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

«Основы производства радиоактивных изотопов»

Лекция 1. Основные ядерно-физические термины и определения.

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

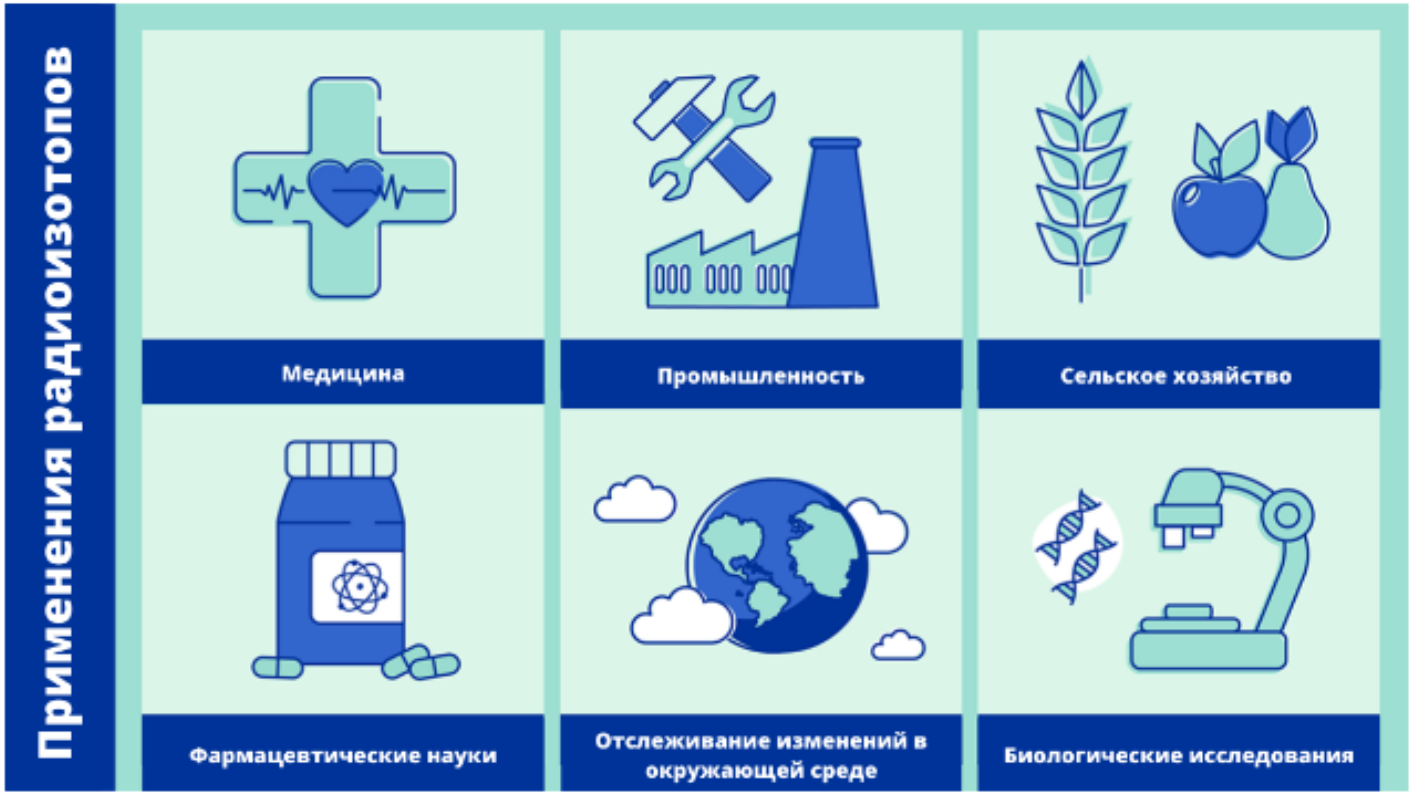
Цель лекции: сформировать базовые представления о строении атома и атомного ядра, раскрыть основные ядерно-физические понятия и характеристики нуклидов, необходимые для понимания процессов получения и применения радиоактивных изотопов.

Результаты обучения:

По завершении лекции обучающийся будет способен:

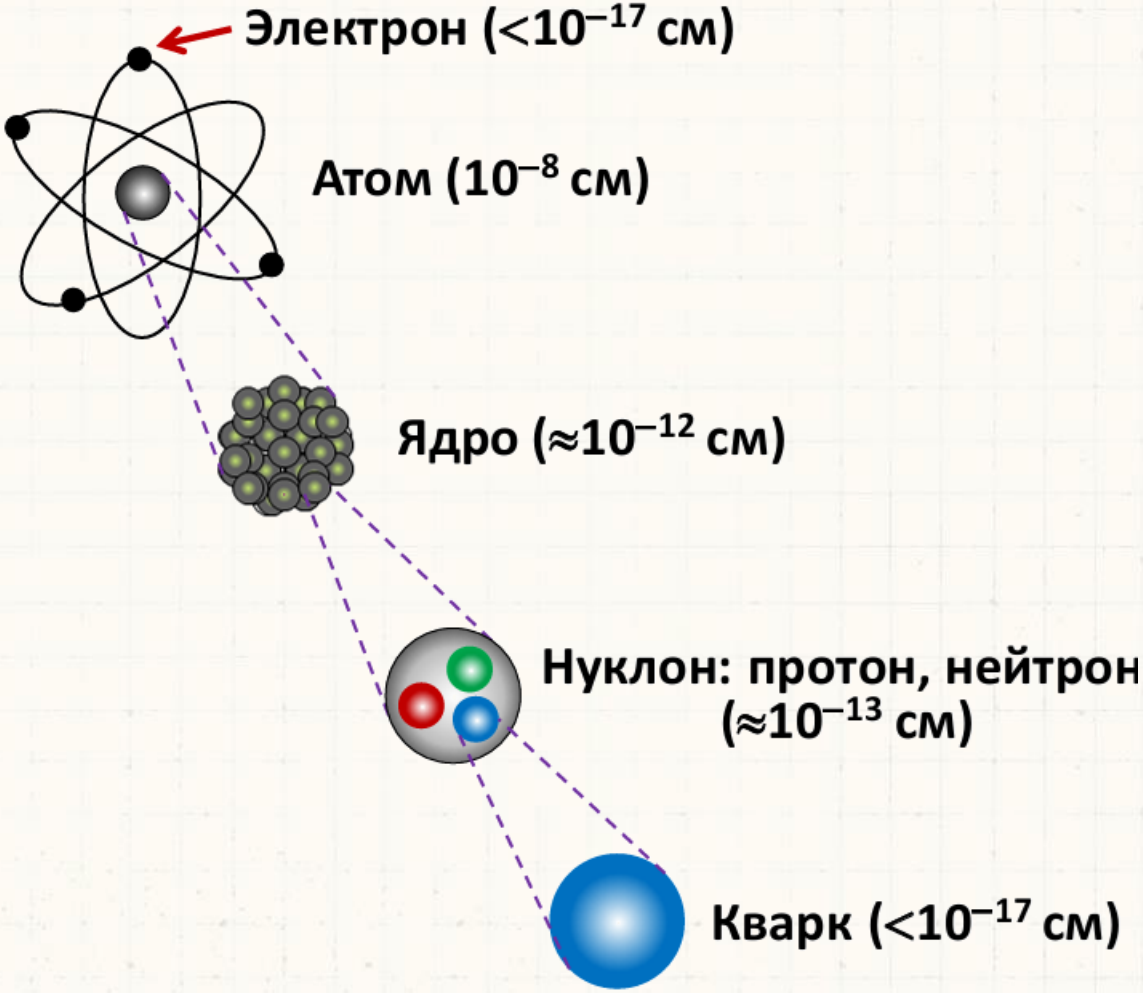
1. Описывать строение атома и атомного ядра, характеризовать их основные составляющие.
2. Объяснять физический смысл атомного номера, массового числа и атомной массы.
3. Различать понятия «нуклид», «изотоп», «изобар», «изотон», «радионуклид» и «ядерный изомер».
4. Определять состав атомного ядра по его обозначению и объяснять понятия дефекта массы и энергии связи ядра.
5. Характеризовать основные области применения радионуклидов.

Области применения радионуклидов



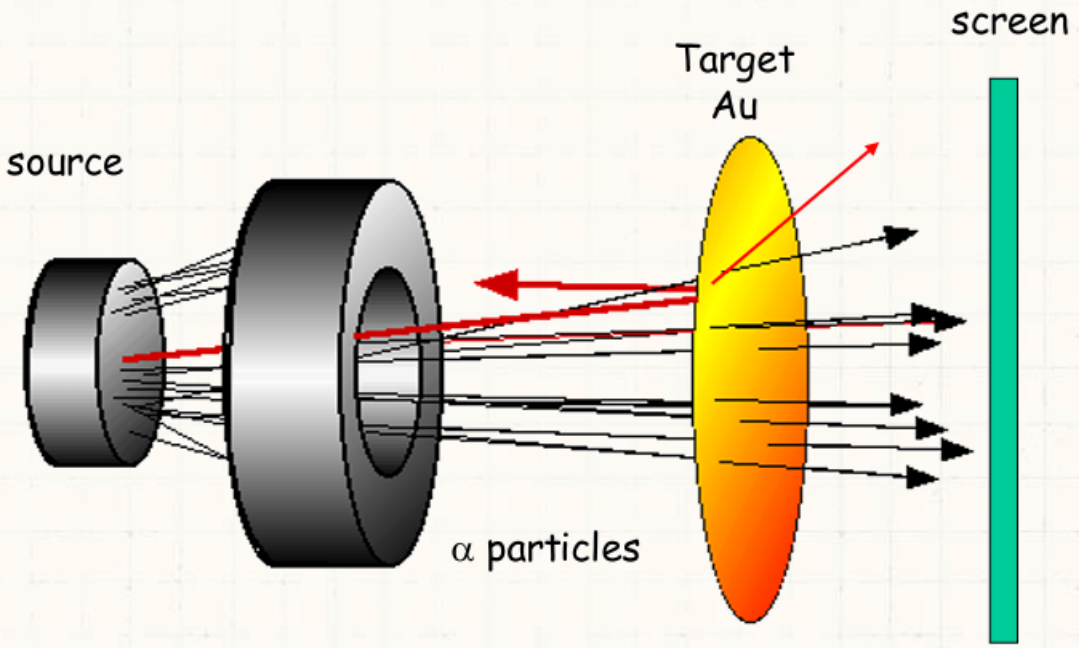
(Инфографика: Адриана Варгас/МАГАТЭ).

Микромир в масштабе

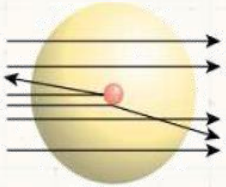


Открытие ядра

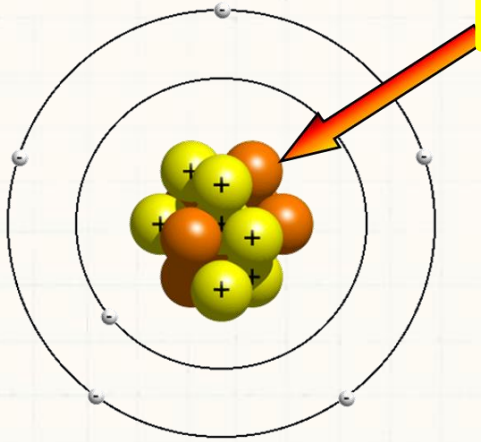
Строение атома было впервые исследовано в ходе эксперимента Резерфорда в 1909 году. Пучок α-частиц, образующихся при радиоактивном распаде радия, был направлен на лист очень тонкой золотой фольги.



Результаты показали, что большая часть массы атома сосредоточена в очень малой области.



Состав атомных ядер



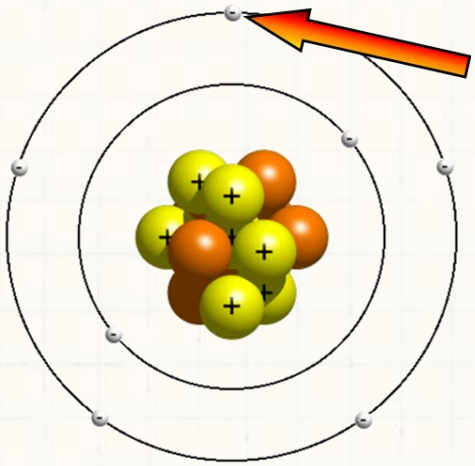
1) Находится в середине атома.
2) Состоит из нуклонов: протонов и нейтронов.
3) Имеет положительный заряд.
4) Почти вся масса атома сосредоточена в ядре.

$$m_p = 1.007276u = 938.27\ \mathrm{MeV}/c^2$$
$$m_n = 1.008665u = 939.57\ \mathrm{MeV}/c^2$$

Ядро характеризуется массовым числом A и атомным номером Z.
Оно записывается $^{A}X_{Z}$*:*

1) Атомный номер показывает, сколько в атоме протонов.
2) Чтобы получить количество нейтронов - просто вычтите атомный номер из массового числа: ***N=A-Z***.

Состав атомных ядер



Электроны

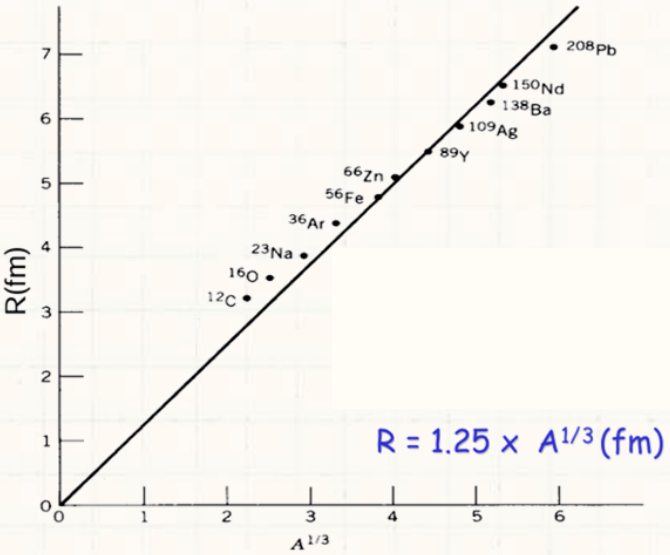
1) Двигаются вокруг ядра.

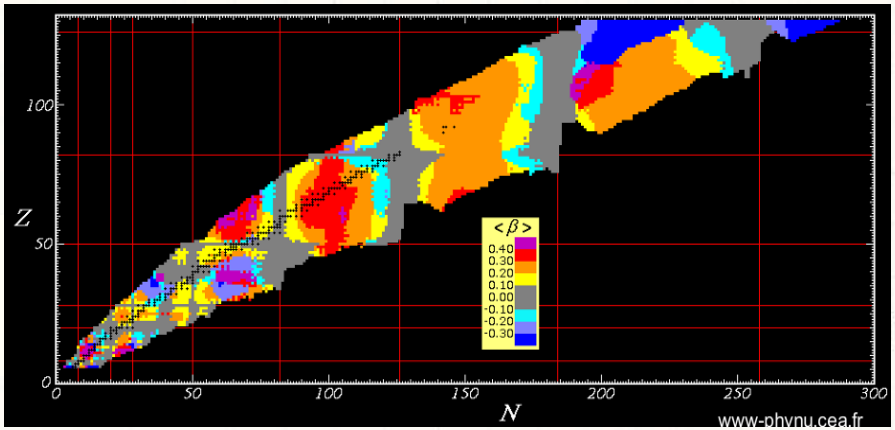
2) Заряжены отрицательно.

3) Практически не имеют массы.

Частицы	Заряд		Масса	
	Кл	условные единицы	г	а.е.м.
Протон	$1{,}6 \cdot 10^{-19}$	+1	$1{,}67 \cdot 10^{-24}$	1,00728
Нейтрон	0	0	$1{,}67 \cdot 10^{-24}$	1,00866
Электрон	$-1{,}6 \cdot 10^{-19}$	−1	$9{,}1 \cdot 10^{-28}$	0,00055

Форма и размеры атомных ядер





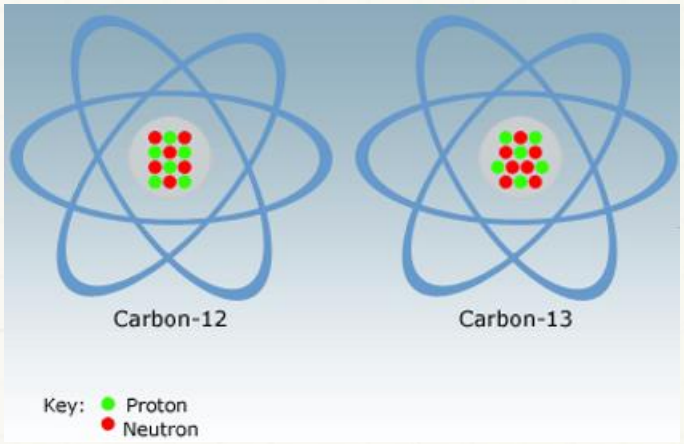
$$R = r_0 A^{1/3},$$

где r_0=1,3 фм=1,3·10^{-15} м, A – массовое число.

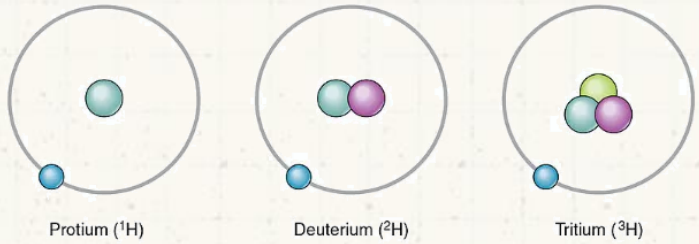
$$\rho = \frac{M}{V} \approx \frac{M}{4/3\pi R^3} = \frac{1{,}66 \cdot 10^{-27}\, Акк}{4/3\pi (1{,}3 \cdot 10^{-15} A^{1/3})^3\, м^3} \approx 1{,}8 \cdot 10^{17}\, кг/м^3 .$$

Нуклиды

ИЗОТОПЫ

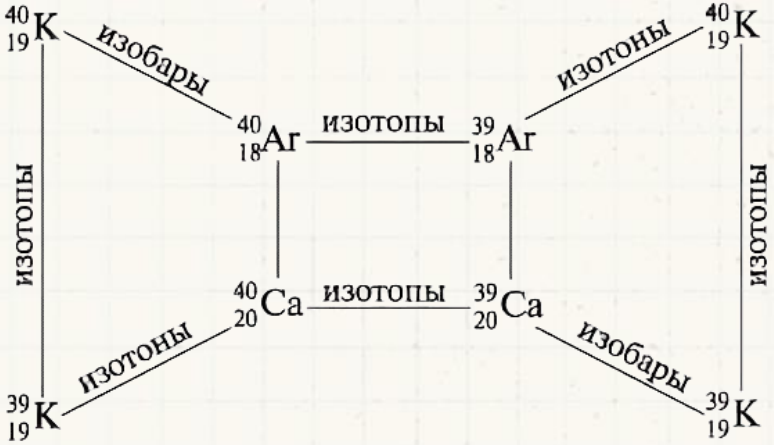


Изотопы имеют одинаковые количество протонов ($Z_1 = Z_2$), но разное число нейтронов (N). ($A_1 \neq A_2$)



ИЗОТОНЫ

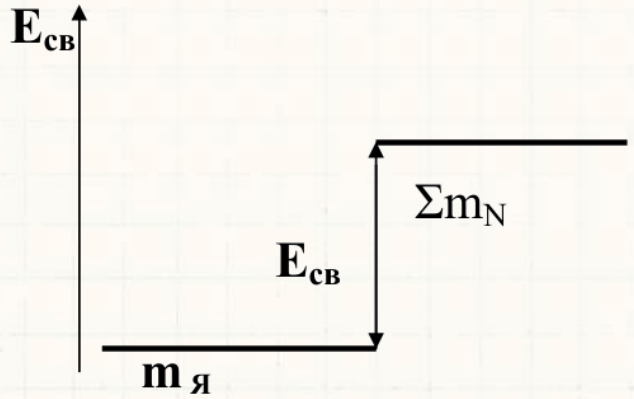
Изотоны имеют одинаковые количество нейтронов ($N_1 = N_2$), но разное число протонов (Z). ($A_1 \neq A_2$)



ИЗОБАРЫ

Изобары имеют разное число протонов (Z) и нейтронов (N), но $A_1 = A_2$

Масса и энергия связи ядра



где Σm_N –сумма масс нуклонов,
$m_Я$ –масса ядра.

$$E_{св} = Zm_p + Nm_n - m_Я,$$

где Z и N – число протонов и нейтронов в ядре

$$E_{св} = Zm_H + Nm_n - m_a$$

где m_a – масса нуклида,
m_H - масса нуклида ^1H.

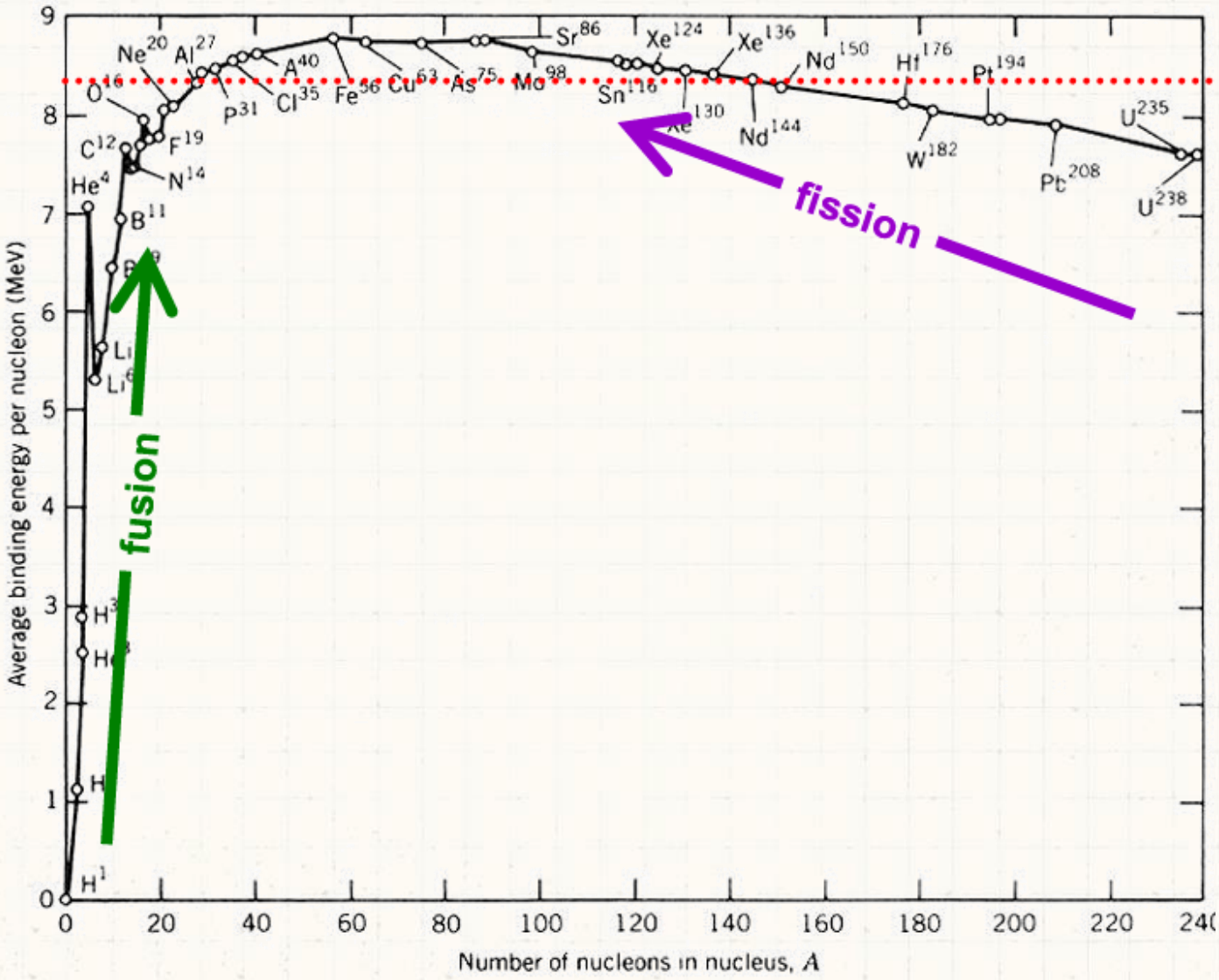
Более того, для упрощения расчетов вводят понятия дефект массы Δ как разность между массой (в а.е.м.) и массовым числом А ядра или нуклона: $\Delta = m - A$.

$$E_{св} = Z\Delta_H + N\Delta_n - \Delta_a$$

1 аем = $M_{12C}/12 = (1{,}660531 \pm 0{,}000011) \bullet 10^{-24}$ г=931,48 МэВ

Z	Нуклид	Дефект массы $\Delta = m - A$, а.е.м.
0	n	0,008665
1	H	0,007825
	^2H	0,014102
	^3H	0,016049
2	^3He	0,016030
	^4He	0,002604

Удельная энергия связи



Выводы:

1. Атом состоит из ядра и электронной оболочки, при этом основные характеристики ядра определяются числом протонов и нейтронов.
2. Нуклиды классифицируются по атомному номеру, массовому числу, числу нейтронов и энергетическому состоянию ядра.
3. Масса ядра и энергия его связи являются фундаментальными характеристиками, определяющими особенности ядерной структуры и степень устойчивости ядра.
4. Знание основных ядерно-физических понятий необходимо для понимания процессов производства и применения радионуклидов, в том числе в ядерной медицине.

Вопросы для самопроверки:

1) Что представляет собой атом и из каких основных частиц он состоит?
2) Что такое атомный номер (Z) и какую информацию он даёт об элементе?
3) Как определяется массовое число (A) и чем оно отличается от атомной массы?
4) Дайте определения понятий «изотоп», «нуклид» и «радионуклид». В чём различие между ними?
5) Что называют изомерами (метастабильными состояниями) ядер? Приведите пример.
6) В чём заключается различие между изотопами, изобарами и изотонами?

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

