

Индивидуальное задание №3 к курсу «Прикладная физика»

Вариант 1

1 При β -распаде ^{112}Pd возникает β -активный нуклид ^{112}Ag . Их периоды полураспада равны соответственно 21 и 3,2 ч. Найти отношение максимальной активности нуклида ^{112}Ag к первоначальной активности препарата, если в начальный момент препарат содержал только нуклид ^{112}Pd .

2 Радионуклид ^{27}Mg образуется с постоянной скоростью $q = 5,0 \cdot 10^{10}$ ядро/с. Определить количество ядер ^{27}Mg , которое накопится в препарате через промежуток времени равный периоду полураспада.

3 Покоящееся ядро ^{213}Po испустило α -частицу с кинетической энергией $T_\alpha = 8,34$ МэВ. При этом дочернее ядро оказалось непосредственно в основном состоянии. Найти полную энергию, освобождаемую в этом процессе. Какую долю этой энергии составляет кинетическая энергия дочернего ядра? Какова скорость отдачи дочернего ядра?

4 Зная массу дочернего нуклида и энергию β -распада Q , найти массу нуклида ^{22}Na , испытывающего β^+ -распад, $Q = 1,83$ МэВ. Указание: расчет масс частиц проводить с помощью таблицы дефектов масс.

Вариант 2

1 Радионуклид ^{118}Cd испытывает превращения по цепочке $^{118}\text{Cd} \xrightarrow[30 \text{ мин}]{} ^{118}\text{In} \xrightarrow[4,5 \text{ мин}]{} ^{118}\text{Sn}(\text{стабилен})$

(под стрелками указаны соответствующие периоды полураспада). Считая, что в момент $t = 0$ препарат содержал только Cd, найти какая часть ядер превратится в стабильные ядра через 60 мин.

2 Радионуклид ^{124}Sb образуется с постоянной скоростью $q = 1,0 \cdot 10^9$ ядро/с. С периодом полураспада $T = 60$ сут он превращается в стабильный нуклид ^{124}Te . Найти через сколько времени после начала образования активность ^{124}Sb станет $A = 3,7 \cdot 10^8$ Бк (10 мКи).

3 Вычислить суммарную кинетическую энергию частиц, возникающих при β - распаде покоящегося нейтрона. Указание: расчет масс частиц проводить с помощью таблицы дефектов масс.

4 Распад ядер ^{226}Th происходит из основного состояния и сопровождается испусканием α -частиц с энергией 6,33; 6,23; 6,10 и 6,03 МэВ. Рассчитать энергию возбужденных состояний дочернего ядра, в которые происходит распад. Учесть, что одна из энергий α -частицы соответствует переходу из основного в основное состояние.

Вариант 3

1 Радионуклид ^{118}Cd испытывает превращения по цепочке $^{118}\text{Cd} \xrightarrow[30 \text{ мин}]{} ^{118}\text{In} \xrightarrow[4,5 \text{ мин}]{} ^{118}\text{Sn}(\text{стабилен})$

(под стрелками указаны соответствующие периоды полураспада). Считая, что в момент $t = 0$ препарат содержал только Cd, найти во сколько раз уменьшится активность препарата через 60 мин.

2 Радионуклид ^{124}Sb образуется с постоянной скоростью $q = 1,0 \cdot 10^9$ ядро/с. С периодом полураспада $T = 60$ сут он превращается в стабильный нуклид ^{124}Te . Найти какая масса нуклида ^{124}Te накопится в препарате за четыре месяца после начала его образования.

3 Ядра ^{210}Po испускают α -частицы с кинетической энергией $T = 5,30$ МэВ, причем практически все дочерние ядра образуются не посредственно в основном состоянии. Определить количество тепла, которое выделяет 10,0 мг препарата ^{210}Po за период, равный среднему времени жизни этих ядер.

4 Ядро ^{32}P испытывает β -распад, в результате которого дочернее ядро оказывается непосредственно в основном состоянии. Определить максимальную кинетическую энергию β -частиц и соответствующую кинетическую энергию дочернего ядра. Указание: расчет масс частиц и энергии реакции проводить с помощью таблицы дефектов масс.

Вариант 4

1 Радионуклид A_1 испытывает превращения по цепочке: $A_1 \xrightarrow{\lambda_1} A_2 \xrightarrow{\lambda_2} A_3 \rightarrow \dots$ (под стрелками указаны соответствующие постоянные распада). Полагая, что в начальный момент препарат содержал только ядра нуклида A_1 в количестве N_{10} , найти выражение, определяющее закон накопления нуклида A_3 .

2 При β -распаде ^{112}Pd возникает β -активный нуклид ^{112}Ag . Их периоды полураспада равны соответственно 21 и 3,2 ч. Найти отношение максимальной активности нуклида ^{112}Ag к первоначальной активности препарата, если в начальный момент препарат содержал только нуклид ^{112}Pd .

3 Зная массу дочернего нуклида и энергию β -распада Q , найти массу нуклида ^6He , испытывающего β^- -распад, $Q = 3,50$ МэВ. Указание: расчет масс частиц проводить с помощью таблицы дефектов масс.

4 При распаде ядер ^{212}Po испускаются четыре группы α -частиц: основная с энергией 8,780 МэВ и длиннопробежные с энергиями 9,492; 10,422 и 10,543 МэВ. Рассчитать энергии возбужденных состояний ядра ^{212}Po , если известно, что дочерние ядра во всех случаях возникают непосредственно в основном состоянии.

Вариант 5

1 Радионуклид ^{27}Mg образуется с постоянной скоростью $q = 5,0 \cdot 10^{10}$ ядро/с. Определить количество ядер ^{27}Mg , которое накопится в препарате через промежуток времени значительно превосходящий его период полураспада.

2 Радионуклид A_1 , образующийся с постоянной скоростью q ядро/с, испытывает цепочку превращений по схеме: $A_1 \xrightarrow{\lambda_1} A_2 \xrightarrow{\lambda_2} A_3$ (стабилен) (под стрелками указаны постоянные распада).

Найти закон накопления количества ядер A_1 , A_2 и A_3 с течением времени, полагая, что в начальный момент препарат их не содержал.

3 Ядра ^{210}Po испускают α -частицы с кинетической энергией $T = 5,30$ МэВ, причем практически все дочерние ядра образуются не посредственно в основном состоянии. Определить первоначальную активность препарата ^{210}Po , если за время, равное его периоду полураспада, препарат выделил 2,2 кДж тепла.

4 Вычислить максимальное значение импульса электронов, испускаемых ядрами ^{10}Be , если известно, что дочерние ядра оказываются непосредственно в основном состоянии. Указание: расчет масс частиц и энергии реакции проводить с помощью таблицы дефектов масс.

Вариант 6

1 Радионуклид ^{27}Mg образуется с постоянной скоростью $q = 5,0 \cdot 10^{10}$ ядро/с. Определить количество ядер ^{27}Mg , которое накопится в препарате через промежуток времени равный периоду полураспада.

2 Радионуклид ^{138}Xe , образующийся с постоянной скоростью $q = 1,0 \cdot 10^{10}$ ядро/с, испытывает превращения по схеме $^{138}\text{Xe} \xrightarrow[17 \text{ мин}]{} ^{138}\text{Cs} \xrightarrow[32 \text{ мин}]{} ^{138}\text{Ba}(\text{стабилен})$ (под стрелками указаны периоды полураспада). Вычислить суммарную активность данного препарата через 60 мин после начала накопления.

3 Зная массу дочернего нуклида и энергию β -распада Q , найти массу нуклида ^{22}Na , испытывающего β^+ -распад, $Q = 1,83$ МэВ. Указание: расчет масс частиц проводить с помощью таблицы дефектов масс.

4 Покоящееся ядро ^{213}Po испустило α -частицу с кинетической энергией $T_\alpha = 8,34$ МэВ. При этом дочернее ядро оказалось непосредственно в основном состоянии. Найти полную энергию, освобождаемую в этом процессе. Какую долю этой энергии составляет кинетическая энергия дочернего ядра? Какова скорость отдачи дочернего ядра?

Вариант 7

1 Радионуклид ^{124}Sb образуется с постоянной скоростью $q = 1,0 \cdot 10^9$ ядро/с. С периодом полураспада $T = 60$ сут он превращается в стабильный нуклид ^{124}Te . Найти через сколько времени после начала образования активность ^{124}Sb станет $A = 3,7 \cdot 10^8$ Бк (10 мКи).

2 Радионуклид ^{118}Cd испытывает превращения по цепочке $^{118}\text{Cd} \xrightarrow{30 \text{ мин}} ^{118}\text{In} \xrightarrow{4,5 \text{ мин}} ^{118}\text{Sn}(\text{стабилен})$ (под стрелками указаны соответствующие периоды полураспада). Считая, что в момент $t = 0$ препарат содержал только Cd, найти какая часть ядер превратится в стабильные ядра через 60 мин.

3 Распад ядер ^{226}Th происходит из основного состояния и сопровождается испусканием α -частиц с энергией 6,33; 6,23; 6,10 и 6,03 МэВ. Рассчитать энергию возбужденных состояний дочернего ядра, в которые происходит распад. Учесть, что одна из энергий α -частицы соответствует переходу из основного в основное состояние.

4 Вычислить суммарную кинетическую энергию частиц, возникающих при β - распаде покоящегося нейтрона. Указание: расчет масс частиц проводить с помощью таблицы дефектов масс.

Вариант 8

1 Радионуклид ^{124}Sb образуется с постоянной скоростью $q = 1,0 \cdot 10^9$ ядро/с. С периодом полураспада $T = 60$ сут он превращается в стабильный нуклид ^{124}Te . Найти какая масса нуклида ^{124}Te накопится в препарате за четыре месяца после начала его образования.

2 Радионуклид ^{118}Cd испытывает превращения по цепочке $^{118}\text{Cd} \xrightarrow[30 \text{ мин}]{} ^{118}\text{In} \xrightarrow[4,5 \text{ мин}]{} ^{118}\text{Sn}(\text{стабилен})$ (под стрелками указаны соответствующие периоды полураспада). Считая, что в момент $t = 0$ препарат содержал только Cd, найти во сколько раз уменьшится активность препарата через 60 мин.

3 Ядро ^{32}P испытывает β -распад, в результате которого дочернее ядро оказывается непосредственно в основном состоянии. Определить максимальную кинетическую энергию β -частиц и соответствующую кинетическую энергию дочернего ядра. Указание: расчет масс частиц и энергии реакции проводить с помощью таблицы дефектов масс.

4 Ядра ^{210}Po испускают α -частицы с кинетической энергией $T = 5,30$ МэВ, причем практически все дочерние ядра образуются не посредственно в основном состоянии. Определить количество тепла, которое выделяет 10,0 мг препарата ^{210}Po за период, равный среднему времени жизни этих ядер.

Вариант 9

1 Радионуклид A_1 , образующийся с постоянной скоростью q ядро/с, испытывает цепочку превращений по схеме: $A_1 \xrightarrow{\lambda_1} A_2 \xrightarrow{\lambda_2} A_3$ (стабилен) (под стрелками указаны постоянные распада).

Найти закон накопления количества ядер A_1 , A_2 и A_3 с течением времени, полагая, что в начальный момент препарат их не содержал.

2 Радионуклид ^{27}Mg образуется с постоянной скоростью $q = 5,0 \cdot 10^{10}$ ядро/с. Определить количество ядер ^{27}Mg , которое накопится в препарате через промежуток времени значительно превосходящий его период полураспада.

3 При распаде ядер ^{212}Po испускаются четыре группы α -частиц: основная с энергией 8,780 МэВ и длиннопробежные с энергиями 9,492; 10,422 и 10,543 МэВ. Рассчитать энергии возбужденных состояний ядра ^{212}Po , если известно, что дочерние ядра во всех случаях возникают непосредственно в основном состоянии.

4 Зная массу дочернего нуклида и энергию β -распада Q , найти массу нуклида ^6He , испытывающего β^- -распад, $Q = 3,50$ МэВ. Указание: расчет масс частиц проводить с помощью таблицы дефектов масс.

Вариант 10

1 Радионуклид ^{138}Xe , образующийся с постоянной скоростью $q = 1,0 \cdot 10^{10}$ ядро/с, испытывает превращения по схеме $^{138}\text{Xe} \xrightarrow[17 \text{ мин}]{} ^{138}\text{Cs} \xrightarrow[32 \text{ мин}]{} ^{138}\text{Ba}$ (стабилен) (под стрелками указаны периоды полураспада). Вычислить суммарную активность данного препарата через 60 мин после начала накопления.

2 Радионуклид ^{27}Mg образуется с постоянной скоростью $q = 5,0 \cdot 10^{10}$ ядро/с. Определить количество ядер ^{27}Mg , которое накопится в препарате через промежуток времени равный периоду полураспада.

3 Вычислить максимальное значение импульса электронов, испускаемых ядрами ^{10}Be , если известно, что дочерние ядра оказываются непосредственно в основном состоянии. Указание: расчет масс частиц и энергии реакции проводить с помощью таблицы дефектов масс.

4 Ядра ^{210}Po испускают α -частицы с кинетической энергией $T = 5,30$ МэВ, причем практически все дочерние ядра образуются не посредственно в основном состоянии. Определить первоначальную активность препарата ^{210}Po , если за время, равное его периоду полураспада, препарат выделил 2,2 кДж тепла.

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
8	¹⁴ N	1	0,003074	99,63		—	
	¹⁵ N	1/2	0,000108	0,37		—	
	¹⁵ O	—	0,003072	—	β^+	2,1 мин	1,68
9	¹⁶ O	0	-0,005085	99,76		—	
	¹⁷ O	5/2	-0,000867	0,037		—	
	¹⁸ O	0	-0,000840	0,204		—	
10	¹⁸ F	—	0,000950	—	β^+	1,87 ч	0,649
	¹⁹ F	1/2	-0,001595	100		—	
	²⁰ F	—	-0,000015	—	β^-	12 μ	5,42
11	²⁰ Ne	0	-0,007560	90,52		—	
	²¹ Ne	—	-0,006151	0,26		—	
	²² Ne	0	-0,008616	8,82		—	
12	²² Na	3	-0,005565	—	β^+	2,6 года	0,540
	²³ Na	3/2	-0,010227	100		—	
	²⁴ Na	4	-0,009033	—	β^-	15 ч	1,39
13	²³ Mg	—	-0,005865	—	β^+	11 с	2,95
	²⁴ Mg	0	-0,014956	78,60		—	
	²⁵ Mg	5/2	-0,014160	10,11		—	
14	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
15	²⁷ Al	5/2	-0,018465	100		—	
	²⁸ Al	3	-0,018092	—	β^-	2,3 мин	2,86
	²⁸ Si	0	-0,023073	92,27		—	
16	²⁹ Si	1/2	-0,023509	4,68		—	
	³⁰ Si	0	-0,026239	3,05		—	
	³¹ Si	—	-0,024651	—	β^-	2,65 ч	1,47
17	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 $T_{\text{макс}}$, 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