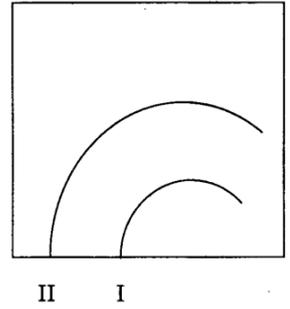


5.3.1. Нуклонная модель ядра Гейзенберга–Иваненко. Заряд ядра. Массовое число ядра. Изотопы

28 (С1).1. На рисунке показаны два трека заряженных частиц в камере Вильсона, помещенной в однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости рисунка. Трек *I* принадлежит протону. Какой из частиц (протону, электрону или α -частице) принадлежит трек ? Известно, что частицы влетели в камеру Вильсона в плоскости рисунка с одинаковыми скоростями. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



32 (С6).1. В массивном образце, содержащем радий, за 1 с испускается $3,7 \cdot 10^{10}$ α -частиц, движущихся со скоростью $1,5 \cdot 10^7\text{ м/с}$. Найдите энергию, выделяющуюся за 1 ч . Масса α -частицы равна $6,7 \cdot 10^{-27}\text{ кг}$. Энергией отдачи ядер, γ -излучением и релятивистскими эффектами пренебречь.

32 (С6).2. Образец, содержащий радий, за 1 с испускает $3,7 \cdot 10^{10}$ α -частиц. За 1 ч выделяется энергия 100 Дж . Каков средний импульс α -частиц? Масса α -частицы равна $6,7 \cdot 10^{-27}\text{ кг}$. Энергией отдачи ядер, γ -излучением и релятивистскими эффектами пренебречь.

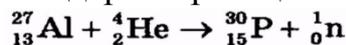
32 (С6).3. При облучении металлической пластинки быстрыми α -частицами небольшая часть этих частиц в результате упругого взаимодействия с ядрами атомов меняет направление скорости на противоположное (аналог опыта Резерфорда). Найдите заряд ядра, если минимальное расстояние, на которое сближались ядро и частица, составило $5 \cdot 10^{-13}\text{ см}$. Масса и скорость α -частиц составляют соответственно $7 \cdot 10^{-27}\text{ кг}$ и $26 \cdot 10^3\text{ км/с}$. (Частицу считать точечной, а ядро — точечным и неподвижным. Релятивистским эффектом пренебречь.)

Потенциальная энергия кулоновского взаимодействия ядра и α -частицы $E_{\text{пот}} = k \frac{q_{\alpha} q_{\text{ядра}}}{r}$, где r — расстояние между ядром и α -частицей.)

5.3.2. Энергия связи нуклонов в ядре. Ядерные силы

5.3.3. Дефект массы ядра AZX

32 (С6).4. Используя таблицы в начале и таблицу масс атомных ядер, вычислите энергию, освобождающуюся при осуществлении ядерной реакции:

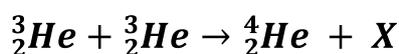


Массы атомных ядер

5.3. Физика атомного ядра (задачи повышенной сложности)

Атомный номер	Название элемента	Символ изотопа	Масса атомного ядра изотопа	
			кг	а.е.м.
1	водород	${}^1_1\text{H}$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	1,00727
1	водород	${}^2_1\text{H}$	$3,3437 \cdot 10^{-27}$	2,01355
1	водород	${}^3_1\text{H}$	$5,0075 \cdot 10^{-27}$	3,01550
2	гелий	${}^3_2\text{He}$	$5,0066 \cdot 10^{-27}$	3,01493
2	гелий	${}^4_2\text{He}$	$6,6449 \cdot 10^{-27}$	4,00151
13	алюминий	${}^{27}_{13}\text{Al}$	$44,7937 \cdot 10^{-27}$	26,97441
15	фосфор	${}^{31}_{15}\text{P}$	$49,7683 \cdot 10^{-27}$	29,97008

32 (С6).5. Определите, ядро какого изотопа X освобождается при осуществлении ядерной реакции:

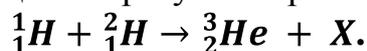


Используя таблицы в начале и таблицу масс атомных ядер, вычислите энергию, освобождающуюся при осуществлении этой ядерной реакции.

Массы атомных ядер

Атомный номер	Название элемента	Символ изотопа	Масса атомного ядра изотопа	
			кг	а.е.м.
1	водород	${}^1_1\text{H}$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	1,00727
1	водород	${}^2_1\text{H}$	$3,3437 \cdot 10^{-27}$	2,01355
1	водород	${}^3_1\text{H}$	$5,0075 \cdot 10^{-27}$	3,01550
2	гелий	${}^3_2\text{He}$	$5,0066 \cdot 10^{-27}$	3,01493
2	гелий	${}^4_2\text{He}$	$6,6449 \cdot 10^{-27}$	4,00151
13	алюминий	${}^{27}_{13}\text{Al}$	$44,7937 \cdot 10^{-27}$	26,97441
15	фосфор	${}^{31}_{15}\text{P}$	$49,7683 \cdot 10^{-27}$	29,97008

32 (С6).6. Определите, какая частица X образуется при осуществлении ядерной реакции

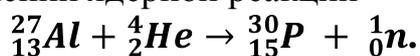


Используя таблицы в начале и таблицу масс атомных ядер, вычислите энергию, освобождающуюся при осуществлении этой ядерной реакции.

Массы атомных ядер

Атомный номер	Название элемента	Символ изотопа	Масса атомного ядра изотопа	
			кг	а.е.м.
1	водород	${}^1_1\text{H}$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	1,00727
1	водород	${}^2_1\text{H}$	$3,3437 \cdot 10^{-27}$	2,01355
1	водород	${}^3_1\text{H}$	$5,0075 \cdot 10^{-27}$	3,01550
2	гелий	${}^3_2\text{He}$	$5,0066 \cdot 10^{-27}$	3,01493
2	гелий	${}^4_2\text{He}$	$6,6449 \cdot 10^{-27}$	4,00151
13	алюминий	${}^{27}_{13}\text{Al}$	$44,7937 \cdot 10^{-27}$	26,97441
15	фосфор	${}^{31}_{15}\text{P}$	$49,7683 \cdot 10^{-27}$	29,97008

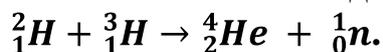
32 (С6).7. Используя таблицы в начале и таблицу масс атомных ядер, вычислите энергию, освобождающуюся при осуществлении ядерной реакции



Массы атомных ядер

Атомный номер	Название элемента	Символ изотопа	Масса атомного ядра изотопа	
			кг	а.е.м.
1	водород	${}^1_1\text{H}$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	1,00727
1	водород	${}^2_1\text{H}$	$3,3437 \cdot 10^{-27}$	2,01355
1	водород	${}^3_1\text{H}$	$5,0075 \cdot 10^{-27}$	3,01550
2	гелий	${}^3_2\text{He}$	$5,0066 \cdot 10^{-27}$	3,01493
2	гелий	${}^4_2\text{He}$	$6,6449 \cdot 10^{-27}$	4,00151
13	алюминий	${}^{27}_{13}\text{Al}$	$44,7937 \cdot 10^{-27}$	26,97441
15	фосфор	${}^{31}_{15}\text{P}$	$49,7683 \cdot 10^{-27}$	29,97008

32 (С6).8. Используя таблицы в начале и таблицу масс атомных ядер, вычислите энергию, освобождающуюся при синтезе 1 кг гелия из изотопов водорода — дейтерия и трития:



Массы атомных ядер

Атомный номер	Название элемента	Символ изотопа	Масса атомного ядра изотопа	
			кг	а.е.м.
1	водород	${}^1_1\text{H}$	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	1,00727
1	водород	${}^2_1\text{H}$	$3,3437 \cdot 10^{-27}$	2,01355
1	водород	${}^3_1\text{H}$	$5,0075 \cdot 10^{-27}$	3,01550
2	гелий	${}^3_2\text{He}$	$5,0066 \cdot 10^{-27}$	3,01493
2	гелий	${}^4_2\text{He}$	$6,6449 \cdot 10^{-27}$	4,00151
13	алюминий	${}^{27}_{13}\text{Al}$	$44,7937 \cdot 10^{-27}$	26,97441
15	фосфор	${}^{31}_{15}\text{P}$	$49,7683 \cdot 10^{-27}$	29,97008

5.3.4. Радиоактивность. Альфа-распад. Бета-распад. Электронный β -распад. Позитронный β -распад. Гамма-излучение

32 (С6).9. Радиоактивный препарат помещен в медный контейнер массой $0,5$ кг. За 2 ч температура контейнера повысилась на $5,2$ К. Известно, что данный препарат испускает α -частицы с энергией $5,3$ МэВ, причем энергия всех α -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию. Найдите активность препарата A , то есть количество α -частиц, рождающихся в нем за 1 с. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

32 (С6).10. 7026В8 Препарат, активность которого равна $1,7 \cdot 10^{12}$ частиц в секунду, помещен в калориметр, заполненный водой при 293 К. Сколько времени потребуется, чтобы довести до кипения 10 г воды, если известно, что данный препарат испускает α -частицы энергией $5,3$ МэВ, причем энергия всех α -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию? Теплоемкостью препарата, калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

32 (С6).11. A67954 8903DB Препарат активностью $1,7 \cdot 10^{11}$ частиц в секунду помещен в медный контейнер массой $0,5$ кг. На сколько повысилась температура контейнера за 1 ч, если известно, что данное радиоактивное вещество испускает α -частицы энергией $5,3$ МэВ? Считать, что энергия всех α -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию контейнера. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

32 (С6).12. 1CF8E1 C551AF Препарат с активностью $1,7 \cdot 10^{11}$ частиц в секунду помещён в металлический контейнер массой $0,5$ кг. За 2 ч температура контейнера повысилась на $5,2$ К. Известно, что данный препарат испускает α -частицы с энергией $5,3$ МэВ, причём практически вся энергия α -частиц переходит во внутреннюю энергию контейнера. Найдите удельную теплоёмкость металла контейнера. Теплоёмкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

32 (С6).13. С какой скоростью вылетает α -частица из радиоактивного ядра, если она, попадая в однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл перпендикулярно его силовым линиям, движется по дуге окружности радиуса $0,5$ м (α -частица – ядро атома гелия, молярная масса гелия $0,004$ кг/моль).

5.3.5. Закон радиоактивного распада

32 (С6).14. А087СЕ Пациенту ввели внутривенно дозу раствора, содержащего изотоп $^{24}_{11}\text{Na}$. Активность 1 см^3 этого раствора $a_0 = 2000$ распадов в секунду. Период полураспада изотопа $^{24}_{11}\text{Na}$ равен $T = 15,3 \text{ ч}$. Через $t = 3 \text{ ч } 50 \text{ мин}$ активность 1 см^3 крови пациента стала $a = 0,28$ распадов в секунду. Каков объём введённого раствора, если общий объём крови пациента $V = 6 \text{ л}$? Переходом ядер изотопа $^{24}_{11}\text{Na}$ из крови в другие ткани организма пренебречь.

32 (С6).15. А087СЕ Пациенту ввели внутривенно дозу раствора, содержащего определённый изотоп натрия. Активность 1 см^3 этого раствора $a_0 = 2000$ распадов в секунду. Период полураспада изотопа равен $T = 15,3 \text{ ч}$. Через $t = 3 \text{ ч } 50 \text{ мин}$ активность 1 см^3 крови пациента стала $a = 0,28$ распадов в секунду. Каков объём введённого раствора, если общий объём крови пациента $V = 6 \text{ л}$? Переходом ядер используемого изотопа натрия из крови в другие ткани организма пренебречь.

5.3.6. Ядерные реакции. Деление и синтез ядер

32 (С6).16. Мировое потребление энергии человечеством составляет примерно $4 \cdot 10^{20} \text{ Дж в год}$. Если будет возможно освобождение собственной энергии вещества, сколько килограмм вещества потребуется расходовать человечеству в сутки для удовлетворения современных потребностей в энергии?

32 (С6).17. При взрыве термоядерной бомбы освобождается энергия $8,3 \cdot 10^{16} \text{ Дж}$. Эта энергия получается в основном за счет деления ядер урана 238. При делении одного ядра урана 238 освобождается 200 МэВ , масса ядра равна примерно 238 а.е.м . Вычислите массу ядер урана, испытавших деление при взрыве, и суммарный дефект массы.

32 (С6).18. Вычислите массу радиоактивных продуктов деления ядер урана, накапливающихся в ядерном реакторе тепловой мощностью $3 \cdot 10^9 \text{ Вт}$ за сутки, принимая выделение энергии при делении ядра урана 235 равным 200 МэВ .

32 (С6).19. При реакции синтеза $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + p$ образуется гелий и протон и выделяется $18,3 \text{ МэВ}$ энергии. Какую кинетическую энергию уносит ядро гелия, если суммарный импульс исходных частиц равен нулю, а их кинетическая энергия пренебрежимо мала по сравнению с выделившейся?