

Индивидуальное задание №4 к курсу «Прикладная физика»

Вариант 1

- 1 Найти скорости продуктов реакции ${}^{20}\text{B}(n, \alpha) {}^7\text{Li}$, протекающей в результате взаимодействия нейтронов с покоящимися ядрами бора, если кинетическая энергия нейтронов пренебрежимо мала.
- 2 Определить кинетическую энергию ядер ${}^7\text{Be}$ возникающих в реакции $p + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^7\text{Be} + n$, $Q = -1,65$ МэВ при пороговом значении энергии протона.
- 3 Мишень ${}^7\text{Li}$ бомбардируют пучком нейтронов кинетической энергией $T_0 = 1,00$ МэВ. Определить энергию возбуждения ядер, возникающих в результате неупругого рассеяния нейтронов, если энергия нейтронов, неупруго рассеянных под прямым углом к падающему пучку, $T = 0,33$ МэВ.
- 4 Вычислить кинетическую энергию протонов, неупруго рассеянных под прямым углом на покоящихся ядрах ${}^{16}\text{O}$. Известно, что нижние уровни ядра ${}^{16}\text{O}$ соответствуют энергии возбуждения 0,87; 3,00; 3,80 МэВ. Кинетическая энергия бомбардирующих протонов $T_0 = 4,3$ МэВ.

Вариант 2

1 Вычислить энергию реакции ${}^2\text{H}(d, p){}^3\text{H}$, если энергия налетающих дейтронов $T_d = 1,20$ МэВ и протон, вылетевший под прямым углом к направлению движения дейтрона, имеет энергию $T_p = 3,30$ МэВ.

2 Определить кинетическую энергию ядер ${}^{15}\text{O}$ возникающих в реакции $n + {}^{19}\text{F} \rightarrow {}^{15}\text{O} + p + 4n$, $Q = -35,8$ МэВ при пороговом значении энергии нейтрона.

3 Определить энергию возбуждения ядра ${}^4\text{He}$, возникшего в результате захвата протона с кинетической энергией $2,0$ МэВ покоящимся ядром ${}^3\text{H}$.

4 Вычислить кинетическую энергию протонов, неупруго рассеянных под прямым углом на покоящихся ядрах ${}^{20}\text{Ne}$. Известно, что нижние уровни ядра ${}^{20}\text{Ne}$ соответствуют энергии возбуждения $1,5$; $2,2$ и $4,2$ МэВ. Кинетическая энергия бомбардирующих протонов $T_0 = 4,3$ МэВ.

Вариант 3

1 Определить кинетическую энергию протонов, вызывающих реакцию ${}^9\text{Be}(p, \alpha) {}^6\text{Li} + 2,13 \text{ МэВ}$, если энергия α -частиц, которые вылетают под прямым углом к направлению движения протонов, равна 4,02 МэВ.

2 Оценить минимальную кинетическую энергию налетающей α -частицы, необходимую для ее прохождения над кулоновским потенциальным барьером ядра ${}^7\text{Li}$. Возбудит ли α -частица такой энергии реакцию ${}^7\text{Li}(\alpha, n) {}^{10}\text{B}$?

3 Для получения мощных потоков быстрых нейтронов в реактор помещают дейтерид лития LiD , в котором медленные нейтроны реактора возбуждают реакцию ${}^6\text{Li}(n, \alpha) {}^3\text{H} + 4,80 \text{ МэВ}$.

Определите максимальную энергию тритонов – ядер трития.

4 Найти энергию возбуждения покоящегося ядра массой M , которую оно получит при захвате γ -кванта с энергией $\hbar\omega$.

Вариант 4

1 Дейтроны с кинетической энергией $T_d = 10,0$ МэВ, взаимодействуя с ядрами углерода, возбуждают реакцию $^{13}\text{C}(d, \alpha)^{11}\text{B}$, $Q = +5,16$ МэВ. Определить угол между направлениями разлета продуктов реакции, если возникающие ядра разлетаются симметрично.

2 Найти максимальную кинетическую энергию α -частиц, возникающих в результате реакции $^{16}\text{O}(d, \alpha)^{14}\text{B} + 3,1$ МэВ при энергии бомбардирующих дейтронов $2,0$ МэВ.

3 Реакция $^7\text{Li}(t, n)^9\text{Be} + 10,4$ МэВ является одним из источников быстрых нейтронов. Найти максимальную энергию этих нейтронов, если энергия налетающих ядер трития составляет $2,75$ МэВ.

4 Мишень ^7Li бомбардируют пучком нейтронов кинетической энергией $T_0 = 1,00$ МэВ. Определить энергию возбуждения ядер, возникающих в результате неупругого рассеяния нейтронов, если энергия нейтронов, неупруго рассеянных под прямым углом к падающему пучку, $T = 0,33$ МэВ.

Вариант 5

1 Дейтроны с кинетической энергией $T_d = 10,0$ МэВ, взаимодействуя с ядрами углерода, возбуждают реакцию $^{13}\text{C}(d, \alpha)^{11}\text{B}$, $Q = +5,16$ МэВ. Определить угол между направлениями разлета продуктов реакции, если α -частица вылетает под прямым углом к пучку дейтронов.

2 Найти скорости продуктов реакции $^{20}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$, протекающей в результате взаимодействия нейтронов с покоящимися ядрами бора, если кинетическая энергия нейтронов пренебрежимо мала.

3 Какой минимальной кинетической энергией должен обладать нейтрон, чтобы в результате неупругого рассеяния на ядре ^9Be сообщить последнему энергию возбуждения 2,40 МэВ?

4 Реакция $^2\text{H}(t, n)^4\text{He} + 17,6$ МэВ является одним из источников быстрых нейтронов. Найти максимальную энергию этих нейтронов, если энергия ядер трития составляет 2,75 МэВ.

Вариант 6

1 Определить кинетическую энергию ядер ${}^7\text{Be}$ возникающих в реакции $p + {}^7\text{Li} \rightarrow {}^7\text{Be} + n$, $Q = -1,65$ МэВ при пороговом значении энергии протона.

2 Литиевую мишень облучают α -частицами с кинетической энергией $T_\alpha = 10,0$ МэВ. В результате ядерной реакции ${}^7\text{Li}(\alpha, n){}^{10}\text{B}$, $Q = 2,79$ МэВ из мишени вылетают нейтроны. Найти кинетическую энергию нейтронов, влетающих под углом 180° к направлению движения бомбардирующих α -частиц.

3 Вычислить кинетическую энергию протонов, неупруго рассеянных под прямым углом на покоящихся ядрах ${}^{16}\text{O}$. Известно, что нижние уровни ядра ${}^{16}\text{O}$ соответствуют энергии возбуждения 0,87; 3,00; 3,80 МэВ. Кинетическая энергия бомбардирующих протонов $T_0 = 4,3$ МэВ.

4 Определить энергию возбуждения ядра ${}^4\text{He}$, возникшего в результате захвата протона с кинетической энергией 2,0 МэВ покоящимся ядром ${}^3\text{H}$.

Вариант 7

1 Определить кинетическую энергию ядер ^{15}O возникающих в реакции $n + ^{19}\text{F} \rightarrow ^{15}\text{O} + p + 4n$, $Q = -35,8$ МэВ при пороговом значении энергии нейтрона.

2 Литиевую мишень облучают α -частицами с кинетической энергией $T_\alpha = 10,0$ МэВ. В результате ядерной реакции $^7\text{Li}(\alpha, n)^{10}\text{B}$, $Q = 2,79$ МэВ из мишени вылетают нейтроны. Найти кинетическую энергию нейтронов, влетающих под углом 90° к направлению движения бомбардирующих α -частиц.

3 Вычислить кинетическую энергию протонов, неупруго рассеянных под прямым углом на покоящихся ядрах ^{20}Ne . Известно, что нижние уровни ядра ^{20}Ne соответствуют энергии возбуждения 1,5; 2,2 и 4,2 МэВ. Кинетическая энергия бомбардирующих протонов $T_0 = 4,3$ МэВ.

4 Для получения мощных потоков быстрых нейтронов в реактор помещают дейтерид лития LiD , в котором медленные нейтроны реактора возбуждают реакцию $^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H} + 4,80$ МэВ.

Определите максимальную энергию тритонов – ядер трития.

Вариант 8

1 Оценить минимальную кинетическую энергию налетающей α -частицы, необходимую для ее прохождения над кулоновским потенциальным барьером ядра ${}^7\text{Li}$. Возбудит ли α -частица такой энергии реакцию ${}^7\text{Li}(\alpha, n){}^{10}\text{B}$?

2 Вычислить энергию реакции ${}^2\text{H}(d, p){}^3\text{H}$, если энергия налетающих дейтронов $T_d = 1,20$ МэВ и протон, вылетевший под прямым углом к направлению движения дейтрона, имеет энергию $T_p = 3,30$ МэВ.

3 Найти максимальную кинетическую энергию α -частиц, возникающих в результате реакции ${}^{16}\text{O}(d, \alpha){}^{14}\text{B} + 3,1$ МэВ при энергии бомбардирующих дейтронов 2,0 МэВ.

4 Реакция ${}^7\text{Li}(t, n){}^9\text{Be} + 10,4$ МэВ является одним из источников быстрых нейтронов. Найти максимальную энергию этих нейтронов, если энергия налетающих ядер трития составляет 2,75 МэВ.

Вариант 9

1 Литиевую мишень облучают α -частицами с кинетической энергией $T_\alpha = 10,0$ МэВ. В результате ядерной реакции ${}^7\text{Li}(\alpha, n){}^{10}\text{B}$, $Q = 2,79$ МэВ из мишени вылетают нейтроны. Найти кинетическую энергию нейтронов, влетающих под углом 90° к направлению движения бомбардирующих α -частиц.

2 Дейтроны с кинетической энергией $T_d = 10,0$ МэВ, взаимодействуя с ядрами углерода, возбуждают реакцию ${}^{13}\text{C}(d, \alpha){}^{11}\text{B}$, $Q = +5,16$ МэВ. Определить угол между направлениями разлета продуктов реакции, если возникающие ядра разлетаются симметрично.

3 Реакция ${}^2\text{H}(t, n){}^4\text{He} + 17,6$ МэВ является одним из источников быстрых нейтронов. Найти максимальную энергию этих нейтронов, если энергия ядер трития составляет $2,75$ МэВ.

4 Мишень ${}^7\text{Li}$ бомбардируют пучком нейтронов кинетической энергией $T_0 = 1,00$ МэВ. Определить энергию возбуждения ядер, возникающих в результате неупругого рассеяния нейтронов, если энергия нейтронов, неупруго рассеянных под прямым углом к падающему пучку, $T = 0,33$ МэВ.

Вариант 10

1 Литиевую мишень облучают α -частицами с кинетической энергией $T_\alpha = 10,0$ МэВ. В результате ядерной реакции ${}^7\text{Li}(\alpha, n){}^{10}\text{B}$, $Q = 2,79$ МэВ из мишени вылетают нейтроны. Найти кинетическую энергию нейтронов, влетающих под углом 180° к направлению движения бомбардирующих α -частиц.

2 Какой минимальной кинетической энергией должен обладать нейтрон, чтобы в результате неупругого рассеяния на ядре ${}^9\text{Be}$ сообщить последнему энергию возбуждения $2,40$ МэВ?

3 Найти максимальную кинетическую энергию α -частиц, возникающих в результате реакции ${}^{16}\text{O}(d, \alpha){}^{14}\text{B} + 3,1$ МэВ при энергии бомбардирующих дейтронов $2,0$ МэВ.

4 Найти энергию возбуждения покоящегося ядра массой M , которую оно получит при захвате γ -кванта с энергией $\hbar\omega$.

7. Таблица свойств нуклидов

Z	Нуклид	Спнн ядра	Избыток массы нуклида М-А, а. е. м	Массовое содержание в естественной смеси изотопов, %	Тип распада	Период полураспада	Энергия α - и β -частиц $T_{\beta\text{макс}}$, МэВ
1	<i>n</i>	1/2	0,008665	—	β^-	11,7 мин	0,78
	¹ H	1/2	0,007825	99,985		—	
2	² H	1	0,014102	0,015		—	
	³ H	1/2	0,0160049	—	β^-	12,3 года	0,018
	³ He	1/2	0,016030	$3 \cdot 10^{-4}$		—	
3	⁴ He	0	0,002604	~ 100		—	
	⁶ Li	1	0,015126	7,52		—	
4	⁷ Li	3/2	0,016005	92,48		—	
	⁷ Li	3/2	0,016931	—	<i>K</i>	53 сут	
	⁸ Be	0	0,005308	—	2 α	10^{-16} с	0,039
5	⁹ Be	3/2	0,012186	100		—	
	¹⁰ Be	0	0,013535	—	β^-	$2,5 \cdot 10^6$ лет	0,555
	¹⁰ B	3	0,012939	20		—	
6	¹¹ B	3/2	0,009305	80		—	
	¹¹ C	3/2	0,011431	—	β^+	20,4 мин	0,97
	¹² C	0	0	98,89		—	
7	¹³ C	1/2	0,003354	1,11		—	
	¹⁴ C	0	0,003242	—	β^-	5570 лет	0,155
	¹³ N	—	0,005739	—	β^-	10 мин	1,2
	¹⁴ N	1	0,003074	99,63		—	
8	¹⁵ N	1/2	0,000108	0,37		—	
	¹⁵ O	—	0,003072	—	β^+	2,1 мин	1,68
	¹⁶ O	0	-0,005085	99,76		—	
9	¹⁷ O	5/2	-0,000867	0,037		—	
	¹⁸ O	0	-0,000840	0,204		—	
	¹⁸ F	—	0,000950	—	β^+	1,87 ч	0,649
	¹⁹ F	1/2	-0,001595	100		—	
10	²⁰ F	—	-0,000015	—	β^-	12 μ	5,42
	²⁰ Ne	0	-0,007560	90,52		—	
	²¹ Ne	—	-0,006151	0,26		—	
11	²² Ne	0	-0,008616	8,82		—	
	²² Na	3	-0,005565	—	β^+	2,6 года	0,540
	²³ Na	3/2	-0,010227	100		—	
12	²⁴ Na	4	-0,009033	—	β^-	15 ч	1,39
	²³ Mg	—	-0,005865	—	β^+	11 с	2,95
	²⁴ Mg	0	-0,014956	78,60		—	
	²⁵ Mg	5/2	-0,014160	10,11		—	
13	²⁶ Mg	0	-0,0117409	11,29		—	
	²⁷ Mg	1/2	-0,015655	—	β^-	8,5 мин	1,75 и 1,59
	²⁶ Al	—	-0,013100	—	β^+	6,7 с	3,20
	²⁷ Al	5/2	-0,018465	100		—	
14	²⁸ Al	3	-0,018092	—	β^-	2,3 мин	2,86
	²⁸ Si	0	-0,023073	92,27		—	
	²⁹ Si	1/2	-0,023509	4,68		—	
15	³⁰ Si	0	-0,026239	3,05		—	
	³¹ Si	—	-0,024651	—	β^-	2,65 ч	1,47
	³⁰ P	—	-0,021680	—	β^+	2,5 мин	3,24
	³¹ P	1/2	-0,026237	100		—	
	³² P	—	-0,026092	—	β^-	14,3 сут	1,71

Z	Нуклид	Спин ядра	Избыток массы нуклида $M-A$, а. е. м	Массовое содержание в естественной смеси изотопов, %	Тип распада	Период полураспада	Энергия α - и β -частиц $T_{\beta\text{макс}}$, МэВ
16	^{32}S	0	-0,027926	95,02			
	^{33}S	3/2	-0,028540	0,75			
	^{34}S	0	-0,032136	4,21			
17	^{35}S	3/2	-0,030966	—	β^-	87 сут	0,167
	^{35}Cl	3/2	-0,031146	75,4			
	^{36}Cl	2	-0,031688	—	β^-, K	$3,1 \cdot 10^5$ лет	0,714
18	^{37}Cl	3/2	-0,034104	24,6			
	^{36}Ar	0	-0,032452	0,34			
	^{37}Ar	3/2	-0,033228	—	K	32 сут	
19	^{39}Ar	—	-0,035679	—	β^-	265 лет	0,565
	^{40}Ar	0	0,037616	99,60			
	^{39}K	3/2	-0,036286	93,08			
24	^{42}K	2	-0,037583	—	β^-	1,52 ч	3,55 и 1,99
25	^{51}Cr	7/2	-0,055214	—	K	28 сут	
27	^{55}Mn	5/2	-0,061946	100			
29	^{58}Co	2	-0,064246	—	$K \beta^+$	72 сут	0,47
	^{59}Co	7/2	-0,066811	100			
	^{60}Co	4	-0,066194	—		5,2 года	0,31
30	^{63}Cu	3/2	-0,070406	69,1			
	^{65}Cu	3/2	-0,072214	30,9			
35	^{65}Zn	5/2	-0,070766	—	K, β^+	245 сут	0,325
38	^{82}Br	6	-0,083198	—	β^-	36 ч	0,456
	^{88}Sr	0	-0,09436	82,56			
	^{89}Sr	5/2	-0,09257	—	β^-	51 сут	1,46
39	^{89}Sr	0	-0,09223	—	β^-	28 лет	0,535
	^{90}Y	2	-0,09282	—	β^-	64 ч	2,24
	^{107}Ag	1/2	-0,09303	51,35			
53	^{127}I	5/2	-0,09565	100			
	^{128}I	1	-0,09418	—	β^-, K	25 мии	2,12 и 1,67
	^{197}Au	3/2	-0,03345	100			
81	^{198}Au	2	-0,03176	—	β^-	2,7 сут	0,96
	^{204}Tl	—	-0,02611	—	β^-	4,1 года	0,77
	^{206}Pb	0	-0,02554	23,6			
82	^{207}Pb	1/2	-0,02410	22,6			
	^{208}Pb	0	-0,02336	52,3			
	^{209}Bi	9/2	-0,01958	100			
84	^{210}Bi	4	-0,01589	—	α	$2,6 \cdot 10^6$ лет	4,97
	^{210}Po	—	-0,01713	—	α	138 сут	5,3
	^{222}Rn	—	0,01753	—	α	3,8 сут	5,49
88	^{226}Ra	0	0,02536	—	α	1620 лет	4,777 и 4,589
90	^{232}Th	0	0,03821	100	α	$1,4 \cdot 10^{10}$ лет	4,00 и 3,98
	^{233}Th	—	0,04143	—	β^-	22 мин	1,23
	^{234}U	0	0,04090	0,006	α	$2,5 \cdot 10^5$ лет	4,76 и 4,72
92	^{235}U	7/2	0,04383	0,71	α	$7,1 \cdot 10^8$ лет	4,20—4,58
	^{236}U	0	0,04573	—	α	$2,4 \cdot 10^7$ лет	4,45 и 4,50
	^{238}U	0	0,05076	99,28	α	$4,5 \cdot 10^9$ лет	4,13 и 4,18
	^{239}U	—	0,05432	—	β^-	23,5 мин	1,21
	^{238}Pu	—	0,04952	—	α	89,6 года	5,50 и 5,45
94	^{239}Pu	1/2	0,05216	—	α	$2,4 \cdot 10^4$ лет	5,15—5,10