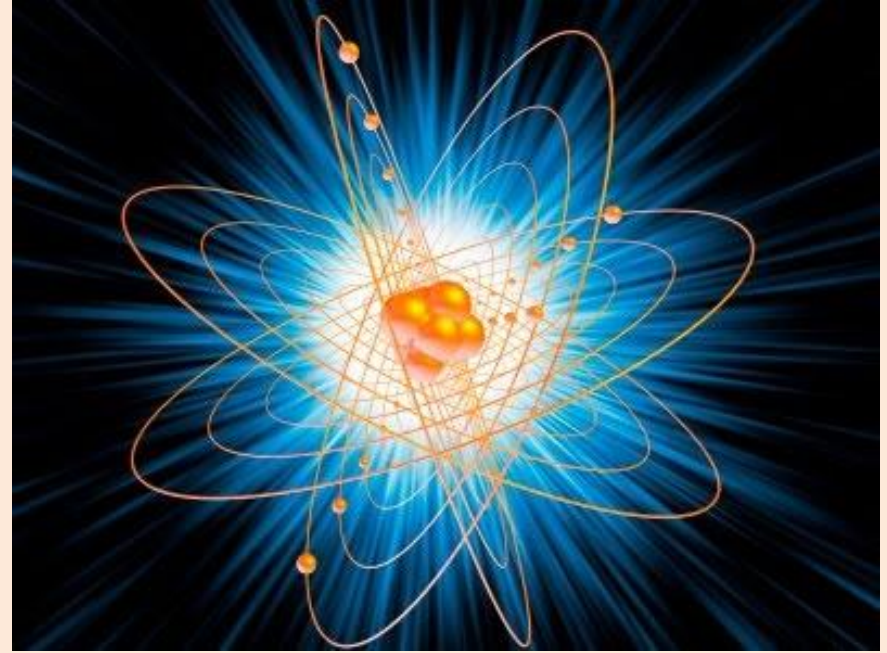
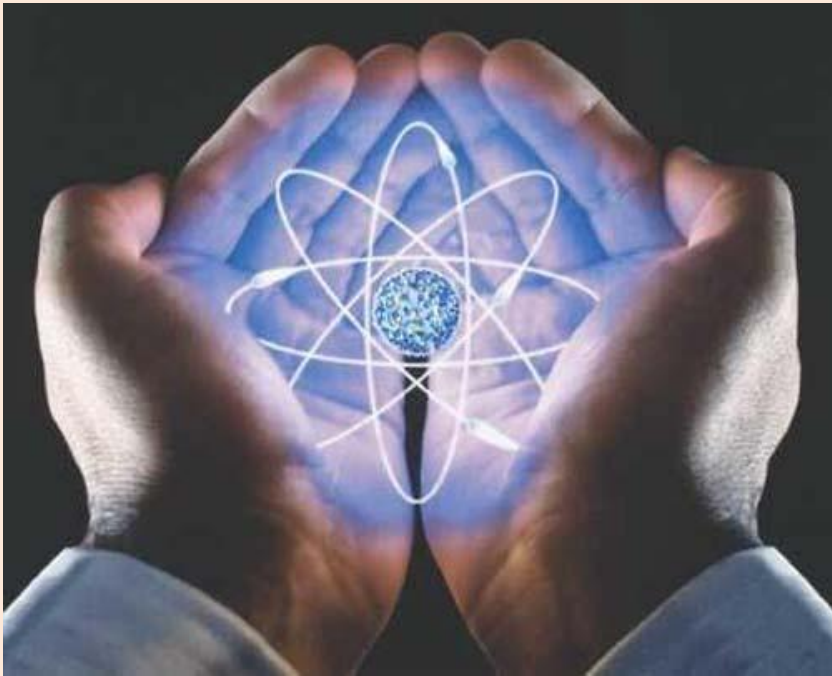


Ядерные реакции



Актуализация знаний

1. Каков состав атомных ядер?
2. Как объяснить стабильность атомных ядер?
3. Назовите свойства ядерных сил.
4. Что такое энергия связи ядра?
5. Почему масса покоя ядра не равна сумме масс покоя протонов и нейтронов, входящих в него?
6. Что такое естественная радиоактивность?

Алхимия

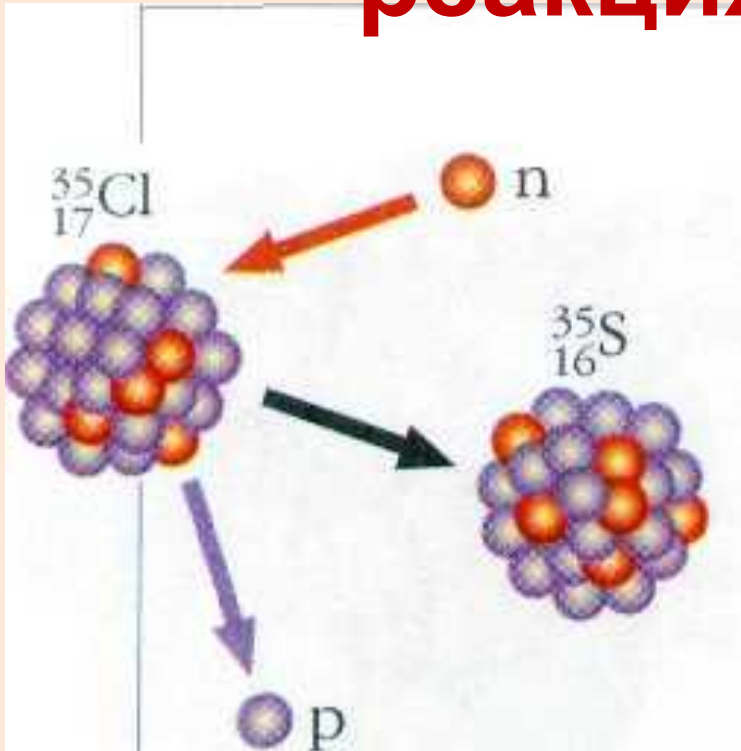
Алхимия как искусство «творения» золота возникла в III-IV веках нашей эры, в Египте, но особенно широкое распространение она получила в Средние века в Европе. Главная цель алхимиков заключалась в получении «философского камня», поскольку считалось, что этот элемент способен изменить структуру любого металла превратив его в золото или серебро.



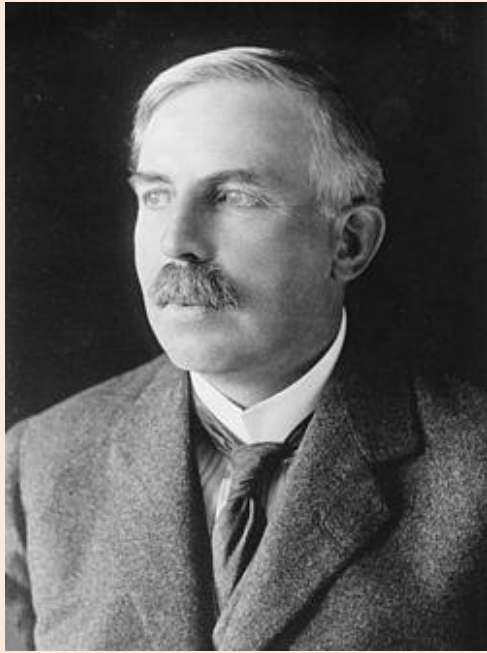
В реальность алхимии были убеждены такие выдающиеся ученые, как Авиценна, Фрэнсис Бэкон, Лейбниц, Спиноза, Исаак Ньютон, Альберт Великий, Теофраст Парацельс и многие другие.

Возможно ли это?

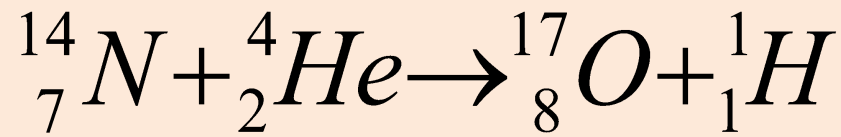
Ядерная реакция



Ядерная реакция - это искусственное превращение атомных ядер одного химического элемента в атомные ядра другого химического элемента, вызванное их взаимодействием с элементарными частицами или с другими ядрами.

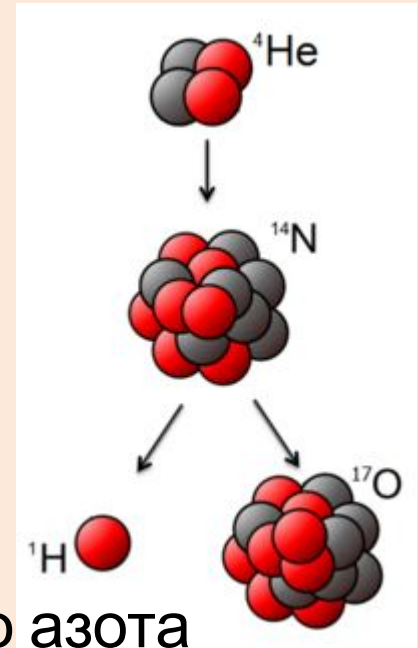


Сбылась вековая мечта алхимиков: человек научился превращать одни химические элементы в другие



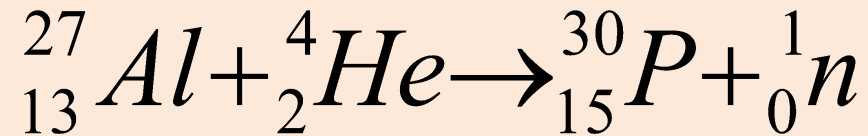
Первая ядерная реакция была осуществлена Э. Резерфордом в 1919 году. Резерфорд бомбардировал атомы азота

В результате бомбардировки α -частицами ядро азота превращается в ядро изотопа кислорода с испусканием протонов.



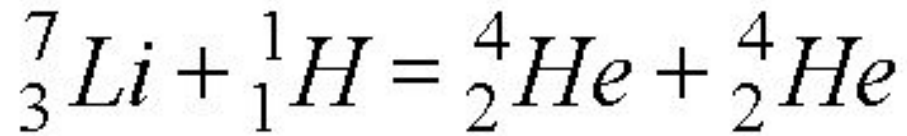


1934 год, Ирен и Фредерик Жолио-Кюри, получили искусственные радиоактивные ядра фосфора, путем бомбардировки α -частицами.



Это был впервые полученный радиоактивный фосфор.

В последствии было получено свыше 1000 радиоактивных изотопов.

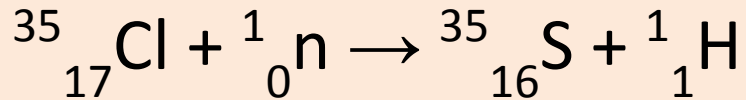


В апреле 1932 на заседании английской Академии Резерфорд объявил, что в его лаборатории успешно осуществлены реакции расщепления легких элементов (например, лития) протонами. Для этого протоны, полученные из водорода, разгоняли с помощью высокого напряжения, равного десяткам , сотням тысяч вольт. Протоны, имея меньший, чем альфа-частицы, заряд и массу, легче проникают в ядро.

Для чего протоны разгоняли до больших скоростей?

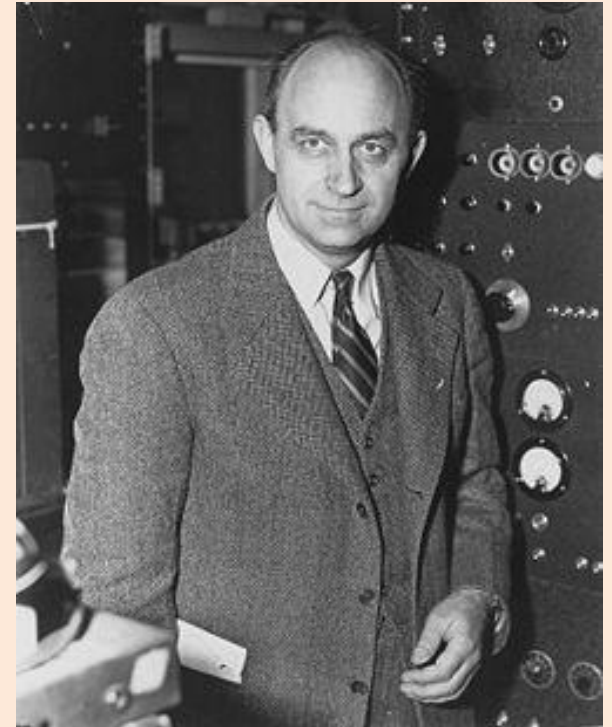
Протон заряжен положительно, то для преодоления действия сил кулоновского отталкивания ядра, необходимо, ему необходимо обладать достаточной кинетической энергией

Ядерные реакции на нейтронах



Итальянский физик

Э. Ферми первым начал изучать реакции, вызываемые нейтронами. Он обнаружил, что ядерные превращения вызываются не только быстрыми, но и медленными нейтронами, движущимися с тепловыми скоростями.



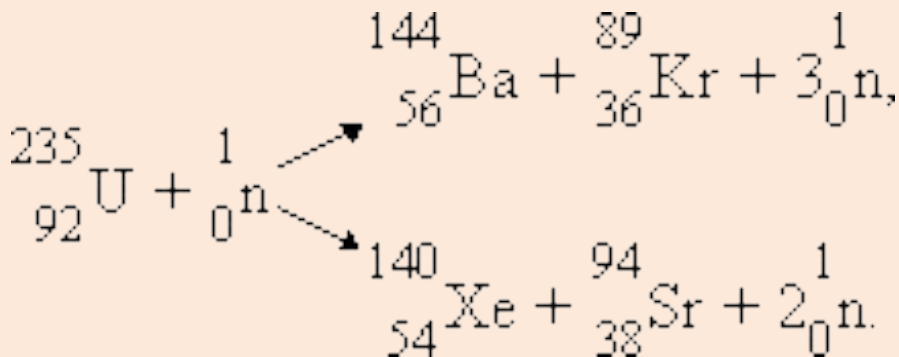
Почему даже медленные

Такие нейтроны вызывают ядерную реакцию? Ответ прост: они безразлично могут проникать в атомные ядра и вызывать их превращения.

Деление тяжелых ядер.

– это процесс, при котором нестабильное ядро делится на два крупных фрагмента сравнимых масс.

В 1939 году немецкими учеными [О. Ганом](#) и [Ф. Штрассманом](#) было открыто деление ядер урана. При этом возникают элементы средней части периодической системы – радиоактивные изотопы бария ($Z = 56$), криптона ($Z = 36$) и др.



Кинетическая энергия, выделяющаяся при делении одного ядра урана порядка 200 МэВ. При полном делении всех ядер, содержащихся в 1 г урана, выделяется такая же энергия, как и при сгорании 3 т угля или 2,5 т нефти.

Условия протекания ядерных реакций

Ядра и частицы должны подойти друг к другу вплотную, чтобы попасть в сферу действия ядерных сил.

Если частица заряжена положительно, то необходимо, чтобы она обладала кинетической энергией, достаточной для преодоления действия сил кулоновского отталкивания. Такие скорости достигаются в ускорителях элементарных частиц.

Незаряженные частицы, например нейтроны, могут проникать в атомные ядра, обладая сколь угодно малой кинетической энергией.

Механизм ядерных реакций

(капельная модель Гамов Г.А., Френкель Я.И., Бор Н.)

Два этапа ядерной реакции:

- поглощение частицы ядром и образование возбужденного ядра. Нуклоны обмениваются между собой энергией, и на одном из них или на группе нуклонов может сконцентрироваться энергия, достаточная для преодоления сил ядерной связи и освобождения из ядра.
- испускание частицы ядром примерно через 10^{-12} с от момента поглощения ядром первичной



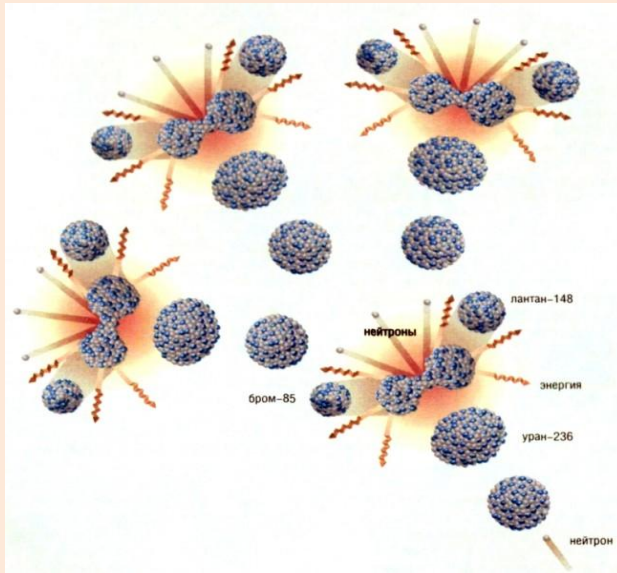
Энергетический выход ядерной реакции

-это разность энергий покоя ядер и частиц до реакции и после реакции

$$Q = (M_A + M_B - M_C - M_D)c^2 = \Delta M c^2$$

где M_A и M_B – массы исходных продуктов, M_C и M_D – массы конечных продуктов реакции.

Величина ΔM называется [дефектом масс](#). Ядерные реакции могут протекать с выделением энергии ($Q > 0$, экзотермические) или с поглощением энергии ($Q < 0$, эндотермические).



При ядерных реакциях выполняются законы сохранения:

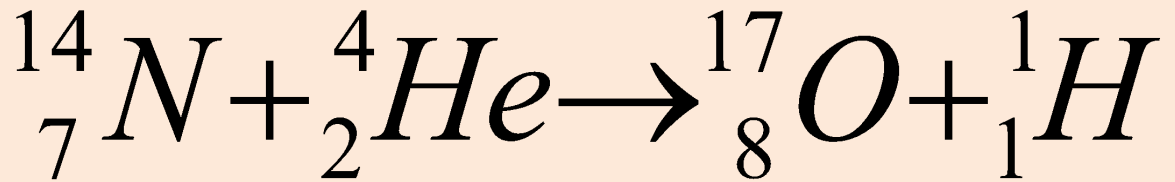
1. импульса;

2. энергии;

3. момента
импульса;

4. зарядового
числа;

5. массового
числа.



$$7+2=8+1$$

$$14+4=17+1$$

Применение ядерных реакций

Энергетика



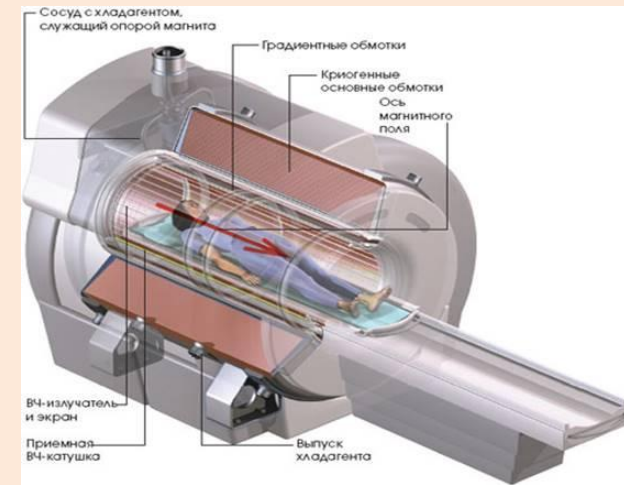
Синтез новых элементов



Военная сфера



Научные
исследования



Медицина

1947 г. (Гарвард) Ингрэм, Гесс и Гайди доказали что **199** и **196** **изотопы ртути** способны превращаться в золото. В результате опыта они смогли получить из 100 грамм ртути 35 мкг золота с помощью ядерного реактора, оно хранится в Чикагском музее науки и промышленности

$^{196}\text{Hg} + n = ^{197}\text{Hg}^* + \gamma$ - бомбардировка нейтронами

$^{197}\text{Hg}^* + e^- = ^{197}\text{Au}$ - неустойчивая ртуть-197

превращается в устойчивое золото-197 в результате К-захвата (электрон с К-оболочки своего собственного атома).

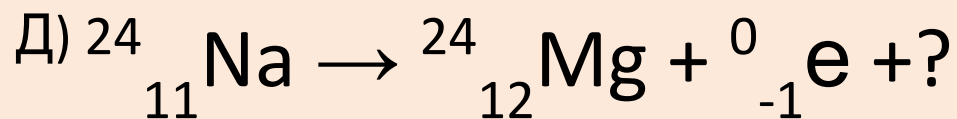
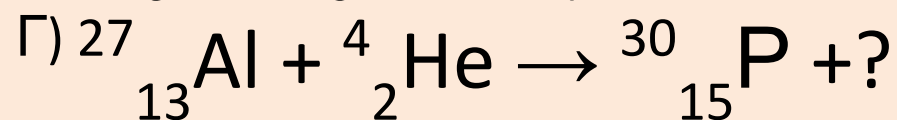
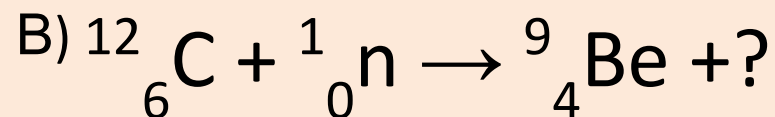
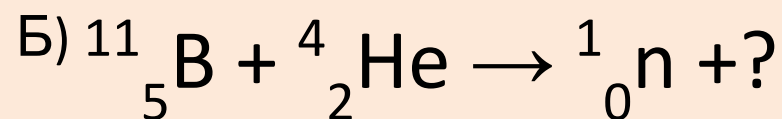
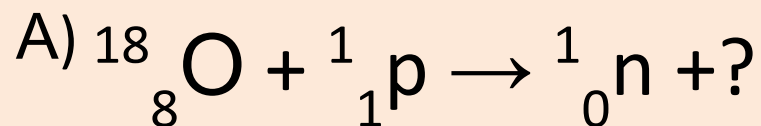


Способ очень дорогой, и ртути, пригодной для его получения в земной коре в 30 раз меньше самого золота.

Закрепление

1. Что такое ядерная реакция?
2. В чем отличие ядерной реакции от химической? Почему алхимикам не удалось получить золото?
3. Что общего и в чем различие ядерной реакции и радиоактивного распада?
4. Какие частицы применяются для ядерных реакций? Почему удобно использовать нейтроны?
5. Условия протекания ядерной реакции.
6. Какие законы сохранения выполняются при ядерных реакциях?
7. Что называют энергетическим выходом реакции? В каком случае ядерная реакция идет с поглощением энергии, с выделением энергии?
8. Каково значение ядерных реакций?

9. Допишите уравнения ядерных реакций:



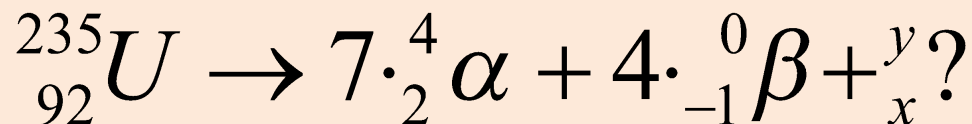
Ответы:; А) ${}^{18}_9\text{F}$; Б) ${}^{14}_7\text{N}$; В) ${}^4_2\text{He}$; Г) ${}^1_0\text{n}$; Д)

У;

11. Радиоактивный уран U-235, испытав семь α -распадов и четыре β -распада, превратился в изотоп ... ???

Решение.

Запишем реакцию радиоактивного распада в общем виде



Используя законы сохранения зарядового и массового чисел

$$92 = 7 \times 2 + 4 \times (-1) + x,$$

$$235 = 7 \times 4 + 4 \times 0 + y.$$

Из уравнений следует: $x = 82$, $y = 207$.

Согласно таблице Менделеева искомый продукт свинец ${}_{82}\text{Pb}^{207}$.

12. Вычислите энергетический выход ядерной реакции



$$M_{{}^3_2\text{He}} = 3,01605 \text{ а.е.м.}$$

$$M_{{}^6_3\text{Li}} = 6,01512 \text{ а.е.м.}$$

$$M_{{}^1_1\text{H}} = 1,00782 \text{ а.е.м.}$$

$$M_{{}^4_2\text{He}} = 4,00260 \text{ а.е.м.}$$

$$\Delta E = \Delta mc^2, c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$\Delta m = M({}^6_3\text{Li}) + M({}^1_1\text{H}) - M({}^3_2\text{He}) - M({}^4_2\text{He})$$

$\Delta E - ?$

$$\Delta m = 6,01512 \text{ а.е.м.} + 1,00782 \text{ а.е.м.} - 3,01605 \text{ а.е.м.} - 4,00260 \text{ а.е.м.} = 0,00429 \text{ а.е.м.}$$

Вычислим энергетический выход при изменении массы на 1 а.е.м.:

$$\Delta E = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \approx 1,49 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} \approx 931 \text{ МэВ.}$$

Выход данной ядерной реакции равен

$$\Delta E = 0,00429 \text{ а.е.м.} \cdot 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м.}} = 4,0 \text{ МэВ.}$$

Выделяется 4,0 МэВ энергии