

1 H																	2 He																														
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne																														
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar																														
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr																														
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe																														
55 Cs	56 Ba	до 71	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn																														
87 Fr	88 Ra	до 103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo																														
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>57 La</td> <td>58 Ce</td> <td>59 Pr</td> <td>60 Nd</td> <td>61 Pm</td> <td>62 Sm</td> <td>63 Eu</td> <td>64 Gd</td> <td>65 Tb</td> <td>66 Dy</td> <td>67 Ho</td> <td>68 Er</td> <td>69 Tm</td> <td>70 Yb</td> <td>71 Lu</td> </tr> <tr> <td>89 Ac</td> <td>90 Th</td> <td>91 Pa</td> <td>92 U</td> <td>93 Np</td> <td>94 Pu</td> <td>95 Am</td> <td>96 Cm</td> <td>97 Bk</td> <td>98 Cf</td> <td>99 Es</td> <td>100 Fm</td> <td>101 Md</td> <td>102 No</td> <td>103 Lr</td> </tr> </tbody> </table>																		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu																																	
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr																																	

Таблица Менделеева

Радиоактивный распад

Элементарные частицы

Атомная, ядерная физика

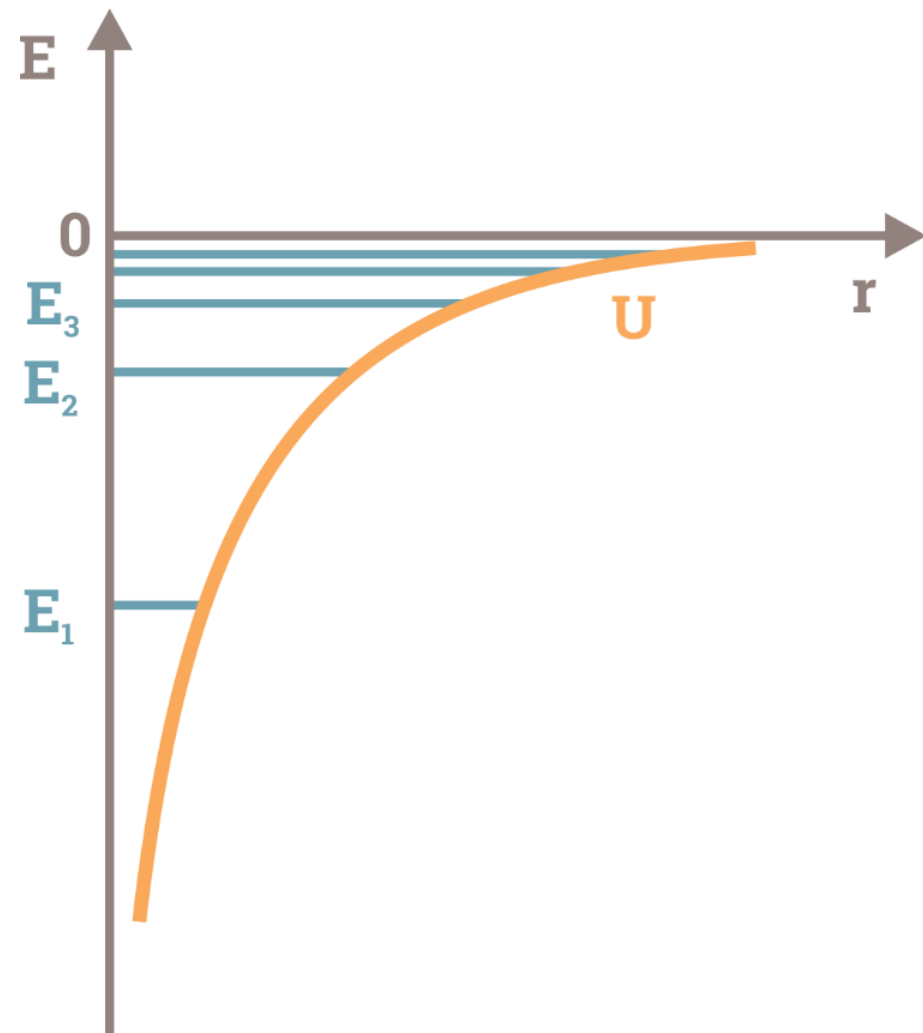
Квантовые числа

Квантовое число	Определяемая величина	Формула	Диапазон значений
Главное квантовое число	Энергетические уровни электрона	$E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{Z^2 m e^2}{8 h^2 \varepsilon_0^2}$	$n = 1, 2, 3, \dots$
Орбитальное квантовое число	Момент импульса (механический орбитальный момент) электрона	$L_l = \sqrt{l(l-1)}$	$l = 0, 1, \dots, (n-1)$
Магнитное квантовое число	Проекция на направление z внешнего магнитного поля	$L_{lZ} = \hbar m_l$	$m_l = 0, \pm 1, \dots, \pm l$
Спиновое квантовое число	Собственный неуничтожимый механический момент импульса (спин)	$L_s = \sqrt{s(s-1)}$	$s = \frac{1}{2}$
Магнитное спиновое квантовое число	Проекция спина на направление внешнего магнитного поля	$L_{sZ} = \hbar m_s$	$m_s = \pm \frac{1}{2}$

Принцип Паули

В системе одинаковых фермионов
любые два из них не могут
одновременно находиться в
одном и том же состоянии

$$Z(n, l, m_l, m_s) = 0 \text{ или } 1$$



Электронная оболочка – совокупность электронов в многоэлектронном атоме, имеющих одно и то же главное квантовое число n

$$Z(n) = \sum_{l=0}^{n-1} 2(2l + 1) = 2n^2$$

Подоболочка – совокупность электронов, имеющих одинаковые значения n и l

$$2(2l + 1)$$

<i>n</i>	1	2	3			4				5					
Символ оболочки	K	L	M			N				O					
Максимальное число электронов в оболочке	2	8	18			32				50					
<i>l</i>	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3	4
Символ подоболочки	<i>1s</i>	<i>2s</i>	<i>2p</i>	<i>3s</i>	<i>3p</i>	<i>3d</i>	<i>4s</i>	<i>4p</i>	<i>4d</i>	<i>4f</i>	<i>5s</i>	<i>5p</i>	<i>5d</i>	<i>5f</i>	<i>5g</i>
Максимальное число электронов в подоболочке	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	18

Периодическая таблица Д.И. Менделеева

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 до 71	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 до 103	104 Rf	105 Dr	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nc	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Щелочные
металлы

Щелочно-
земельные
металлы

Переходные
металлы

Постпереходные
металлы

Полуметаллы

Неметаллы

Галогены

Инертные газы

Период	Z	Элемент	K	L		M			N			
			1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f
I	1	H	1									
	2	He	2									
II	3	Li	2	1								
	4	Be	2	2								
	5	B	2	2	1							
	6	C	2	2	2							
	7	N	2	2	3							
	8	O	2	2	4							
	9	F	2	2	5							
	10	Ne	2	2	6							
III	11	Na	2	2	6	1						
	12	Mg	2	2	6	2						
	13	Al	2	2	6	2	1					
	14	Si	2	2	6	2	2					
	15	P	2	2	6	2	3					
	16	S	2	2	6	2	4					
	17	Cl	2	2	6	2	5					
	18	Ar	2	2	6	2	6					
IV	19	K	2	2	6	2	6	--	1			
	20	Ca	2	2	6	2	6	--	2			
	21	Sc	2	2	6	2	6	1	2			
	22	Ti	2	2	6	2	6	2	2			

Инертные газы

I	1	H	1									
	2	He	2									
II	3	Li	2	1								
	4	Be	2	2								
	5	B	2	2	1							
	6	C	2	2	2							
	7	N	2	2	3							
	8	O	2	2	4							
	9	F	2	2	5							
		10	Ne	2	2	6						
III	11	Na	2	2	6	1						
	12	Mg	2	2	6	2						
	13	Al	2	2	6	2	1					
	14	Si	2	2	6	2	2					
	15	P	2	2	6	2	3					
	16	S	2	2	6	2	4					
	17	Cl	2	2	6	2	5					
		18	Ar	2	2	6	2	6				
IV	19	K	2	2	6	2	6	--	1			
	20	Ca	2	2	6	2	6	--	2			
	21	Sc	2	2	6	2	6	1	2			
	22	Ti	2	2	6	2	6	2	2			

Щелочные металлы

I	1	H	1									
	2	He	2									
II	3	Li	2	1								
	4	Be	2	2								
	5	B	2	2	1							
	6	C	2	2	2							
	7	N	2	2	3							
	8	O	2	2	4							
	9	F	2	2	5							
	10	Ne	2	2	6							
III	11	Na	2	2	6	1						
	12	Mg	2	2	6	2						
	13	Al	2	2	6	2	1					
	14	Si	2	2	6	2	2					
	15	P	2	2	6	2	3					
	16	S	2	2	6	2	4					
	17	Cl	2	2	6	2	5					
	18	Ar	2	2	6	2	6					
IV	19	K	2	2	6	2	6	--	1			
	20	Ca	2	2	6	2	6	--	2			
	21	Sc	2	2	6	2	6	1	2			
	22	Ti	2	2	6	2	6	2	2			

Щелочно-земельные металлы

I	1	H	1									
	2	He	2									
II	3	Li	2	1								
	4	Be	2	2								
	5	B	2	2	1							
	6	C	2	2	2							
	7	N	2	2	3							
	8	O	2	2	4							
	9	F	2	2	5							
	10	Ne	2	2	6							
III	11	Na	2	2	6	1						
	12	Mg	2	2	6	2						
	13	Al	2	2	6	2	1					
	14	Si	2	2	6	2	2					
	15	P	2	2	6	2	3					
	16	S	2	2	6	2	4					
	17	Cl	2	2	6	2	5					
	18	Ar	2	2	6	2	6					
IV	19	K	2	2	6	2	6	--	1			
	20	Ca	2	2	6	2	6	--	2			
	21	Sc	2	2	6	2	6	1	2			
	22	Ti	2	2	6	2	6	2	2			

Галогены

I	1	H	1									
	2	He	2									
II	3	Li	2	1								
	4	Be	2	2								
	5	B	2	2	1							
	6	C	2	2	2							
	7	N	2	2	3							
	8	O	2	2	4							
	9	F	2	2	5							
	10	Ne	2	2	6							
	III	11	Na	2	2	6	1					
12		Mg	2	2	6	2						
13		Al	2	2	6	2	1					
14		Si	2	2	6	2	2					
15		P	2	2	6	2	3					
16		S	2	2	6	2	4					
17		Cl	2	2	6	2	5					
18		Ar	2	2	6	2	6					
IV	19	K	2	2	6	2	6	--	1			
	20	Ca	2	2	6	2	6	--	2			
	21	Sc	2	2	6	2	6	1	2			
	22	Ti	2	2	6	2	6	2	2			

Атомное ядро

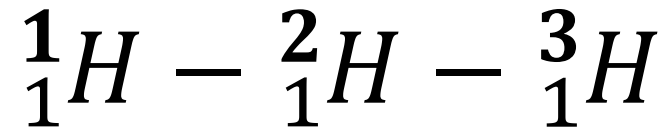
Нукло́ны (от лат. *nucleus* – ядро) – общее название протонов и нейтронов

Массовое число A – общее число нуклонов в атомном ядре

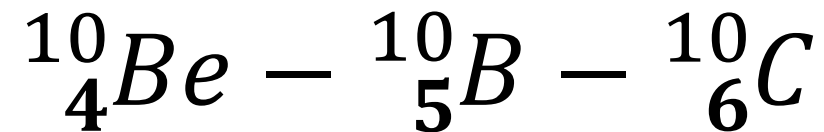
Зарядовое число Z – число протонов в ядре.



Изотопы – ядра с одинаковыми Z, но разными A



Изобары ядра с одинаковыми A, но разными Z



Дефект массы

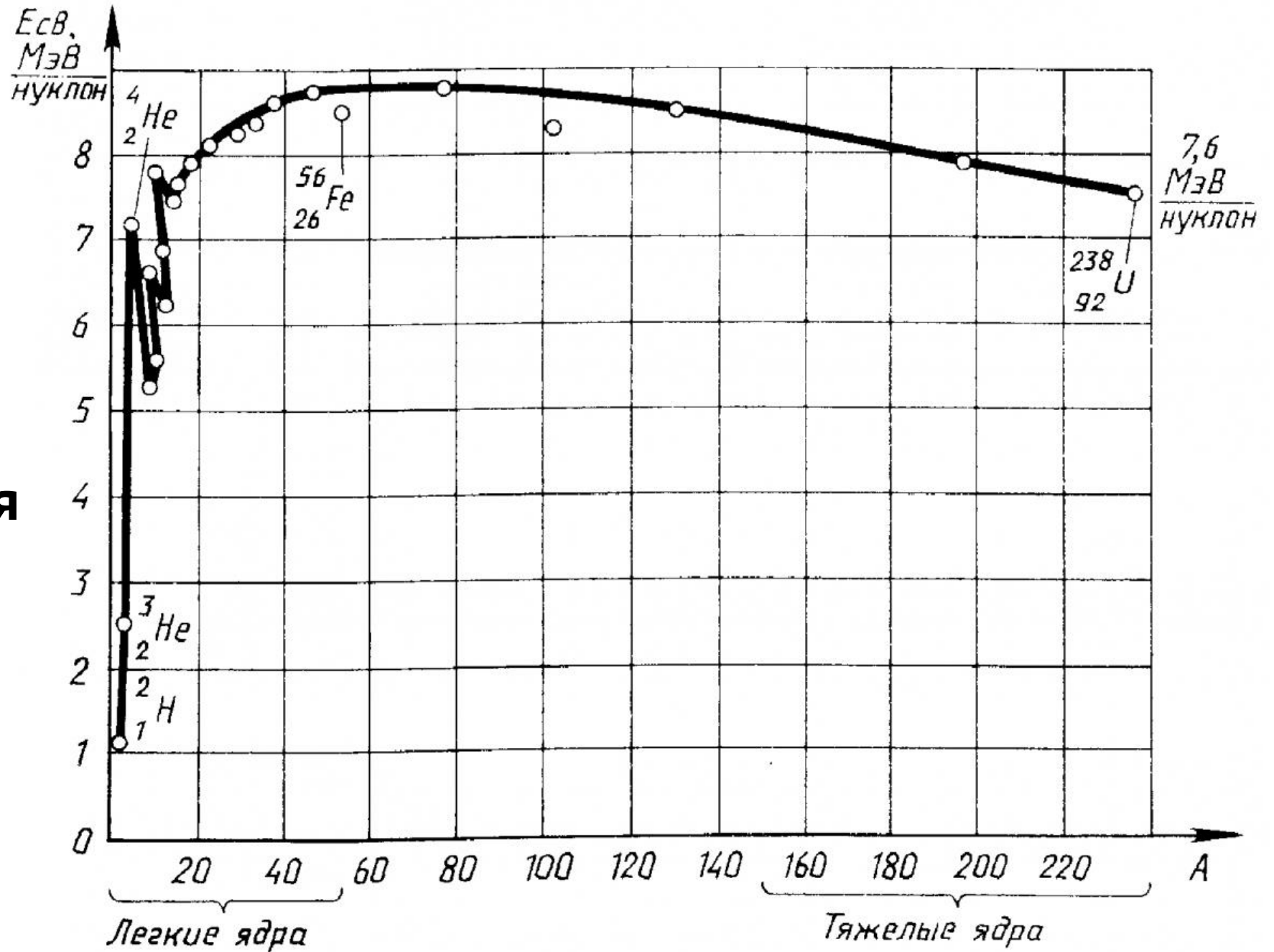
Энергией связи ядра – энергия, которую необходимо затратить, чтобы расщепить ядро на отдельные нуклоны

$$E_{\text{св}} = [Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}]c^2$$

Дефектом массы ядра – величина, на которую уменьшается масса всех нуклонов при образовании из них атомного ядра

$$\Delta m = [Zm_p + (A - Z)m_n] - m_{\text{я}}$$

**Удельная энергия
связи $\delta E_{\text{св}}$ –
энергия связи,
отнесенная к
одному нуклону**



Ядерные силы

Основные свойства:

1. Являются **силами притяжения**
2. Ядерные силы **короткодействующие**, действуют на расстояниях примерно 10^{-15} м
3. Ядерные силы **не зависят от заряда**
4. Ядерным силам свойственно **насыщение**
5. Зависят от взаимной **ориентации спинов** взаимодействующих нуклонов
6. Ядерные силы **не являются центральными**

Радиоактивность

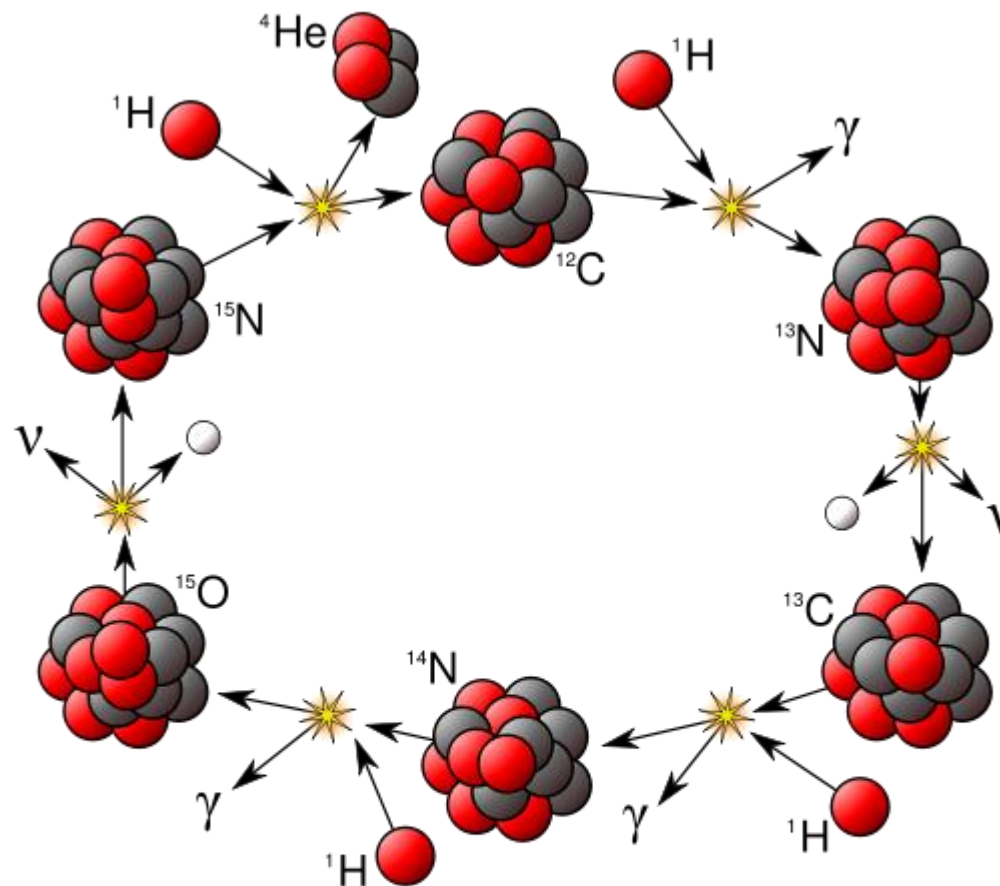
– способность некоторых
атомных ядер спонтанно
(самопроизвольно)




превращаться в другие ядра
с испусканием различных
видов радиоактивных
излучений и элементарных
частиц

1896г. А. Беккерель

Радиоактивность

Радиоактивный распад –
естественное радиоактивное
превращение ядер,
происходящее
самопроизвольно



	Proton	γ	Gama ışını
	Nötron	ν	Nötrino
	Pozitron		

Радиоактивное излучение

α -излучение	β -излучение	γ -излучение
Отклоняется электрическим и магнитным полями	Отклоняется электрическим и магнитным полями	Не отклоняется электрическим и магнитным полями
Высокая ионизирующая способность	Ионизирующая способность значительно меньше	Слабая ионизирующая способность
Малая проникающая способность	Проникающая способность гораздо больше чем у α -частиц	Большая проникающая способность
Поток ядер гелия	Поток быстрых электронов	Коротковолновое электромагнитное излучение

Правила смещения



Радиоактивные семейства

семейства Тория от ${}^{232}_{90}\text{Th}$ до ${}^{208}_{82}\text{Pb}$

Нептуния от ${}^{237}_{93}\text{Np}$ до ${}^{209}_{83}\text{Bi}$

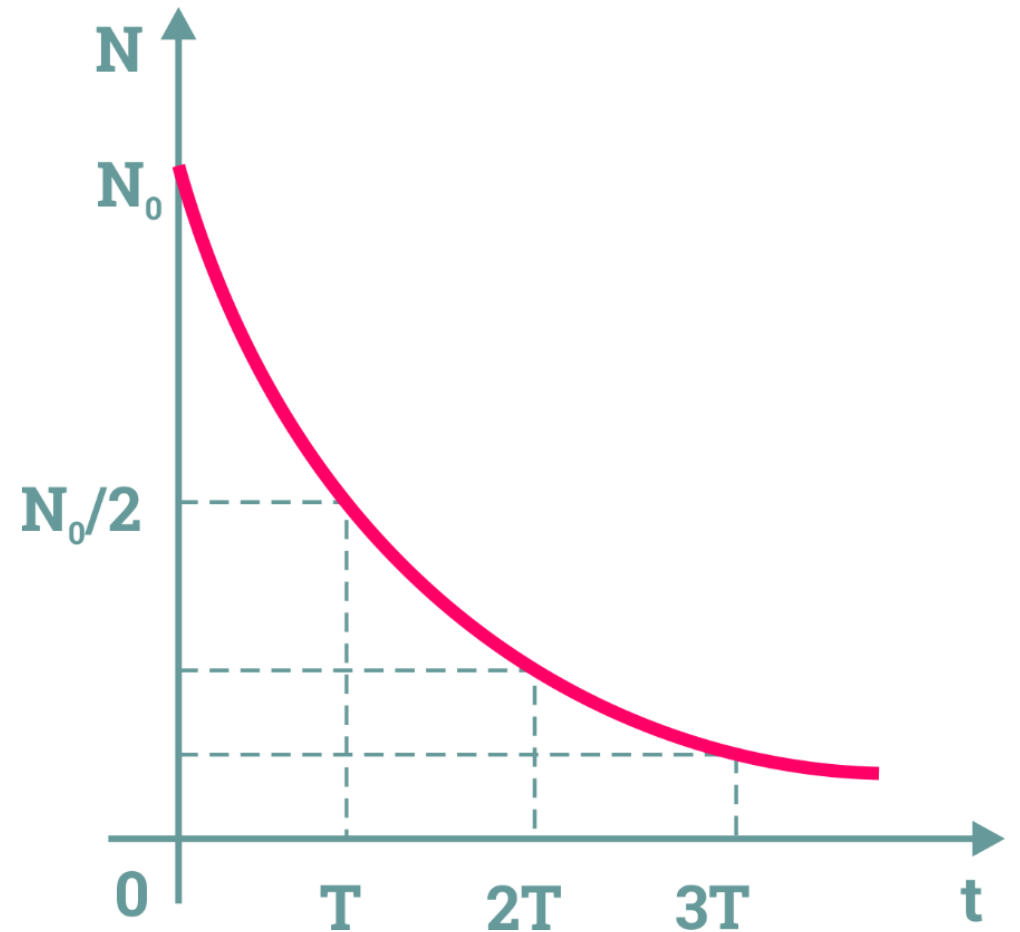
Урана от ${}^{238}_{92}\text{U}$ до ${}^{206}_{82}\text{Pb}$

Актиния от ${}^{235}_{89}\text{Ac}$ до ${}^{207}_{82}\text{Pb}$

Закон радиоактивного распада

– число нераспавшихся ядер
убывает со временем по
экспоненциальному закону

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

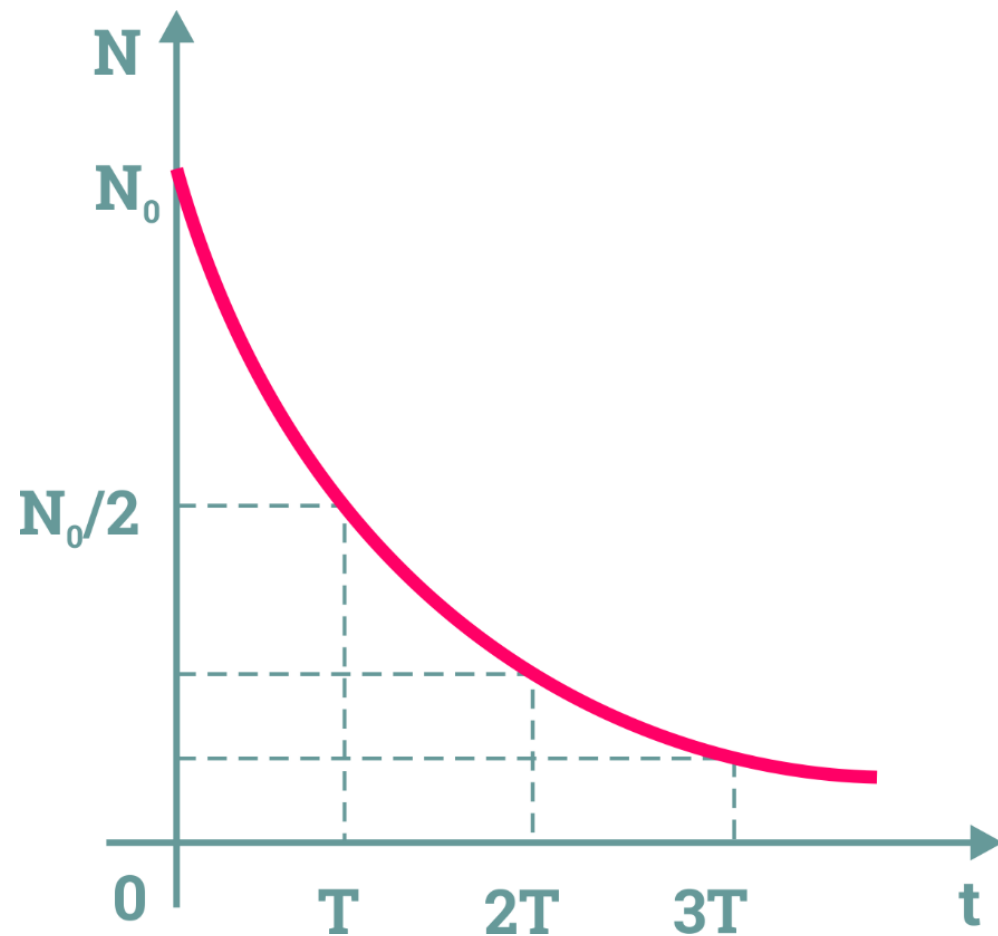


Закон радиоактивного распада

Период полураспада $T_{1/2}$ – время, за которое исходное число радиоактивных ядер в среднем уменьшается вдвое

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$



Закон радиоактивного распада

Среднее время жизни τ

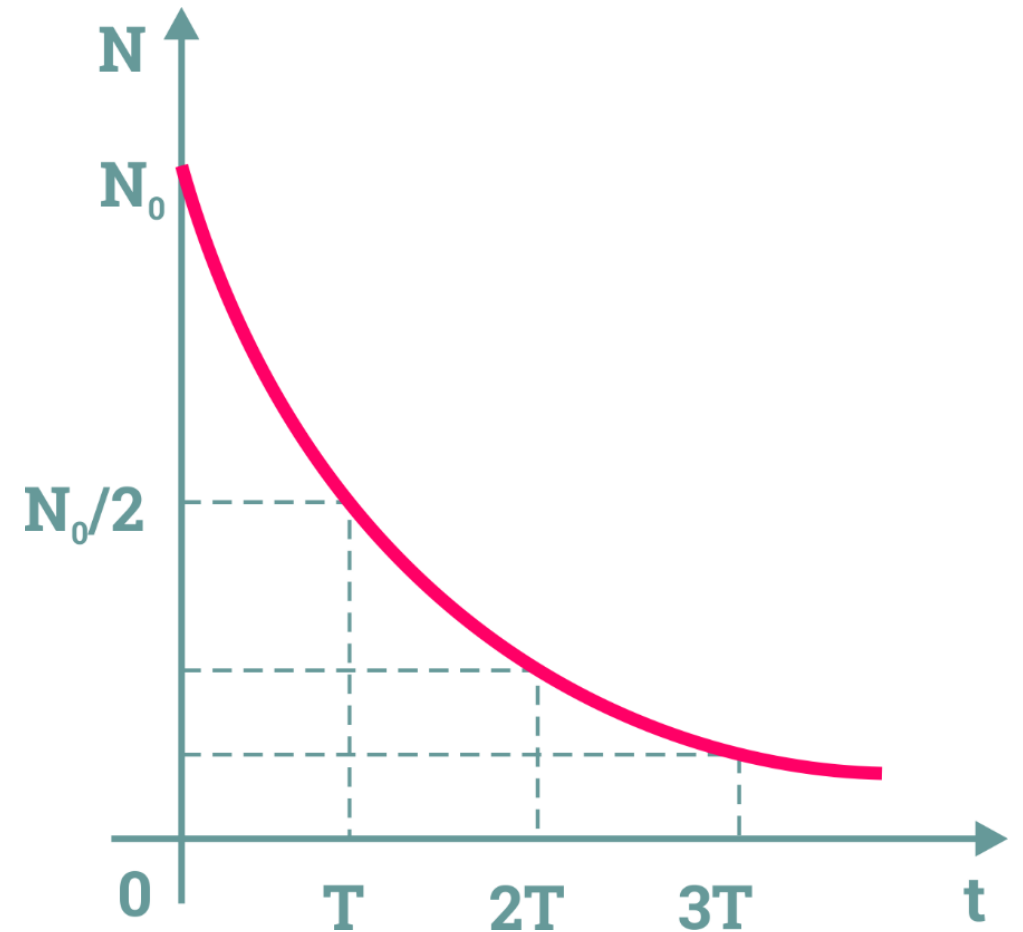
радиоактивного ядра

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

Активность распада

$$A = \frac{dN}{dt} = \lambda N = [\text{Бк}] =$$

= [беккерель]



Доза излучения

Поглощенная доза излучения – физическая величина, равная отношению энергии излучения к массе облучаемого вещества

$$1 \text{ Гр} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Грей – доза излучения, при которой облученному веществу массой 1 кг передается энергия любого ионизирующего излучения 1 Дж

Доза излучения

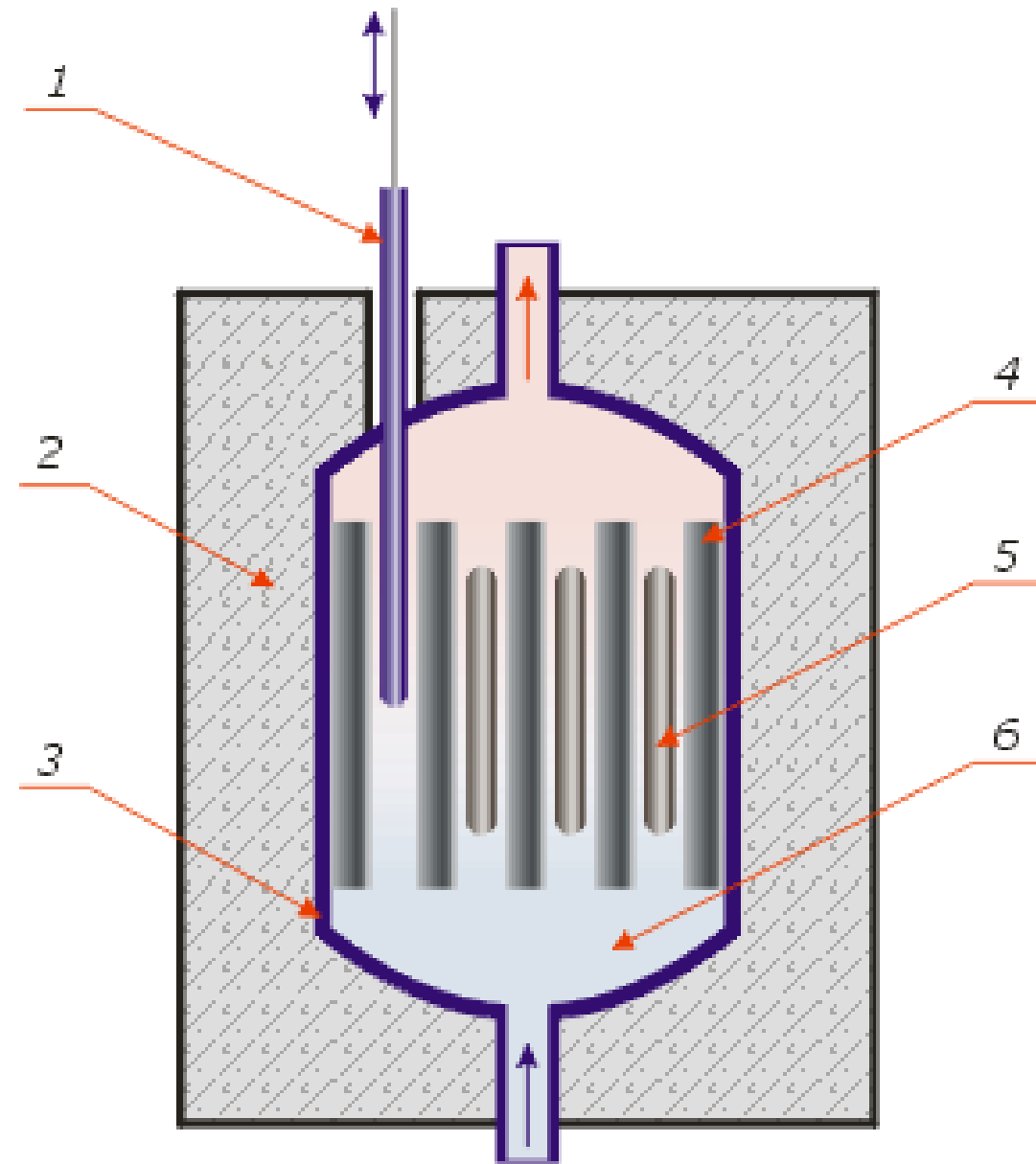
Экспозиционная доза излучения – физическая величина, равная отношению **суммы электрических зарядов всех ионов одного знака, созданных электронами**, к массе этого воздуха

$$1 \text{ Р (рентген)} = 2,58 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Кл}}{\text{КГ}}$$

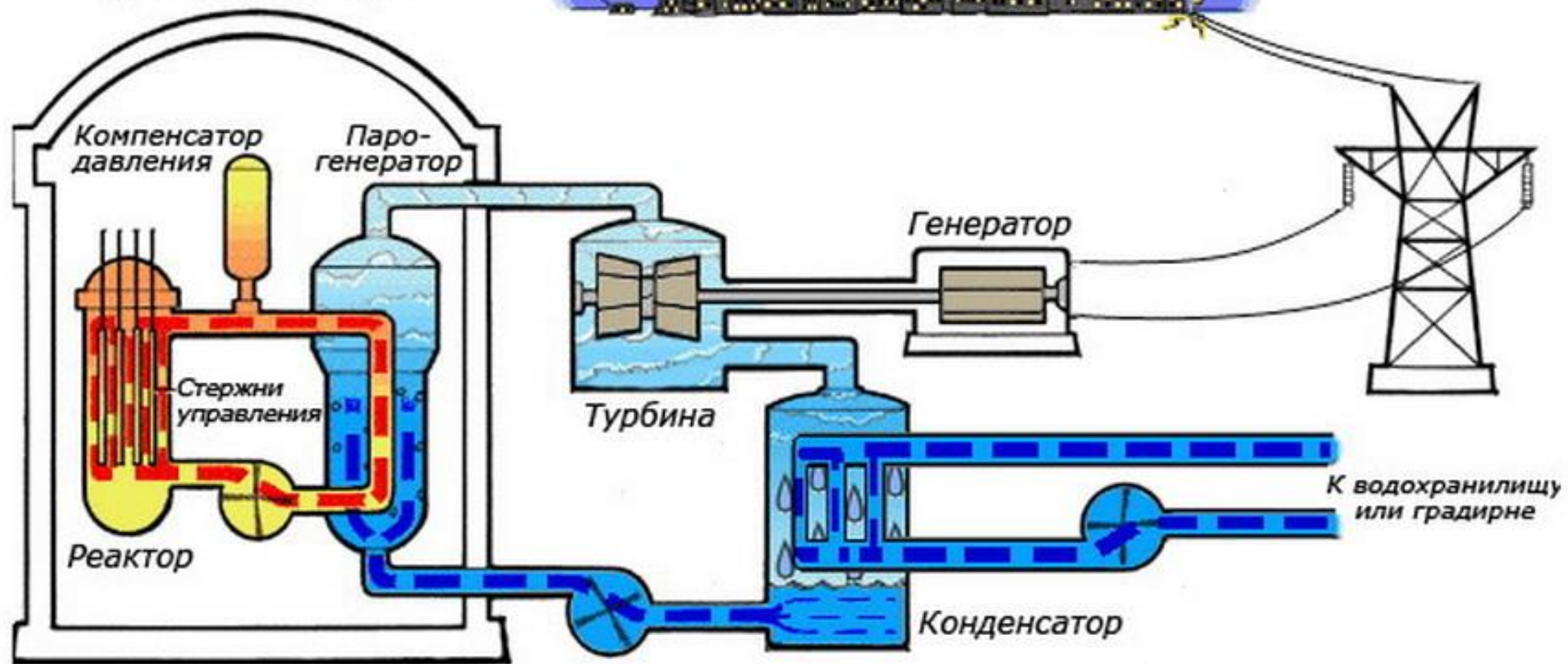
Ядерный реактор

– устройство, в котором осуществляется управляемая цепная ядерная реакция, сопровождающаяся выделением энергии

- 1 – Управляющий стержень
- 2 – Радиационная защита
- 3 – Теплоизоляция
- 4 – Замедлитель
- 5 – Ядерное топливо
- 6 – Теплоноситель

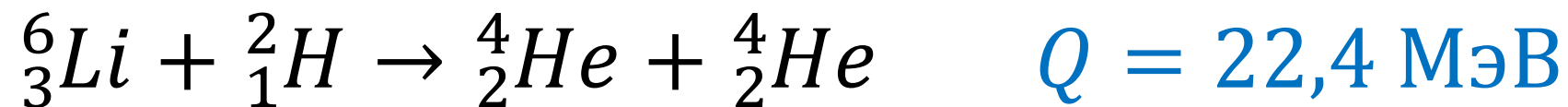
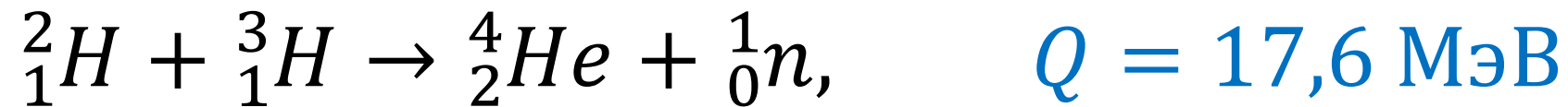
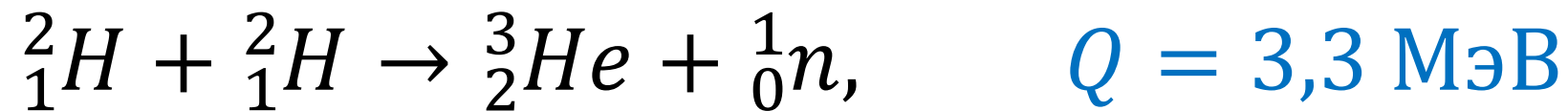
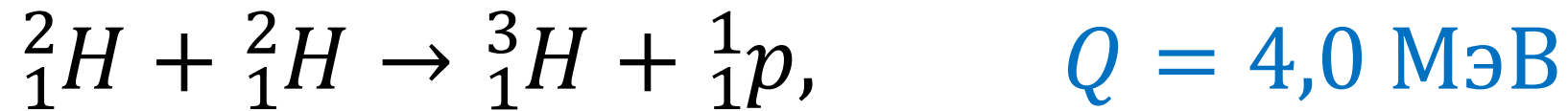


Здание реактора



Термоядерный синтез

Термоядерными реакциями – реакции синтеза легких атомных ядер в более тяжелые, происходящие при сверхвысоких температурах (примерно 10^7 К и выше)



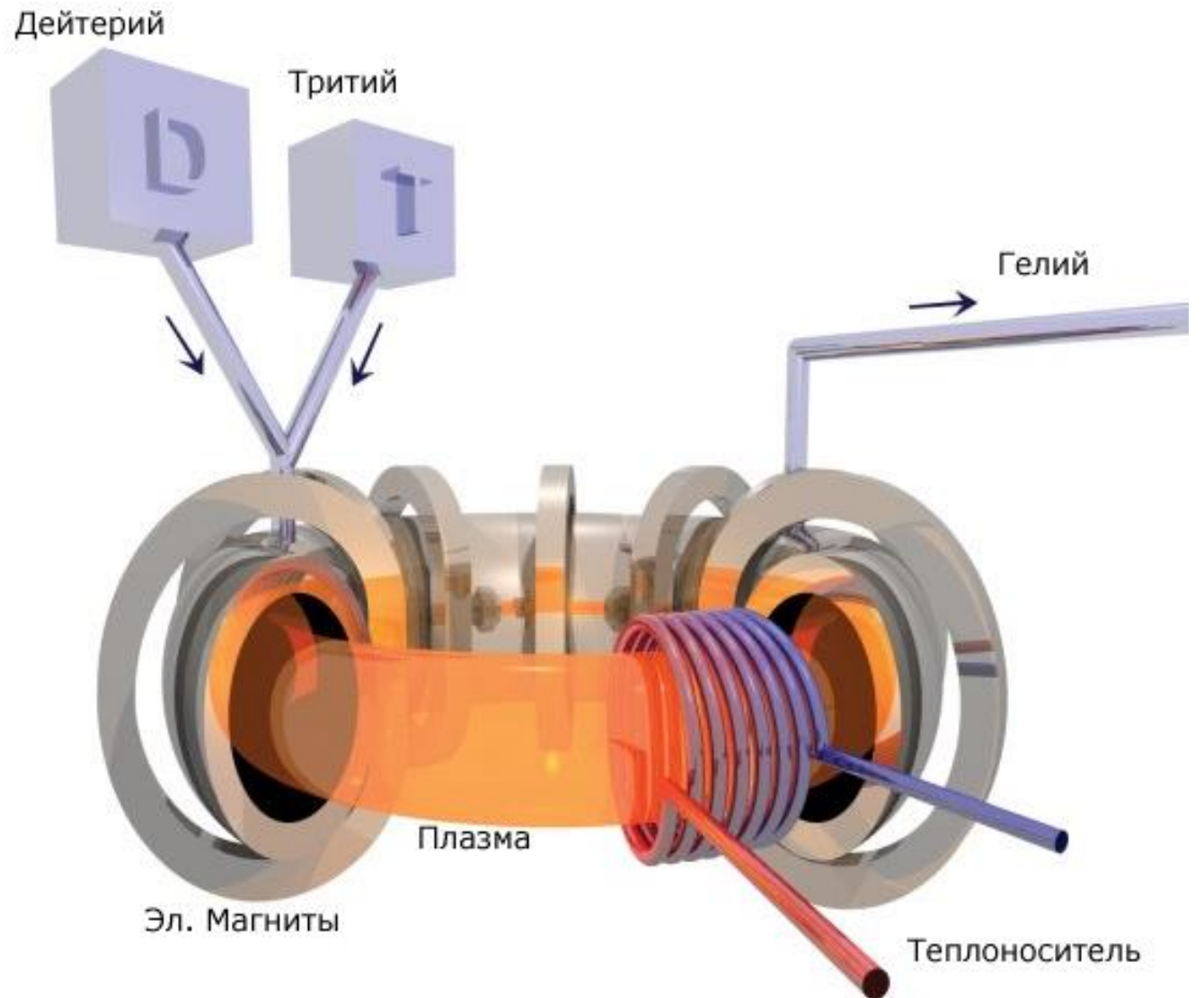
Установки термоядерного синтеза

Токама́к

Тороидальная Камера с
Магнитными Катушками

Токамак-3 1968г.

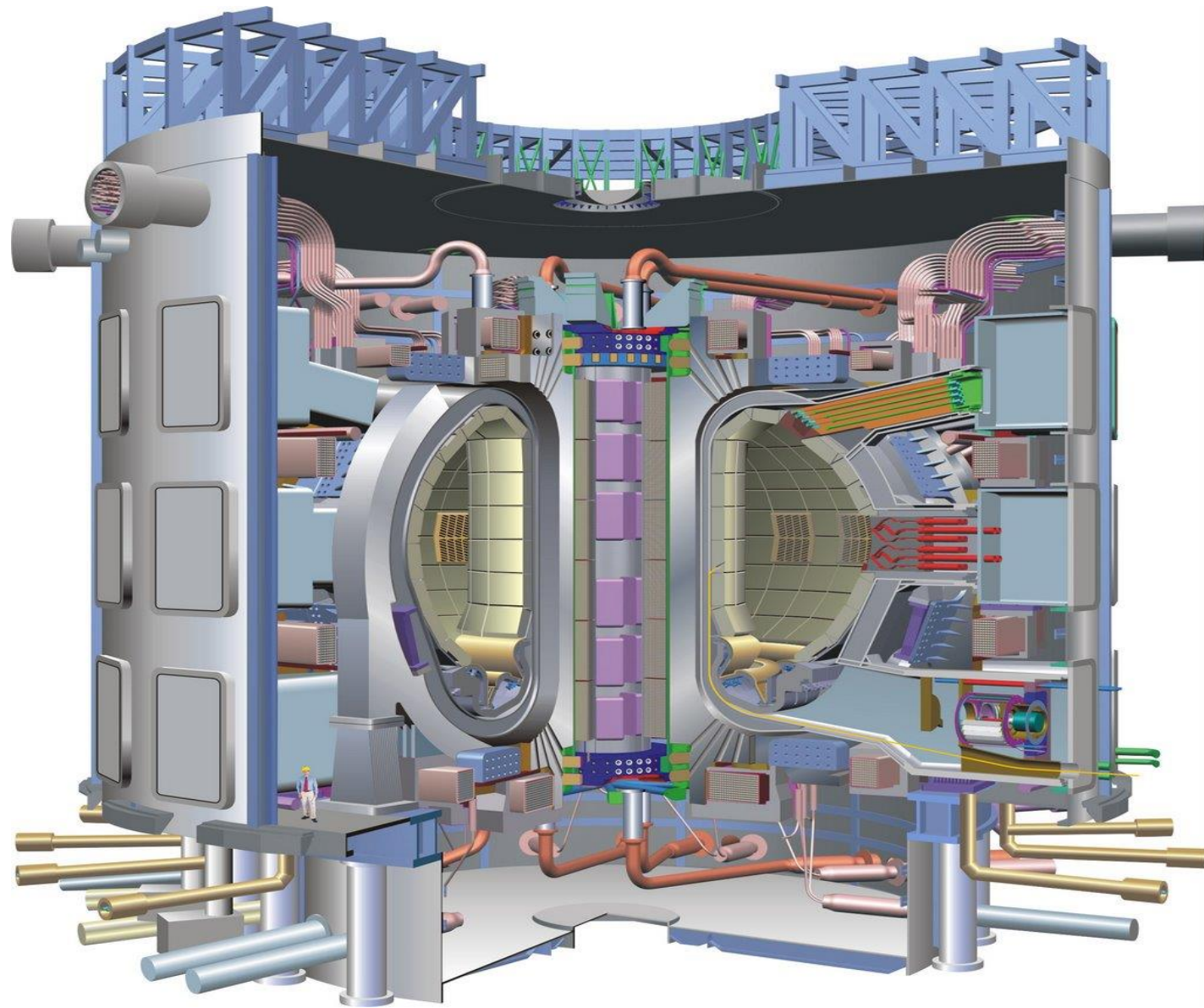
JET 1983г.



ITER (ИТЭР)

– проект
международного
экспериментального
термоядерного реактора

Дата запуска **2020г.**

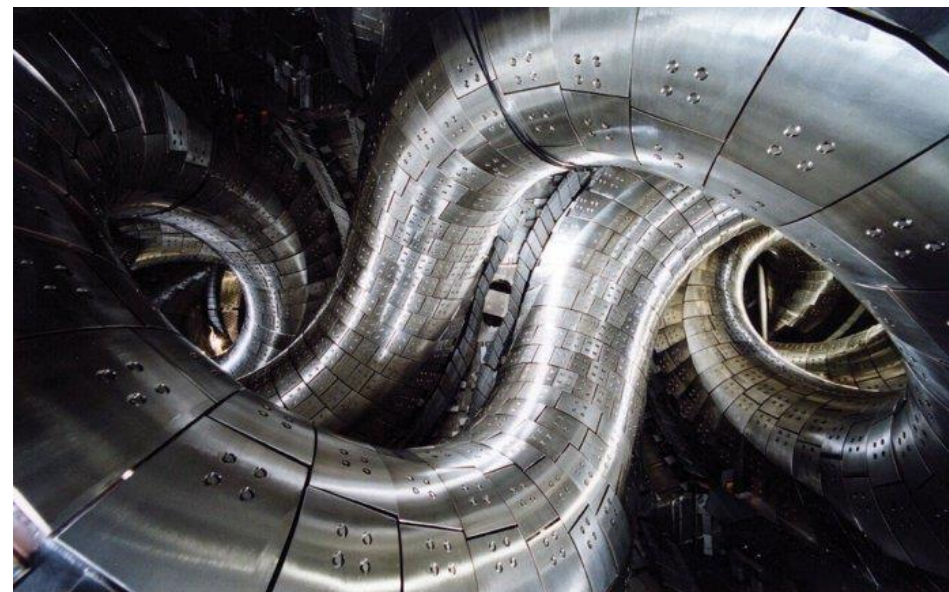
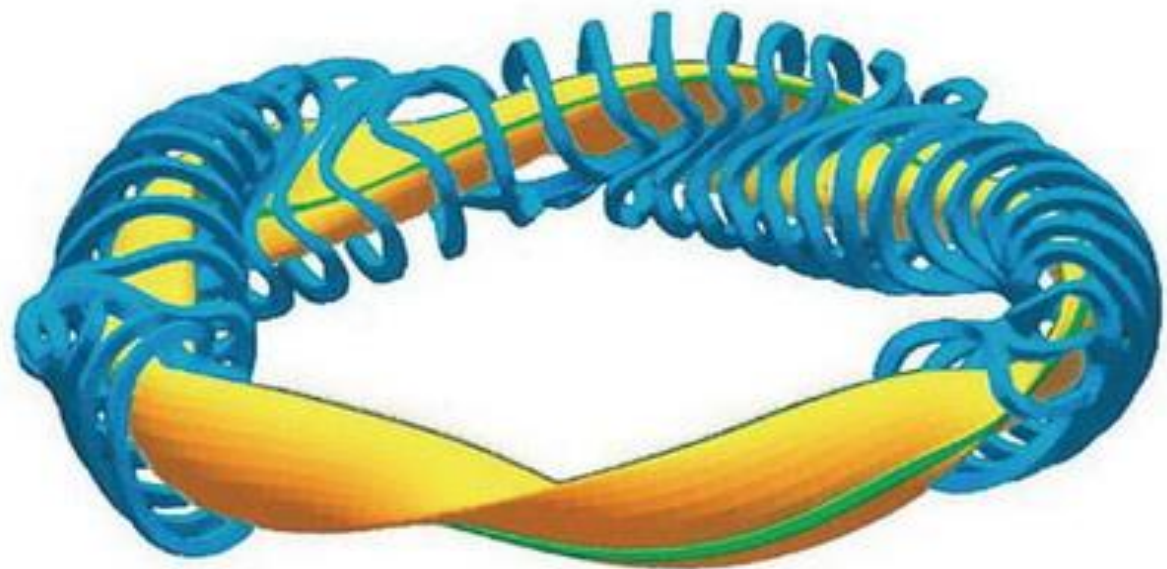


Стелларатор

— замкнутая магнитная ловушка для удержания высокотемпературной плазмы

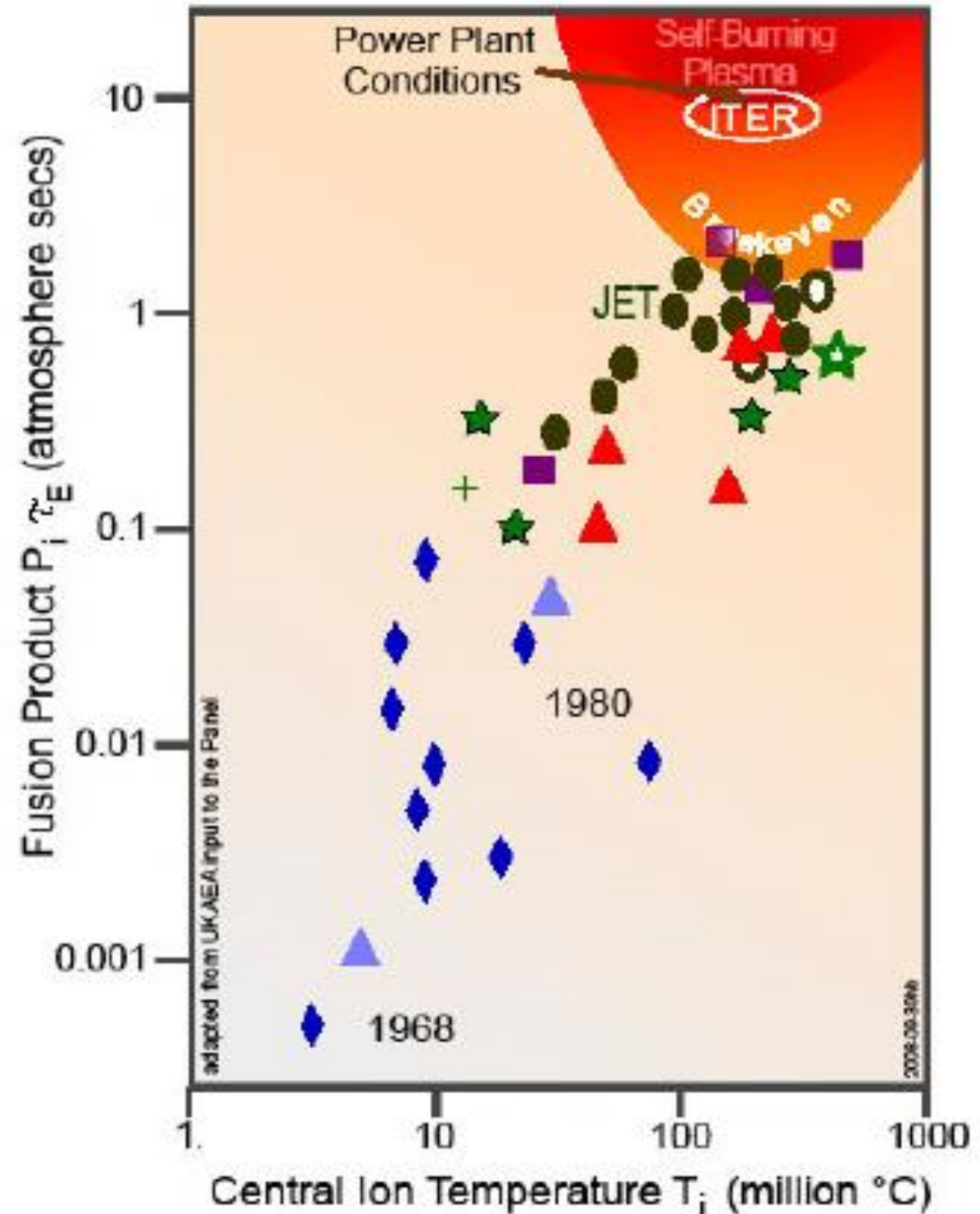
Дата запуска

2014–2015гг Wendelstein 7-X

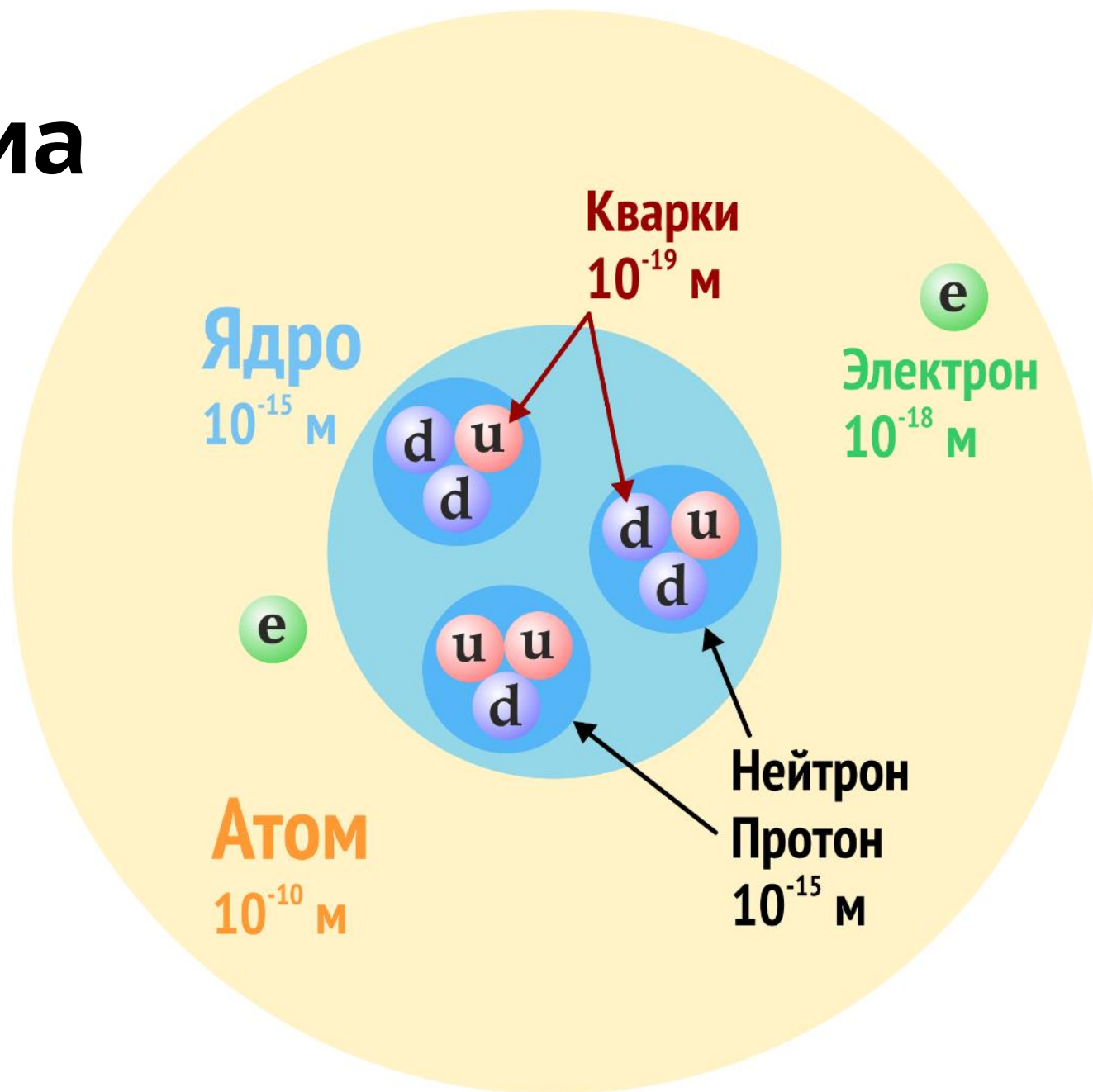


Три главных параметра, определяющие скорость реакции синтеза:

1. Температура плазмы T , которая (должна превышать $100 \text{ M}^\circ\text{C}$)
2. Давление плазмы P
3. Время удержания энергии τ_E ,



Структура атома



Элементарные частицы

Вещество – кварки и лептоны

Переносчики взаимодействий – калибровочные бозоны

масса
заряд
спин

$2,3 \text{ МэВ}/c^2$
 $2/3$
 $1/2$
u
верхний

$1,275 \text{ МэВ}/c^2$
 $2/3$
 $1/2$
c
очарованный

$173,07 \text{ ГэВ}/c^2$
 0
 $1/2$
t
истинный

0
 0
 1
 ν_μ
глюон

$126 \text{ ГэВ}/c^2$
 0
 0
H
бозон Хиггса

КВАРКИ

$4,8 \text{ МэВ}/c^2$
 $-1/3$
 $1/2$
d
нижний

$95 \text{ МэВ}/c^2$
 $-1/3$
 $1/2$
s
странный

$4,18 \text{ ГэВ}/c^2$
 $-1/3$
 $1/2$
b
прелестный

0
 0
 1
 γ
фотон

ЛЕПТОНЫ

$0,511 \text{ МэВ}/c^2$
 -1
 $1/2$
e
электрон

$105,7 \text{ МэВ}/c^2$
 -1
 $1/2$
 μ
мюон

$1,777 \text{ ГэВ}/c^2$
 -1
 $1/2$
 τ
тау-лептон

$91,2 \text{ ГэВ}/c^2$
 0
 1
Z
Z-бозон

$2,2 \text{ эВ}/c^2$
 0
 $1/2$
 ν_e
электронное
нейтрино

$0,17 \text{ МэВ}/c^2$
 0
 $1/2$
 ν_μ
мюонное
нейтрино

$15,5 \text{ МэВ}/c^2$
 0
 $1/2$
 ν_τ
тау-нейтрино

$80,4 \text{ ГэВ}/c^2$
 ± 1
 1
W
W-бозон

КАЛИБРОВОЧНЫЕ БОЗОНЫ

Стандартная модель

Фундаментальные взаимодействия

Взаимодействие	Интенсивность	Радиус действия
Сильное	1	10^{-13}
Электромагнитное	10^{-2}	∞
Слабое	10^{-14}	10^{-16}
Гравитационное	10^{-31}	∞

Фундаментальные взаимодействия

Свойство	ГРАВИТАЦИОННОЕ	СЛАБОЕ	ЭЛЕКТРО-МАГНИТНОЕ	СИЛЬНОЕ
Заряд	Гравитационная масса	Аромат	Электр. заряд	Цветовой заряд
Переносчик	Гравитон	W^{-}, W^{+}, W^{0} бозоны	фотон	глюон
Действует на	Все частицы	Кварки, лептоны	Электрически заряженные частицы	Кварки, глюоны
Относительная сила взаимодействия на 10^{-18}м	10^{-41}	0,8	1	25

Конспект

Элементарные частицы

- Лептоны, адроны (мезоны, барионы),
- Кварки

Законы сохранения:

- барионного заряда
- лептонного заряда
- электрического заряда

Античастицы