

# Ядерная физика

## Вариант 1 Ядерная физика

1. Какое количество свинца образуется из 1г урана в течении года?  
( $1,34 \cdot 10^{-10} \text{г}$ )
2. Какой изотоп образуется из радиоактивного изотопа сурьмы  ${}_{51}\text{Sb}^{133}$  после четырех  $\beta$ -распадов?
3. Найти (в МэВ) энергию связи ядра атома алюминия  ${}_{13}\text{Al}^{27}$ .
4. Считая, что при делении ядра  ${}_{92}^{235}\text{U}$  выделяется 200 МэВ энергии на один акт деления, рассчитайте суточный расход топлива ядерным реактором тепловой мощности 200 МВт. Топливом служит обогащенный уран с содержанием  ${}_{92}^{235}\text{U}$  20 кг/т, причем делению подвергается 85% всех ядер. [12,4 кг]
5. Определите, что (и во сколько раз) продолжительнее – три периода полураспада ( $T_{1/2}$ ) или два средних времени жизни ( $\tau$ ) радиоактивного ядра. [ $3T_{1/2}/(2\tau) = 1,04$ ]
6.  $\pi^0$ -мезон, кинетическая энергия которого равна двум энергиям покоя, распадается на два  $\gamma$ -кванта, энергии которых равны. Угол между направлениями движения  $\gamma$ -квантов  $\theta = 60^\circ$ . Показать, что в этом случае кинетическая энергия  $\pi^0$ -мезона равна энергии каждого  $\gamma$ -кванта.

# Ядерная физика

## Вариант 2 Ядерная физика

1. Найти, какое количество радия, период полураспада которого 1620 лет распадается в течение суток из 1г чистого препарата. ( $1,17 \cdot 10^{-6}$ Г)
2. Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:  
1)  ${}_{13}\text{Al}^{27}(n,\alpha)\text{X}$ , 2)  ${}_{9}\text{Fe}^{19}(p,x){}_8\text{O}^{16}$ .
3. Найти (в МэВ) энергию связи ядра  ${}^3_1\text{H}$ .
4. Чему равна энергия отделения нейтрона в ядре  ${}^{16}_8\text{O}$ ? [ $\varepsilon_n = 15,7$  МэВ]
5. Какая часть радиоактивного нуклида распадается за время  $t$ , равное средней продолжительности  $\tau$  жизни этого нуклида? [0,63]
6. Найдите пороговую энергию  $\gamma$ -кванта, необходимую для образования электрон-позитронной пары в поле покоящегося протона. [ $T_{\text{пор}} = 2m_e c^2 = 1,02$  МэВ]

# Ядерная физика

## Вариант 3 Ядерная физика

1. Найти число распадов за 1с в 1г радия. ( $3,7 \cdot 10^{10}$ )
2. Найти энергию (в МэВ), освобождающуюся при ядерной реакции  
 ${}_3\text{Li}^7 + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_2\text{He}^4 + {}_2\text{He}^4$
3. Определить массу нейтрального атома (в а.е.м.), если ядро этого атома состоит из трех протонов и двух нейтронов и энергия связи ядра равна 26,3МэВ. Что это за атом?
4. Какую минимальную энергию должен иметь  $\gamma$ -квант для вырывания нейтрона из ядра  ${}^{12}_6\text{C}$ ? [18,7 МэВ]
5. Какая доля первоначального количества ядер радиоактивного препарата со средним временем жизни  $\tau$ : 1) останется через интервал времени, равный  $10\tau$ ? 2) распадется за интервал времени между  $\tau$  и  $2\tau$ ? [1)  $e^{-10}$ ; 2)  $(1 - e^{-1})/e$ ]
6. Релятивистский  $\Sigma^+$ -гиперон с кинетической энергией  $T_\Sigma$  распался на лету на нейтральную частицу и  $\pi^+$ -мезон, который вылетел с энергией  $T_\pi$  под прямым углом к направлению движения гиперона. Найдите энергию покоя нейтральной частицы.  
[  $m_0c^2 = \sqrt{(m_\Sigma^2 + m_\pi^2)c^4 - 2(m_\Sigma c^2 + T_\Sigma)(m_\pi c^2 + T_\pi)}$  ]

# Ядерная физика

## Вариант 4 Ядерная физика

1. Определить постоянную распада эманации радия, если период полураспада этого радиоактивного вещества равен 3,82 суток. ( $2,1 \cdot 10^{-6} \text{с}^{-1}$ )
2. Найти энергию (МэВ) поглощенную при реакции  ${}^7_7\text{N}^{14} + {}^2_2\text{He}^4 \rightarrow {}^1_1\text{H}^1 + {}^8_8\text{O}^{17}$ .
3. Какую наименьшую энергию надо затратить, чтобы разделить на отдельные нуклоны ядро  ${}^7_3\text{Li}$ ?
4. Какой должна быть мощность реактора – размножителя, производящего 1 кг плутония в сутки? Принять, что при каждом акте деления образуется один атом плутония и его содержание не снижается в результате распада или других ядерных реакций. Энергию, выделяющуюся при одном акте деления принять равной 200 МэВ. [914 МВт]
5. Период полураспада радиоактивного изотопа актиния  ${}^{225}_{89}\text{Ac}$  составляет 10 суток. Определите время, за которое распадется 1/3 ядер актиния. [5,85 суток]
6. Отрицательный  $\pi$ -мезон с кинетической энергией  $T_\pi = 50$  МэВ распался на лету на мюон и нейтрино. Найти энергию нейтрино, вылетевшего под прямым углом к направлению движения  $\pi$ -мезона.

$$[E_\nu = (m_\pi^2 - m_\mu^2)c^2 / [2(m_\pi c^2 + T_\pi)]] = 22 \text{ МэВ}$$

# Ядерная физика

## Вариант 5 ядерная физика

1. Сколько атомов полония распадётся за сутки из одного миллиона атомов? (5000)
2. Какой изотоп образуется из  ${}_{90}\text{Th}^{232}$  после четырех  $\alpha$  и двух  $\beta$ -распадов?
3. Найдите (в МэВ) наименьшую энергию, необходимую для разделения ядра углерода  ${}_{6}\text{C}^{12}$  на три одинаковые части.
4. Определите суммарную кинетическую энергию  $\alpha$ -частицы и электронов, возникающих в ядерной реакции синтеза:  $4 {}_1^1\text{p} \rightarrow {}_2^4\text{He} + 2 {}_{-1}^0\text{e} + 2\nu$ . Энергия каждого нейтрино равна 0,3 МэВ. [24,02 МэВ]
5. Какая доля ядер радиоактивного фосфора  ${}^{32}\text{P}$  распадается в течение второй недели с момента изготовления препарата? [0,206]
6. На сколько процентов пороговая энергия  $\gamma$ -кванта в реакции  $\gamma + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_0^1\text{n} + {}_1^1\text{p}$  превосходит энергию связи ядра  ${}_1^2\text{H}$ , равную  $E_{\text{св}} = 2,2$  МэВ ? [на 0,06%]

# Ядерная физика

## Вариант 6 Ядерная физика

1. На сколько процентов снизится активность изотопа иридия  ${}_{77}\text{Ir}^{192}$  за 30 суток? (24%)
2. Найти энергию (в МэВ), выделяющуюся при ядерной реакции  ${}_{1}\text{H}^2 + {}_{1}\text{H}^2 \rightarrow {}_{1}\text{H}^1 + {}_{1}\text{H}^3$ .
3. Масса  $\alpha$ -частицы равна 4,00150 а.е.м.. Найти массу нейтрального атома гелия.
4. Определите энергию, которая выделяется при делении всех ядер, содержащихся в 2 г урана 235 ( ${}_{92}^{235}\text{U}$ ). [164 ГДж]
5. Определите вероятность распада ядра радиоактивного золота  ${}^{198}\text{Au}$  1) в течение четырех суток; 2) за четвертые сутки. [0,63; 0,11]
6. Движущаяся частица распадается на два  $\gamma$ -кванта с одинаковой массой, которые разлетаются под углом  $\alpha$  друг к другу. С какой скоростью двигалась частица? [ $v = c \cdot \cos(\alpha/2)$ ]

# Ядерная физика

## Вариант 7 Ядерная физика

1. Найти период полураспада таллия, если известно, что через 100 дней его активность уменьшилась в 1,07 раза. (2,75года)
2. Найти в (МэВ) энергию, выделяющуюся при ядерной реакции  ${}_1^2\text{H} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_2^3\text{He} + {}_0^1\text{n}$ .
3. Найти (в МэВ) энергию связи ядра атома гелия  ${}_2^4\text{He}$ .
4. Подводная лодка “Томск” (Россия) имеет мощность атомных установок 14,7 МВт, топливом служит обогащенный уран (25%,  ${}_{92}^{235}\text{U}$ ). Определите запас горючего, необходимого для месячного плавания лодки. [1,86 кг]
5. Определите, во сколько раз начальное количество ядер радиоактивного изотопа уменьшится за три года, если за один год оно уменьшится в четыре раза? [в 64 раза]
6. Какую минимальную кинетическую энергию необходимо сообщить протону, чтобы он смог расщепить покоящееся ядро дейтрона  ${}_1^2\text{H}$ , энергия связи которого  $E_{\text{св}} = 2,2$  МэВ?  $[T \geq E_{\text{св}} \cdot \frac{m_p + m_d}{m_d} = 3,3 \text{ МэВ}]$

# Ядерная физика

## Вариант 8 Ядерная физика

1. Найти массу полония  ${}_{84}\text{Po}^{210}$ , активность которого равна  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк. (0,22 мг)
2. Какой изотоп образуется из  ${}_{92}\text{U}^{238}$  после трех  $\alpha$  и двух  $\beta$ -распадов?
3. Найти (в МэВ) энергию связи ядра дейтерия  ${}_{1}\text{H}^2$ .
4. Определите кинетическую энергию дочернего ядра при  $\alpha$ -распаде изотопа полония  ${}^{210}\text{Po}$ ? [0,103 МэВ]
5. Быстрые протоны сталкиваются с неподвижными протонами по схеме:  $p + p \rightarrow p + p + \pi^0$ . При какой кинетической энергии быстрых протонов могут рождаться  $\pi^0$ -мезоны? [ $c^2 m_{\pi^0} (m_{\pi^0} + 4m_{p0}) / (2m_{p0})$ ]
6. Период полураспада радона равен 3,8 суток. Найти постоянную распада радона. ( $2,1 \cdot 10^{-6} \text{с}^{-1}$ )



# Ядерная физика

## Вариант 9 Ядерная физика

1. Найти постоянную распада радона, если известно, что число атомов радона уменьшается за 1 сутки на 18,2 процента. ( $2,1 \cdot 10^{-6} \text{с}^{-1}$ )
2. Найти (в МэВ) энергию, выделяющуюся при ядерной реакции  ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$ .
3. Найти (в МэВ) энергию связи ядра  ${}^3_2\text{He}$ .
4. Мировые геологические запасы урана, пригодные для промышленной разработки, оцениваются в настоящее время в  $2,5 \cdot 10^7$  т. Какое количество электроэнергии может быть выработано на этих запасах при однократном использовании природного урана? Содержание делящихся изотопов в природном уране принять равным 0,7%, количество энергии, выделяющейся при делении всех ядер 1 кг урана  $6,9 \cdot 10^{13}$  Дж, физические потери в реакторе – 15%, КПД электростанции – 30%. [ $W = 8,8 \cdot 10^{14}$  кВтч]
5. Сколько  $\alpha$ - и  $\beta^-$  – распадов испытывает  ${}^{238}_{92}\text{U}$ , превращаясь в конечном счете в стабильный  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ ? [Восемь  $\alpha$  – распадов и шесть  $\beta^-$  – распадов]
6. Покоящийся таон распадается на мюон и два нейтрино, причем мюон летит в одну сторону, а оба нейтрино в противоположную сторону. Запишите реакцию и определите кинетическую энергию мюона. Массой нейтрино пренебречь.

$$[T_{\mu} = (m_{\tau} - m_{\mu})^2 c^2 / (2m_{\tau}) = 791 \text{ МэВ}]$$

# Ядерная физика

## Вариант 10 Ядерная физика

1. Найти удельную активность урана  ${}_{92}\text{U}^{235}$ . ( $7,9 \cdot 10^7$  Бк/кг)
2. Найти энергию (в МэВ), выделяющуюся при термоядерной реакции  ${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{H}$ .
3. Определить удельную энергию (в МэВ) связи ядра  ${}^{12}_6\text{C}$ .
4. Рассчитайте кинетические энергии  $\alpha$ -частицы и дочернего ядра  $\alpha$ -распада изотопа висмута  ${}^{212}_{83}\text{Bi}$ . [ $T_\alpha = 6,08$  МэВ;  $T_\text{я} = 0,117$  МэВ]
5. Активность некоторого радиоизотопа уменьшается в 2,5 раза за 7,0 суток. Найдите его период полураспада. [5,3 сут]
6. Найдите кинетическую энергию и импульс  $\mu^+$ - мюона при распаде покоящегося  $K^+$ -мезона в реакции:  $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ .

$$[T_\mu = (m_K - m_\mu)^2 c^2 / (2m_K) = 153 \text{ МэВ}; p_\mu = 236 \text{ МэВ}/c]$$

# Ядерная физика

## Вариант 11 Ядерная физика

1. Некоторый радиоактивный изотоп имеет постоянную распада, равную  $1,44 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ . Через сколько времени распадется 75% первоначальной массы атомов? (40 суток)
2. Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:  
1)  ${}_{25}\text{Mn}^{55}(\text{x},\text{n}){}_{26}\text{Fe}^{55}$ , 2)  ${}_{13}\text{Al}^{27}(\alpha,\text{p})\text{X}$
3. Определить дефект массы (в а.е.м.) и энергию связи (в МэВ) ядра атома дейтерия  ${}_{1}\text{H}^2$ .
4. Найдите энергию реакции  ${}_{3}\text{Li} + {}_{1}\text{p} \rightarrow {}_{2}\text{He} + {}_{2}\alpha$ . [17,2 МэВ]
5. За какое время распадается 1/4 начального количества ядер радиоактивного изотопа, если период его полураспада равен 24 ч? [10,5 ч]
6. На сколько процентов пороговая энергия  $\gamma$ -кванта в реакции  $\gamma + {}_{1}\text{H}^2 \rightarrow {}_{0}\text{n} + {}_{1}\text{p}$  превосходит энергию связи ядра  ${}_{1}\text{H}^2$ , равную  $E_{\text{св}} = 2,2 \text{ МэВ}$ ? [на 0,06%]

# Ядерная физика

## Вариант 12 Ядерная физика

1. Активность препарата уменьшилась в 250 раз. Скольким периодам полураспада равен протекший промежуток времени? (8)
2. Найти (в МэВ) энергию, выделяющуюся при реакции  ${}_4\text{Be}^9 + {}_1\text{H}^2 \rightarrow {}_5\text{B}^{10} + {}_0\text{n}^1$ .
3. Найти (в МэВ) энергию связи, приходящуюся на один нуклон в ядре атома кислорода  ${}_8\text{O}^{16}$ .
4. Эмпирическая зависимость радиуса  $R$  ядра от числа нуклонов  $A$  ( $A > 10$ )  $R \approx r_0 A^{1/3}$ . Параметр  $r_0 \approx 1,23 \cdot 10^{-15}$  м = 1,23 фм приблизительно одинаков для всех ядер. Оцените среднюю плотность ядерного вещества и долю объема ядра, занимаемого нуклонами? [ $\rho \cong 2 \cdot 10^{17}$  кг/м<sup>3</sup>;  $\delta \cong 0,23$ ]
5. Активность препарата изотопа фосфора  ${}^{32}\text{P}$  равна 10,5 ТБк. Какова масса этого изотопа? [1 мг]
6. Фотон массы  $m$  сталкивается с неподвижным электроном. Определите массу фотона и электрона после столкновения, при котором фотон изменил направление движения на угол  $\alpha$ ?

$$[m_\gamma = \frac{m}{1 + (m/m_e)(1 - \cos \alpha)}; m'_e = m_e + m - m_\gamma]$$

# Ядерная физика

## Вариант 13 Ядерная физика

1. Найти массу урана  ${}_{92}\text{U}^{238}$ , имеющего такую же активность, как стронций  $\text{Sr}^{90}$  массой 1мг. (425кг)
2. Какой изотоп образуется из  ${}_{92}\text{U}^{239}$  после двух  $\beta$  и одного  $\alpha$ -распада?
3. Энергия связи ядра атома кислорода  ${}_{8}\text{O}^{18}$  равна 139,8МэВ, ядра фтора  ${}_{9}\text{F}^{19}$  - 147,8МэВ. Определить, какую минимальную энергию нужно затратить, чтобы оторвать один нуклон от ядра фтора.
4. Оцените энергию, освобождаемую в процессе деления ядра  ${}^{238}\text{U}$ . Расстояние между осколками в момент деления приближенно равно диаметру ядра. [200 МэВ]
5. За один год начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года? [в 9 раз]
6. Частица массой  $m$  налетает на покоящееся ядро массой  $M$ , возбуждая эндоэнергетическую реакцию. Покажите, что пороговая (минимальная) кинетическая энергия, при которой эта реакция становится возможной, определяется формулой  $T_{\text{пор}} = |Q| \cdot (m + M)/M$ , где  $Q$  – энергия реакции.

# Ядерная физика

## Вариант 14 Ядерная физика

1. Определить промежуток времени, в течение которого активность изотопа стронция  $\text{Sr}^{90}$  уменьшится в 10 раз. (93 года)
2. Найти (в МэВ) энергию, выделяющуюся при ядерной реакции  ${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$ .
3. Масса протона равна  $1,672 \cdot 10^{-27}$  кг. Найти в а.е.м. массу нейтрального атома водорода.
4. Оцените температуру водородной плазмы, при которой становится возможным преодоление электростатического барьера отталкивания между протонами (для оценки принять, что минимальное взаимное расстояние, при котором начинается синтез ядер  $r_{\min} \approx 10^{-14}$  м). [ $T \approx 10^9$  К]
5. Какие ядра образуются из  $\alpha$ -активного  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  в результате пяти  $\alpha$  – распадов и четырех  $\beta^-$  – распадов? [ ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ ]
6.  $\pi^0$ -мезон, кинетическая энергия которого равна энергии покоя, распадается на два  $\gamma$ -кванта, энергии которых равны. Каков угол между направлениями движения  $\gamma$ -квантов? [60]

# Ядерная физика

## Вариант 15 Ядерная физика

1. За какой промежуток времени из  $10^7$  атомов актиния  ${}_{89}\text{Ac}$  распадется один атом? (61с)
2. При бомбардировке изотопа азота  ${}_{7}\text{N}^{14}$  нейтронами получается изотоп углерода  ${}_{6}\text{C}^{12}$ , который оказывается  $\beta$ -радиоактивным. Напишите уравнения обеих реакций.
3. Какую наименьшую энергию (в МэВ) нужно затратить, чтобы разделить на отдельные нуклоны ядро  ${}_{4}\text{Be}^7$ ?
4. Известны энергии связи  $E_1, E_2, E_3, E_4$  ядер в реакции  $A_1 + A_2 \rightarrow A_3 + A_4$ . Найдите энергию этой реакции. [ $Q = (E_3 + E_4) - (E_1 + E_2)$ ]
5. Точечный изотропный радиоактивный источник создает на расстоянии 1 м интенсивность гамма-излучения, равную  $1,6 \text{ мВт/м}^2$ . Принимая, что при каждом акте распада ядра излучается один  $\gamma$ -фотон с энергией  $1,33 \text{ МэВ}$ , определите активность источника. [ $94,4 \text{ ГБк}$ ]
6. Распад  $\pi^0$ -мезона происходит по схеме:  $\pi^0 \rightarrow \hbar\omega + \hbar\omega$ . Найдите угол между направлениями распада фотонов, если их энергии  $E_1 = 3 \text{ ГэВ}$  и  $E_2 = 2 \text{ ГэВ}$ . [ $\theta = 2 \arcsin\left(m_\pi c^2 / 2\sqrt{E_1 E_2}\right) \approx 3^\circ$ ]

# Ядерная физика

## Вариант 16 Ядерная физика

1. Найти массу свинца, образующегося из 1г урана в течение 1 года. ( $1,34 \cdot 10^{-10}$ г)
2. Напишите недостающее обозначение в ядерной реакции  ${}_6\text{C}^{14} + {}_2\text{He}^4 \rightarrow {}_8\text{O}^{17} + \text{X}$ .
3. Найдите энергию (в МэВ), которая освободится при соединении одного протона и двух нейтронов в атомное ядро.
4. Эмпирическая зависимость радиуса ядра  $R$  от числа нуклонов  $A$  ( $A > 10$ )  $R \approx r_0 A^{1/3}$ . Параметр  $r_0 \approx 1,23 \cdot 10^{-15}$  м = 1,23 фм приблизительно одинаков для всех ядер. Оцените радиусы атомных ядер  ${}^{27}\text{Al}$ ,  ${}^{90}\text{Zr}$ ,  ${}^{238}\text{U}$ . [ $R_{\text{Al}} \approx 3,7$  фм;  $R_{\text{Zr}} \approx 5,5$  фм;  $R_{\text{U}} \approx 7,6$  фм]
5. В кровь человека ввели небольшое количество раствора, содержащего  ${}^{24}\text{Na}$  с активностью  $2,0 \cdot 10^3$  Бк. Активность 1 см<sup>3</sup> крови через 5,0 ч оказалась равной 0,267 Бк/см<sup>3</sup> Период полураспада данного радиоизотопа 15 ч. Найдите объем крови человека. [6 л]
6. Процесс рождения электрон-позитронной пары происходит по схеме  $\gamma + \gamma \rightarrow e^- + e^+$ . Найдите какой скоростью  $v$  будут обладать возникшие частицы, если суммарная энергия фотонов  $E = 2,1$  МэВ. [ $v = c \sqrt{1 - (2m_e c^2 / E)^2} = 2,81 \cdot 10^8$  м/с]



# Ядерная физика

## Вариант 17 Ядерная физика

1. Какая часть начального количества атомов радиоактивного актиния  ${}_{89}\text{Ac}^{225}$  останется через 5 суток? (0,71)
2. Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:  
1)  ${}_{7}\text{N}^{14}(\text{n},\text{x}){}_{6}\text{C}^{14}$ , 2)  $\text{X}(\text{p},\alpha){}_{11}\text{Na}^{22}$ .
3. Найти (в МэВ) минимальную энергию, необходимую для удаления одного протона из ядра азота  ${}_{7}\text{N}^{14}$ .
4. Определите энергию  $W$ , выделяемую 1 мг препарата изотопа полония  ${}^{210}\text{Po}$  за время, равное среднему времени жизни, если при одном акте распада выделяется энергия  $E = 5,4$  МэВ. [ $1,6 \cdot 10^6$  Дж]
5. Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за время, равное трем периодам полураспада? [0,875]
6. Протоны с кинетической энергией 1,0 МэВ бомбардируют литиевую мишень, возбуждая реакцию  ${}_{1}\text{p} + {}_{3}\text{Li} \rightarrow {}_{2}\alpha + {}_{2}\alpha$ . Найдите кинетическую энергию каждой  $\alpha$ -частицы и угол между направлениями их разлета, если разлет произошел симметрично по отношению к направлению налетающих протонов. [9,1 МэВ;  $170,5^\circ$ ]

# Ядерная физика

## Вариант 18 Ядерная физика

1. За 1 год начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в 3 раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года? (9)
2. Вследствие радиоактивного распада  ${}_{92}\text{U}^{238}$  превращается в  ${}_{82}\text{Pb}^{206}$ . Сколько  $\alpha$  и  $\beta$ -распадов он при этом испытывает?
3. Энергия связи ядра, состоящего из двух протонов и одного нейтрона равна 7,72 МэВ. Определить массу нейтрального атома, имеющего это ядро.
4. При делении одного ядра урана освобождается энергия порядка 200 МэВ. Вычислите энергию, освободившуюся при делении 3 кг урана. Какой груз можно поднять на высоту 10 км за счет этой энергии? [ $2,44 \cdot 10^{14}$  Дж;  $2,5 \cdot 10^6$  т]
5. Из 8 одинаковых радиоактивных ядер за 1 мин испытало радиоактивный распад 4 ядра. Сколько ядер испытают распад за следующую минуту? [от 0 до 8 ядер]
6. Остановившийся  $\pi^+$ -мезон распался на мюон и нейтрино. Найдите кинетическую энергию мюона и энергию нейтрино.

$$[T_{\mu} = c^2(m_{\pi} + m_{\mu})/(2m_{\pi}) = 4,1 \text{ МэВ}; E_{\nu} = 29,8 \text{ МэВ}]$$

# Ядерная физика

## Вариант 19 Ядерная физика

1. Найти удельную активность кольбата  $\text{Co}^{60}$ . ( $40,7 \cdot 10^5 \text{ Бк/кг}$ )
2. Освобождается или поглощается энергия в ядерной реакции  ${}_4\text{Be}^9 + {}_1\text{H}^2 \rightarrow {}_5\text{B}^{10} + {}_0\text{n}^1$ .
3. Ядро атома состоит из трех протонов и двух нейтронов. Энергия связи ядра равна 26,3 МэВ. Найти массу атома в а.е.м.. Что это за атом?
4. Определите энергию  $E$ , которая выделится при образовании из протонов и нейтронов ядер гелия  ${}^4\text{He}$  массой  $m = 1 \text{ г}$ . [682 ГДж]
5. Определите возраст древних деревянных предметов, если удельная активность изотопа  ${}^{14}\text{C}$  у них составляет  $3/5$  удельной активности этого же изотопа в только что срубленных деревьях. [ $4,1 \cdot 10^3$  лет]
6. Отрицательный  $\pi$ -мезон с энергией  $T_\pi = 50 \text{ МэВ}$  распался на леву на мюон и нейтрино. Найдите энергию нейтрино, вылетевшего под прямым углом к направлению движения.

$$\left[ E_\nu = \frac{\varepsilon_{0\pi}^2 - \varepsilon_{0\mu}^2}{2(\varepsilon_{0\pi} + T_\pi)} = 22 \text{ МэВ}, \text{ где } \varepsilon_{0\pi} \text{ и } \varepsilon_{0\mu} - \text{энергия покоя частиц} \right]$$

# Ядерная физика

## Вариант 20 Ядерная физика

1. За какой промежуток времени из  $10^7$  атомов актиния распадется один атом? (61с)
2. Найти наименьшее значение энергии (в МэВ)  $\gamma$ -кванта, достаточного для осуществления реакции разложения дейтона  ${}_1\text{H}^2 + h\nu \rightarrow {}_1\text{H}^1 + {}_0\text{n}^1$ .
3. Найдите (в МэВ) энергию связи ядра атома алюминия  ${}_{13}\text{Al}^{27}$ .
4. Найдите с помощью табличных значений масс нуклидов энергию, необходимую для разделения ядра  ${}^{16}\text{O}$  на четыре одинаковые частицы. [14,5 МэВ ]
5. Ядра  $A_1$  с постоянной распада  $\lambda_1$  превращаются в ядра  $A_2$  с постоянной распада  $\lambda_2$ . Считая, что в начальный момент препарат содержит только ядра  $A_1$  в количестве  $N_{01}$ , найдите закон накопления ядер  $A_2$  со временем. [  $N_2(t) = N_{01} \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$  ]
6. Остановившийся положительный мюон распался на позитрон и два нейтрино. Найдите максимально возможную кинетическую энергию позитрона. [  $T_{\max} = c^2(m_\mu - m_e)/(2m_\mu) = 52,5 \text{ МэВ}$  ]

## Ядерная физика

### Вариант 21 Ядерная физика

1. Найти активность фосфора  $P^{32}$  массой 1 мг. ( $10,5 \cdot 10^{12}$  Бк)
2. При бомбардировке изотопа лития  ${}^6_3\text{Li}$  дейтронами образуется две  $\alpha$ -частицы. Напишите ядерную реакцию.
3. Какую наименьшую энергию (в МэВ) нужно затратить, чтобы оторвать один нейтрон от ядра азота  ${}^{14}_7\text{N}$ ?
4. Оцените энергию, выделяющуюся на один нуклон, в реакции деления  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{140}_{55}\text{Cs} + {}^{94}_{37}\text{Rb} + 2{}^1_0\text{n}$ . [0,85 МэВ/нуклон]
5. Ядра  $A_1$  с постоянной распада  $\lambda_1$  превращаются в ядра  $A_2$  с постоянной распада  $\lambda_2$ . Считая, что в начальный момент препарат содержит только ядра  $A_1$ , найдите промежуток времени, через который количество ядер  $A_2$  достигнет максимума. [ $t_{\max} = \ln(\lambda_1/\lambda_2)/(\lambda_1 - \lambda_2)$ ]
6. При встречном столкновении протонов может рождаться частица с массой покоя в  $k$  раз больше массы покоя  $m_p$  протона:  $p + p \rightarrow p + M$ , где  $M = km_p$ . Определите минимальную скорость протонов. [ $v_{\min} = c\sqrt{1-1/k}$ ]

# Ядерная физика

## Вариант 22 Ядерная физика

1. Найти промежуток времени, в течение которого активность изотопа стронция  $^{90}\text{Sr}$  уменьшилась в 100 раз. (186 лет)
2. Какой изотоп образуется из  $_{90}\text{Th}^{232}$  после четырех  $\alpha$  и двух  $\beta$ -распадов?
3. Найдите дефект массы (в а.е.м.) и энергию связи (в МэВ) ядра атома дейтерия  ${}_1\text{H}^2$ .
4. Определите разность энергий связи нейтрона и протона в ядре изотопа бора  ${}_{5}^{11}\text{B}$ . Объясните причины их различия. [ $E_n - E_p = 0,22$  МэВ]
5. Найдите постоянную распада и среднее время жизни радиоактивного изотопа кобальта  ${}_{27}^{55}\text{Co}$ , если его активность уменьшается на 4,0% за 60 мин. [ $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ ; 1,0 суток]
6.  $\pi^0$ -мезон распадается на два  $\gamma$ -кванта:  $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ . Найдите кинетическую энергию  $\pi^0$ -мезона, если счетчик, расположенный по направлению его движения, регистрирует  $\gamma$ -квант с энергией  $\varepsilon = 270$  МэВ. [ $T_\pi = \frac{(2\varepsilon - m_\pi c^2)^2}{4\varepsilon} = 152$  МэВ]

# Ядерная физика

## Вариант 23 Ядерная физика

1. Найти удельную активность радона  ${}_{86}\text{Rn}^{222}$ . ( $5,7 \cdot 10^{18}$  Бк/кг)
2. Освобождается или поглощается энергия в ядерной реакции  ${}_{20}\text{Ca}^{44} + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_{19}\text{K}^{41} + {}_2\text{He}^4$ .
3. Какую наименьшую энергию (в МэВ) надо затратить, чтобы разделить ядро  ${}_2\text{He}^4$  на две одинаковые части?
4. Массы нейтральных атомов в а.е.м.:  ${}^{16}\text{O} - 15,9949$ ,  ${}^{15}\text{O} - 15,0030$ ,  ${}^{15}\text{N} - 15,0001$ . Чему равны энергии отделения нейтрона и протона в ядре  ${}^{16}\text{O}$ ? [15,6 МэВ; 15,6 МэВ]
5. На сколько процентов снизится активность изотопа иридия  ${}_{77}^{192}\text{Ir}$  за время 30 суток? [на 24%]
6. Определите максимально возможную кинетическую энергию позитрона, образовавшегося при распаде остановившегося положительного мюона  $\mu^+$  на позитрон и два нейтрино:  $\mu^+ \rightarrow e^+ + \tilde{\nu}_\mu + \nu_e$ .  
[ $T_{\max} = (m_\mu - m_e)^2 c^2 / (2m_\mu) = 52,5$  МэВ]

# Ядерная физика

## Вариант 24 Ядерная физика

1. Какая часть начального количества атомов радиоактивного актиния  $\text{Ac}^{225}$  останется через 15 суток? (0,36)
2. Запишите в развернутом виде ядерную реакцию  ${}^9\text{F}^{19}(\text{p},\alpha){}_8\text{O}^{16}$ . Найдите (в МэВ) энергию этой реакции.
3. Найти массу нейтрального атома водорода (в а.е.м.), если масса протона равна  $1,672 \cdot 10^{-27}$  кг.
4. Рассчитайте отношение кинетических энергий  $\alpha$ -частицы и дочернего ядра  $\alpha$ -распада  ${}^{212}_{83}\text{Bi}$ . [52]
5. Сколько электронов испускает за один час 1,0 мкг изотопа натрия  ${}^{24}_{11}\text{Na}$ ? [ $1,2 \cdot 10^{15}$ ]
6. Какую минимальную кинетическую энергию необходимо сообщить протону, чтобы он смог расщепить покоящееся ядро дейтерия  ${}^2_1\text{H}$ , энергия связи которого  $E_{\text{св}} = 2,2$  МэВ? [ $T_{\text{min}} = E_{\text{св}}(m_{\text{p}} + m_{\text{d}})/m_{\text{d}} = 3,3$  МэВ]



## Ядерная физика

### Вариант 25 Ядерная физика

1. Постоянной распада радиоактивного вещества равна  $1,44 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ . Через сколько времени распадется  $3/4$  первоначальной массы атомов? (40 суток)
2. Запишите недостающее обозначение в ядерной реакции  ${}_{13}\text{Al}^{27} + X \rightarrow {}_1\text{H}^1 + {}_{12}\text{Mg}^{26}$ .
3. Определить (в МэВ) энергию, которая выделится при образовании из протонов и нейтронов ядер гелия  ${}^4_2\text{He}$  массой 1г.
4. Оцените энергию, выделяющуюся на один нуклон, в термоядерной реакции  ${}^2_1\text{d} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$  [3,5 МэВ/нуклон]
5. Активность некоторого радиоизотопа уменьшается в 2,5 раза за 7,0 суток. Найдите его период полураспада. [ $T_{1/2} = 5,3$  суток]
6. Релятивистский  $\Sigma^+$ -гиперон с кинетической энергией  $T_\Sigma$  распался на лету на нейтральную частицу и  $\pi^+$ -мезон, который вылетел с энергией  $T_\pi$  под прямым углом к направлению движения гиперона. Найдите энергию покоя нейтральной частицы.

$$4. [m_0 c^2 = \sqrt{(m_\Sigma^2 + m_\pi^2)c^4 - 2(m_\Sigma c^2 + T_\Sigma)(m_\pi c^2 + T_\pi)}]$$

### Вариант 26 Ядерная физика

1. Период полураспада радона равен 3,8 суток. Найти постоянную распада радона. ( $2,1 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ )
2.  ${}_{92}\text{U}^{238}$  превращается в  ${}_{82}\text{Pb}^{206}$  вследствие радиоактивного распада. Сколько  $\alpha$  и  $\beta$ -распадов он при этом испытывает?
3. Какую минимальную энергию (в МэВ) необходимо затратить, чтобы оторвать один протон от ядра атома фтора  ${}^9\text{F}^{19}$ . Энергия связи ядра атома фтора  ${}^9\text{F}^{19}$  равна 147,8 МэВ, а энергия связи ядра атома кислорода  ${}^8\text{O}^{18}$  равна 139,8 МэВ.

### Вариант 27 Ядерная физика

1. Найти массу свинца, образующегося из 1г урана за 1 год. ( $1,34 \cdot 10^{-10} \text{ г}$ )
2. Распишите следующие ядерные реакции и впишите недостающие обозначения: 1)  ${}_{25}\text{Mn}^{55}(x, n){}_{26}\text{Fe}^{55}$ , 2)  $X(p, \alpha){}_{11}\text{Na}^{22}$

## Ядерная физика

3. Найдите удельную энергию связи (в МэВ) ядра атома углерода  ${}^6\text{C}^{12}$

### Вариант 28 Ядерная физика

1. Период полураспада радия равен 1620 годам. Какое количество радия распадается за сутки из 1г чистого препарата. ( $1,17 \cdot 10^{-6}$ г)
2. Изотоп азота  ${}^7\text{N}^{14}$  бомбардируется нейтронами, в результате получается изотоп углерода  ${}^6\text{C}^{14}$ , который оказывается  $\beta$ -радиоактивным. Написать уравнения этих двух ядерных реакций.
3. Ядро атома некоторого элемента образует два нейтрона и три протона, причем энергия связи ядра равна 26,3МэВ. Найти массу атома в а.е.м.. Что это за атом?

# **Ядерная физика**