

Фізика 11

Урок 88 Ланцюгова ядерна реакція поділу ядер Урану. Термоядерні реакції

Мета уроку:

Навчальна. Ознайомити учнів з ланцюговою ядерною реакцією й будовою ядерного реактора.

Розвивальна. Розвивати пізнавальні навички учнів; вміння аналізувати навчальний матеріал, умову задачі, хід розв'язання задач; вміння стисло і грамотно висловлювати свої міркування та обґрунтовувати їхню правильність.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: урок вивчення нового матеріалу.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Як допомагають дослідження з ядерної фізики забезпечувати людство енергією?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

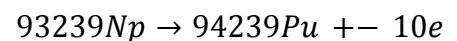
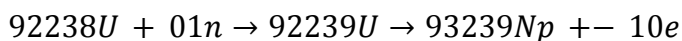
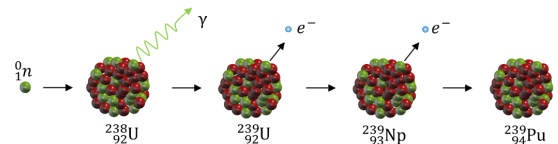
1. Поділ важких ядер і ланцюгова ядерна реакція

Проблемне питання

- Які процеси відбуваються внаслідок поглинення нейтрона ядром Урану?

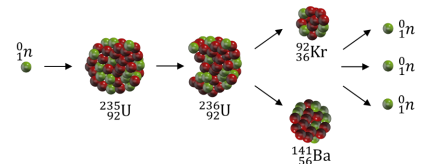
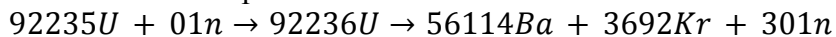
Уран-238

Ядро може захоплювати нейтрон, через деякий час один із нейтронів усередині ядра перетворюється на протон, електрон і нейтрино. Електрон і нейтрино вилітають із ядра, а нове ядро має порядковий номер, який на одну одиницю більший за порядковий номер первинного ядра. Саме так були отримані *трансуранові елементи* (хімічні елементи, розміщені в таблиці Менделєєва за ураном ($Z > 92$), наприклад Нептуній і Плутоній:



Уран-235

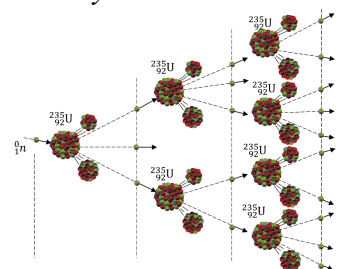
Унаслідок захвату нейтрона ядро збуджується та майже миттєво *розпадається* (розщеплюється) на два осколки. Під час розщеплення ядра Урану крім осколків поділу вивільняються нейтрони.



Ці вторинні нейтрони можуть спричинити поділ інших ядер Урану, які, у свою чергу, також випустять нейтрони, що здатні викликати поділ наступних ядер, і т. д. Отже, в урановому зразку може відбуватися *ланцюгова ядерна реакція поділу*.

Ланцюгова ядерна реакція – це реакція поділу важких ядер, під час якої утворюються нейтрони, необхідні для подальшого протікання цієї реакції.

Ланцюгова ядерна реакція супроводжується виділенням величезної кількості енергії. Під час поділу одного ядра Урану-235 вивільняється близько 200 MeV енергії.



Проблемне питання

- Як дізнатися, яка енергія вивільняється під час будь-якої ядерної реакції?

Енергія виходу ядерної реакції – енергія, яка виділяється або поглинається під час реакції.

$$E_{\text{вих}} = \Delta mc^2$$

$E_{\text{вих}}$ – енергія виходу ядерної реакції;

Δm – дефект маси ядерної реакції;

c – швидкість поширення світла у вакуумі.

Якщо $\Delta m = 1$ а. о. м., то $E_{\text{вих}} = 931,5$ МеВ, отже:

$$E_{\text{вих}} = \Delta mk \quad k = 931,5 \frac{\text{МеВ}}{\text{а. о. м}}$$

Дефект маси ядерної реакції – це різниця між сумою мас частинок до реакції (m_1) та сумою мас частинок після реакції (m_2).

$$\Delta m = m_1 - m_2$$

- Якщо $\Delta m > 0$, то реакція протікає з виділенням енергії – *екзотермічна реакція*.
- Якщо $\Delta m < 0$, то реакція протікає з поглинанням енергії – *ендотермічна реакція*.
- Енергію виходу ядерної реакції можна обчислити через енергію зв'язку ядер:

$$E_{\text{вих}} = E_{\text{зв } 1} - E_{\text{зв } 2}$$

$E_{\text{зв } 1}$ – сумарна енергія зв'язку ядер, які вступають в реакцію;

$E_{\text{зв } 2}$ – сумарна енергія зв'язку ядер-продуктів реакції.

Проблемне питання

- Як здійснити ланцюгову ядерну реакцію?

Гіпотеза Фермі: під час поділу ядра Урану повинні утворюватися нейтрони, які можуть знову захопитися ядрами Урану, тому можлива ланцюгова ядерна реакція.

Проблемне питання

- Чому це не спостерігалось на дослідах з природним ураном?

Природний Уран складається з двох радіонуклідів: ^{238}U (99,3 %) і ^{235}U (0,7 %).

^{235}U ділиться під впливом як *швидких*, так і *повільних нейтронів* (краще під впливом повільних).

^{238}U ділиться під впливом тільки частини *швидких нейтронів* (він майже не захоплює повільні нейтрони, а 80 % швидких нейтронів захоплює без ділення). Більшість нейтронів, вивільнених під час розпаду, є швидкими, тому, якщо вони і захоплюються ядрами Урану-238, вторинні нейтрони майже не з'являються.

Проблемне питання

- Що необхідно зробити, щоб реакція все ж таки відбулася?

Щоб реакція відбулася слід:

- збагачувати природний уран ізотопом ^{235}U ;
- і (або) сповільнювати нейтрони.

Проблемне питання

- Чи потрібно ще щось, щоб реакція відбулася?

За невеликої маси зразка ланцюгова ядерна реакція не розвинеться, адже більшість нейтронів вилетить із зразка, так і не зіштовхнувшись з ядром. Якщо збільшувати масу зразка,

то кількість нейтронів, що вступає в реакцію поділу, буде збільшуватися, а з досягненням певної критичної маси почне розвиватися ланцюгова ядерна реакція.

Критична маса – це мінімальна кількість речовини, що ділиться, яка потрібна для початку самопідтримуваної ланцюгової реакції поділу.

Найменша критична маса для чистого урану (^{235}U) становить близько 50 кг (куля діаметром 17 см), а для чистого плутонію (^{239}Pu) – 11 кг (куля діаметром 10 см)

2. Ядерний реактор

Проблемне питання

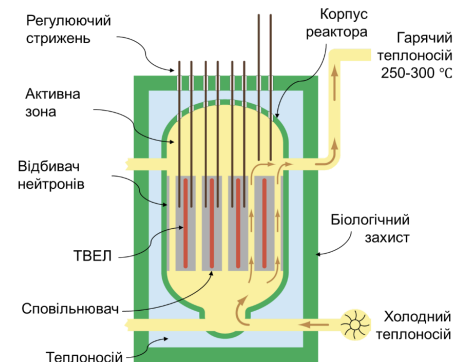
- Яким чином можна перетворити ядерну енергію на інші її види (теплову, електричну)?

Ядерний реактор – пристрій, призначений для здійснення керованої ланцюгової реакції поділу, яка завжди супроводжується виділенням енергії.

Керована ланцюгова ядерна реакція відбувається в *активній зоні реактора*. ТВЕЛі пронизують всю активну зону реактора і занурені в теплоносії, який часто слугує також *сповільнювачем нейтронів*. Продукти поділу нагрівають оболонки ТВЕЛів, і ті передають енергію *теплоносію*.

Отримана енергія перетворюється далі на електричну подібно до того, як це відбувається на звичайних теплових електростанціях.

Щоб керувати ланцюговою ядерною реакцією та унеможливити ймовірність вибуху, використовують *регульовальні стрижні*, виготовлені з матеріалу, що добре поглинає нейтрони. Так, якщо температура в реакторі збільшується, стрижні автоматично заглиблюються в проміжки між ТВЕЛами; у результаті кількість нейтронів, що вступають у реакцію, зменшується і ланцюгова реакція сповільнюється.

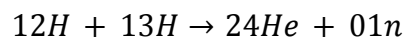


3. Термоядерна реакція

Проблемне питання

- Що буде якщо взяти ядра ізотопів легких елементів, наприклад ядро Дейтерію і ядро Тритію та їх з'єднати?

Якщо зблизити ядра Дейтерію ^2H і Тритію ^3H , унаслідок їх об'єднання виділиться 17,6 MeV енергії (3,5 MeV на кожний нуклон), оскільки утворюється ядро Гелію ^4He з більшою питомою енергією зв'язку:



Термоядерний синтез – це реакція злиття легких ядер у більш важкі, яка відбувається за дуже високих температур (понад 10^7 °C) і супроводжується виділенням енергії.

Високі температури, тобто великі кінетичні енергії ядер, потрібні для того, щоб подолати сили електричного відштовхування ядер (однойменно заряджених частинок).

У природі термоядерні реакції відбуваються в надрах зір, де ізотопи Гідрогену перетворюються на Гелій. Так, за рахунок термоядерних реакцій, що відбуваються в надрах Сонця, воно щосекунди випромінює в космічний простір $3,8 \cdot 10^{26}$ Дж енергії.

4. Атомна енергетика України

В Україні працюють **чотири атомні електростанції**:

Запорізька АЕС – найбільша атомна електростанція Європи: 6 атомних енергоблоків потужністю 1000 МВт кожен.

Рівненська АЕС має 4 атомні енергоблоки загальною потужністю 2835 МВт.

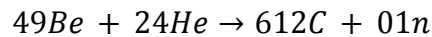
Південно-Українська АЕС має 3 атомні енергоблоки потужністю 1000 МВт кожен.

Хмельницька АЕС має 2 атомні енергоблоки потужністю 1000 МВт кожен.

АЕС України: діє 15 атомних енергоблоків; загальна потужність 13 835 МВт; на атомні електростанції припадає близько половини електроенергії, що виробляється в країні; АЕС обслуговуються багатотисячними колективами висококваліфікованих фахівців.

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАТЬ І ВМІНЬ

1. Визначте енергетичний вихід ядерної реакції, в результаті якої вперше було виділено нейтрон.



Дано:	Розв'язання
$m_{{}_{49}^{90}\text{Be}} = 9,01219 \text{ а. о. м.}$	$E_{\text{вих}} = \Delta m k$
$m_{{}_{24}^{4}\text{He}} = 4,00260 \text{ а. о. м.}$	
$m_{{}_{612}^{12}\text{C}} = 12,00000 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m = m_{{}_{49}^{90}\text{Be}} + m_{{}_{24}^{4}\text{He}} - m_{{}_{612}^{12}\text{C}} - m_{{}_{01}^{1}\text{n}}$
$m_{{}_{01}^{1}\text{n}} = 1,00866 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m = (9,01219 + 4,00260 - 12,00000 - 1,00866) \text{ а. о. м.} = 0,$
$k = 931,5 \frac{\text{MeB}}{\text{а. о. м}}$	$\Delta m > 0$ реакція протікає з виділенням енергії – <i>екзотермічна реакція</i>
$E_{\text{вих}} = ?$	$E_{\text{вих}} = 0,00613 \text{ а. о. м.} \cdot 931,5 \frac{\text{MeB}}{\text{а. о. м}} \approx 5,71 \text{ MeB}$
	Відповідь: $E_{\text{вих}} \approx 5,71 \text{ MeB.}$

2. Визначте енергетичний вихід ядерної реакції ${}_{714}^{14}\text{N} + {}_{24}^{4}\text{He} \rightarrow {}_{8170}^{16}\text{O} + {}_{11}^{1}\text{H}$.

Дано:	Розв'язання
$m_{{}_{714}^{14}\text{N}} = 14,00307 \text{ а. о. м.}$	$E_{\text{вих}} = \Delta m k$
$m_{{}_{24}^{4}\text{He}} = 4,00260 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m = m_{{}_{714}^{14}\text{N}} + m_{{}_{24}^{4}\text{He}} - m_{{}_{8170}^{16}\text{O}} - m_{{}_{11}^{1}\text{H}}$
$m_{{}_{8170}^{16}\text{O}} = 16,99913 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m = (14,00307 + 4,00260 - 16,99913 - 1,00783) \text{ а. о. м.} :$
$m_{{}_{11}^{1}\text{H}} = 1,00783 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m < 0$ реакція протікає з поглинанням енергії – <i>ендотермічна реакція</i>
$k = 931,5 \frac{\text{MeB}}{\text{а. о. м}}$	$E_{\text{вих}} = - 0,00129 \text{ а. о. м.} \cdot 931,5 \frac{\text{MeB}}{\text{а. о. м}} = - 1,2 \text{ MeB}$
$E_{\text{вих}} = ?$	Відповідь: $E_{\text{вих}} = - 1,2 \text{ MeB.}$

3. Яка кількість енергії виділиться під час поділу ядер усіх атомів Урану-235, які містяться в 1,95 кг урану? Уважайте, що внаслідок кожного поділу ядра виділяється енергія 200 МеВ.

Дано:

$$m = 1,95 \text{ кг}$$

$$E_0 = 200 \text{ МеВ}$$

$$= 200 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$= 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$M = 235 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$E = ?$$

Розв'язання

$$E = NE_0 \quad N = \frac{m}{M} N_A \quad \Rightarrow \quad E = \frac{m}{M} N_A E_0$$

$$E = \frac{1,95}{235 \cdot 10^{-3}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11} \approx 1,6 \cdot 10^{14} \text{ (Дж)}$$

Відповідь: $E \approx 1,6 \cdot 10^{14} \text{ Дж}$.

4. Яку масу урану потрібно витратити, щоб під час поділу ядер усіх атомів Урану-235 виділилася енергія $6,2 \cdot 10^{14} \text{ Дж}$? Уважайте, що внаслідок кожного поділу ядра виділяється енергія 200 МеВ.

Дано:

$$E = 6,2 \cdot 10^{14} \text{ Дж}$$

$$E_0 = 200 \text{ МеВ}$$

$$= 200 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$= 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$M = 235 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$m = ?$$

Розв'язання

$$E = NE_0 \quad N = \frac{m}{M} N_A$$

$$E = \frac{m}{M} N_A E_0 \quad \Rightarrow \quad m = \frac{EM}{N_A E_0}$$

$$m = \frac{6,2 \cdot 10^{14} \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}} \approx 7,56 \text{ (кг)}$$

Відповідь: $m \approx 7,56 \text{ кг}$.

5. Яка маса Урану-235 знадобиться, щоб за рахунок енергії поділу ядер атомів нагріти 10 000 т води на 10°C ? Уважайте, що внаслідок кожного поділу ядра виділяється енергія 200 МеВ.

Дано:

$$m_B = 10000 \text{ т} = 10^7 \text{ кг}$$

$$\Delta t = 10^\circ \text{C}$$

$$E_0 = 200 \text{ МеВ}$$

$$= 200 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$= 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

Розв'язання

$$E = Q$$

$$E = NE_0 \quad N = \frac{m_U}{M} N_A \quad \Rightarrow \quad E = \frac{m_U}{M} N_A E_0$$

$$Q = cm_B \Delta t$$

$$\frac{m_U}{M} N_A E_0 = cm_B \Delta t \quad \Rightarrow \quad m_U = \frac{cm_B \Delta t M}{N_A E_0}$$

$$M = 235 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$m_U = ?$$

$$m_U = \frac{4,2 \cdot 10^3 \cdot 10^7 \cdot 10 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}} \approx 5,12 \cdot 10^{-3} \text{ (кг)}$$

Відповідь: $m_U \approx 5,12 \text{ г.}$

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

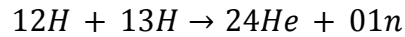
1. Які процеси відбуваються внаслідок поглинення нейтрона ядром Урану?
2. Опишіть механізм ланцюгової ядерної реакції.
3. Чи може ланцюгова ядерна реакція відбуватися в природному урані? Відповідь обґрунтуйте.
4. Як побудований ядерний реактор? Для чого призначені його основні елементи?
5. Як працює атомна електростанція?
6. Звідки «беруть» енергію зорі?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 42, Вправа № 42 (2, 3)

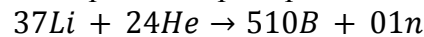
Додаткові задачі

1. Яка енергія виділиться внаслідок реакції термоядерного синтезу:



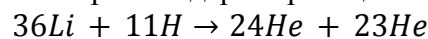
Дано:	Розв'язання
$m_{12H} = 2,01410 \text{ а. о. м.}$	$E_{\text{вих}} = \Delta m k$
$m_{13H} = 3,01605 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m = m_{12H} + m_{13H} - m_{24He} - m_{01n}$
$m_{24He} = 4,00260 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m = (2,01410 + 3,01605 - 4,00260 - 1,00866) \text{ а. о. м.} = 0,01889 \text{ а. о. м.}$
$m_{01n} = 1,00866 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m > 0$ реакція протікає з виділенням енергії – <i>екзотермічна реакція</i>
$k = 931,5 \frac{\text{MeB}}{\text{а. о. м.}}$	$E_{\text{вих}} = 0,01889 \text{ а. о. м.} \cdot 931,5 \frac{\text{MeB}}{\text{а. о. м.}} \approx 17,6 \text{ MeB}$
$E_{\text{вих}} = ?$	Відповідь: $E_{\text{вих}} \approx 17,6 \text{ MeB.}$

2. Виділяється чи поглинається енергія в ядерній реакції



Дано:	Розв'язання
$m_{37Li} = 7,01601 \text{ а. о. м.}$	$E_{\text{вих}} = \Delta m k$
$m_{24He} = 4,00260 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m = m_{37Li} + m_{24He} - m_{510B} - m_{01n}$
$m_{510B} = 10,01294 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m = (7,01601 + 4,00260 - 10,01294 - 1,00866) \text{ а. о. м.} = -0,00299 \text{ а. о. м.}$
$m_{01n} = 1,00866 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m < 0$ реакція протікає з поглинанням енергії – <i>ендотермічна реакція</i>
$k = 931,5 \frac{\text{MeB}}{\text{а. о. м.}}$	$E_{\text{вих}} = -0,00299 \text{ а. о. м.} \cdot 931,5 \frac{\text{MeB}}{\text{а. о. м.}} \approx -2,79 \text{ MeB}$
$E_{\text{вих}} = ?$	Відповідь: $E_{\text{вих}} \approx -2,79 \text{ MeB.}$

3. Виділяється чи поглинається енергія в ядерній реакції



Дано:	Розв'язання
$m_{36Li} = 6,01513 \text{ а. о. м.}$	$E_{\text{вих}} = \Delta m k$
$m_{11H} = 1,00783 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m = m_{36Li} + m_{11H} - m_{24He} - m_{23He}$
$m_{24He} = 4,00260 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m = (6,01513 + 1,00783 - 4,00260 - 3,01602) \text{ а. о. м.} = 0,00434 \text{ а. о. м.}$
$m_{23He} = 3,01602 \text{ а. о. м.}$	$\Delta m > 0$ реакція протікає з виділенням енергії – <i>екзотермічна реакція</i>
$k = 931,5 \frac{\text{MeB}}{\text{а. о. м.}}$	$E_{\text{вих}} = 0,00434 \text{ а. о. м.} \cdot 931,5 \frac{\text{MeB}}{\text{а. о. м.}} \approx 4 \text{ MeB}$
	Відповідь: $E_{\text{вих}} \approx 4 \text{ MeB.}$

$$E_{\text{вих}} - ?$$

4. Виділяється чи поглинається енергія в ядерній реакції
 ${}^{37}\text{Li} + 12\text{H} \rightarrow {}^{48}\text{Be} + 01\text{n}$

Дано:

$$m_{{}^{37}\text{Li}} = 7,01601 \text{ а. о. м}$$

$$m_{{}^{12}\text{H}} = 2,01410 \text{ а. о. м}$$

$$m_{{}^{48}\text{Be}} = 8,00531 \text{ а. о. м}$$

$$m_{{}^{01}\text{n}} = 1,00866 \text{ а. о. м.}$$

$$k = 931,5 \frac{\text{MeB}}{\text{а. о. м}}$$

$$E_{\text{вих}} - ?$$

Розв'язання

$$E_{\text{вих}} = \Delta m k$$

$$\Delta m = m_{{}^{37}\text{Li}} + m_{{}^{12}\text{H}} - m_{{}^{48}\text{Be}} - m_{{}^{01}\text{n}}$$

$$\Delta m = (7,01601 + 2,01410 - 8,00531 - 1,00866) \text{ а. о. м.} = 0,$$

$\Delta m > 0$ реакція протікає з виділенням енергії – екзотермічна реакція

$$E_{\text{вих}} = 0,01614 \text{ а. о. м.} \cdot 931,5 \frac{\text{MeB}}{\text{а. о. м}} \approx 15 \text{ MeB}$$

Відповідь: $E_{\text{вих}} \approx 15 \text{ MeB.}$

5. При згорянні якої маси кам'яного вугілля виділиться стільки ж енергії, скільки виділяється при діленні ядер, що містяться в 2,85 г Урану-235? Уважайте, що внаслідок кожного поділу ядра виділяється енергія 200 MeB.

Дано:

$$m_U = 2,85 \text{ г}$$

$$= 2,85 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$E_0 = 200 \text{ MeB}$$

$$= 200 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$= 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$M = 235 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$q = 27 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$m_B - ?$$

Розв'язання

$$E = Q$$

$$E = NE_0 \quad N = \frac{m_U}{M} N_A \quad \Rightarrow \quad E = \frac{m_U}{M} N_A E_0$$

$$Q = q m_B$$

$$\frac{m_U}{M} N_A E_0 = q m_B$$

$$m_B = \frac{m_U N_A E_0}{M q}$$

$$m_B = \frac{2,85 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}}{235 \cdot 10^{-3} \cdot 27 \cdot 10^6} \approx 8,65 \cdot 10^3 \text{ (кг)}$$

Відповідь: $m_B \approx 8,65 \text{ т.}$

6. Скільки води можна нагріти від 20 до 100 °C і випарити за рахунок енергії, що виділяється під час поділу 9,4 г Урану-235? Уважайте, що внаслідок кожного поділу ядра виділяється енергія 200 MeB. Втрати енергії не враховуйте.

Дано:

$$t_1 = 20 \text{ °C}$$

Розв'язання

$$E = Q_1 + Q_2$$

$$t_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$m_U = 9,4 \text{ г} = 9,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$E_0 = 200 \text{ MeV}$$

$$= 200 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$= 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$M = 235 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$r = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$m_B = ?$$

$$E = NE_0 \quad N = \frac{m_U}{M} N_A \quad \Rightarrow \quad E = \frac{m_U}{M} N_A E_0$$

$$Q_1 = cm_B \Delta t \quad Q_2 = rm_B$$

$$\frac{m_U}{M} N_A E_0 = cm_B \Delta t + rm_B$$

$$m_B = \frac{m_U N_A E_0}{M(c\Delta t + r)}$$

$$m_B = \frac{9,4 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}}{235 \cdot 10^{-3} \cdot (4200 \cdot 80 + 2,3 \cdot 10^6)} \approx 292,3 \cdot 10^3 \text{ (кг)}$$

Відповідь: $m_B \approx 292,3 \text{ т.}$

7. На яку висоту можна підняти кам'яну брилу масою 1000 т, застосовуючи енергію поділу $2,6 \cdot 10^{21}$ атомів Урану-235 (саме стільки атомів містить 1 г Урану-235)? Уважайте, що внаслідок кожного поділу ядра виділяється енергія 200 MeV.

Дано:

$$m_6 = 1000 \text{ т} = 10^6 \text{ кг}$$

$$N = 2,6 \cdot 10^{21}$$

$$E_0 = 200 \text{ MeV}$$

$$= 200 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$= 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$h = ?$$

Розв'язання

$$E = A$$

$$E = NE_0 \quad A = m_6 gh$$

$$NE_0 = m_6 gh \quad \Rightarrow \quad h = \frac{NE_0}{m_6 g}$$

$$h = \frac{2,6 \cdot 10^{21} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11}}{10^6 \cdot 10} = 8,32 \cdot 10^3 \text{ (м)}$$

Відповідь: $h = 8,32 \text{ км.}$