используют плотные материалы. На практике это свинец, бетон и другие экраны с высокой толщиной.



# Как проверять ядерные уравнения

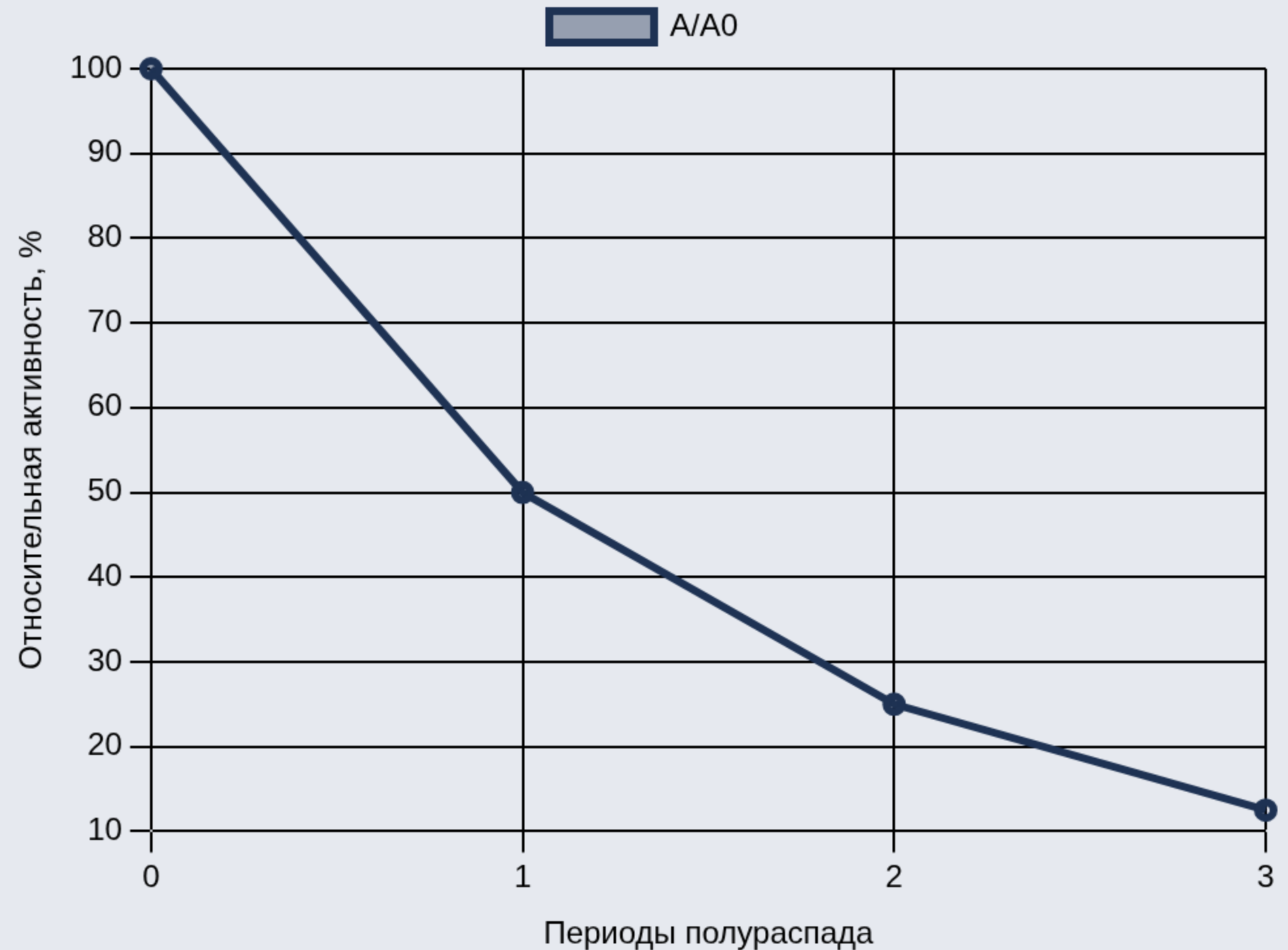
Уравнение распада строят по сохранению заряда и массового числа.



## Как падает активность со временем

На графике показано, как быстро уменьшается число нераспавшихся ядер в процессе последовательных периодов полураспада.

Каждый новый период уменьшает активность вдвое, поэтому короткоживущие изотопы меняются быстро и требуют особого контроля.



Расчёт по определению периода полураспада

# Где ядерные реакции работают на практике

01

## Деление тяжёлых ядер

При делении тяжёлое ядро распадается на более лёгкие фрагменты, выделяя энергию и нейтроны. Именно управляемая цепная реакция лежит в основе работы атомных реакторов.

02

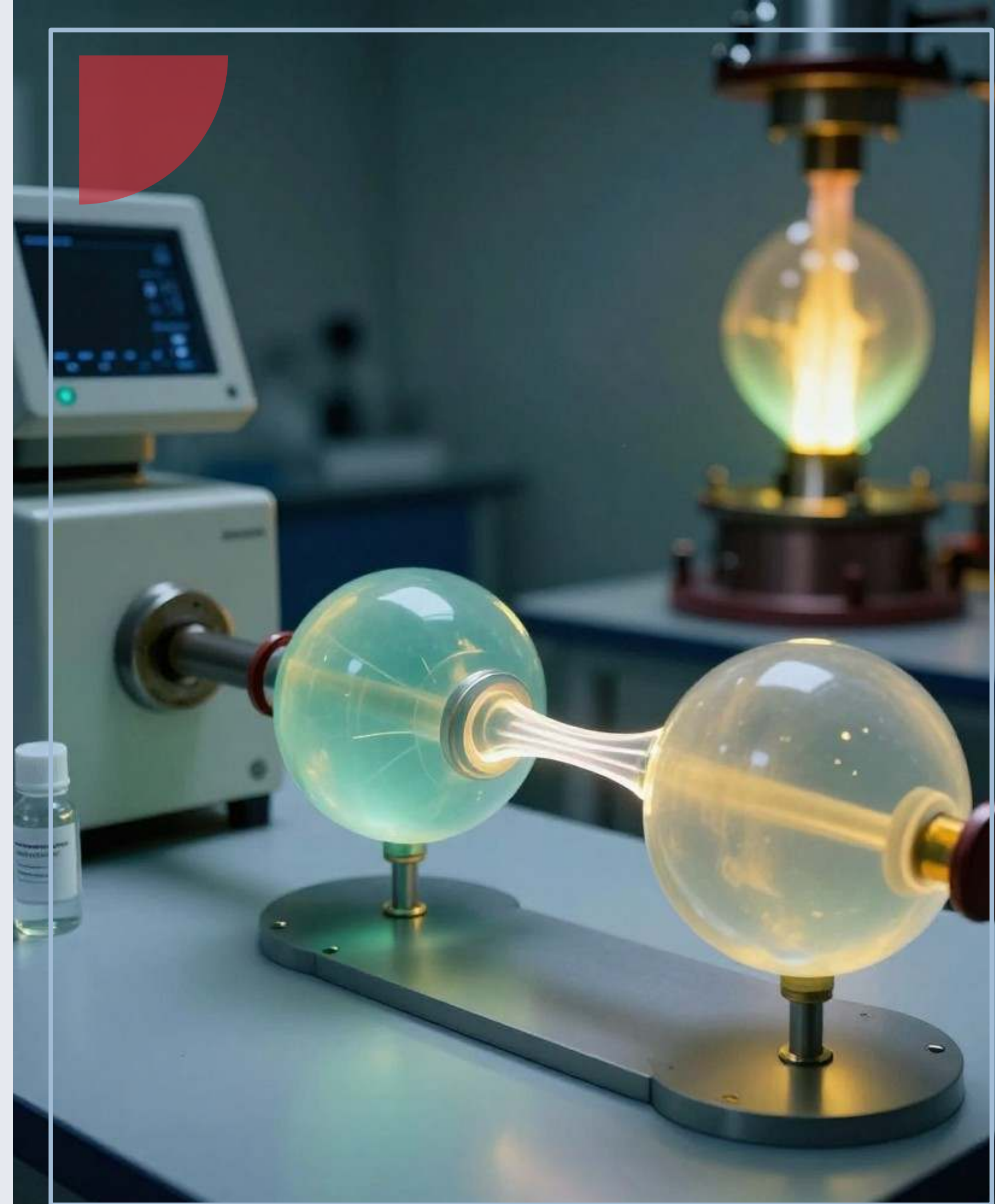
## Слияние лёгких ядер

Синтез объединяет лёгкие ядра в более тяжёлое. Такой процесс питает Солнце и звёзды, а на Земле требует чрезвычайно высоких температур и сложного удержания плазмы.

03

## Применения в медицине

Радионуклиды используют как метки и источники излучения в медицине. Это помогает получать изображения органов, а в некоторых случаях — прицельно воздействовать на опухолевые клетки.



# Что остаётся главным в теме ядра

Ядро определяет не только элемент, но и его устойчивость, радиоактивность и ядерные превращения. Понимание этих законов объясняет энергию звёзд, работу реакторов и методы диагностики в медицине.