

Время выполнения заданий – 240 минут  
Максимальное количество баллов – 100.

**Напоминание: вычисления в расчетных задачах необходимо вести с точностью приведенных в условии значений**

### Задача 1.

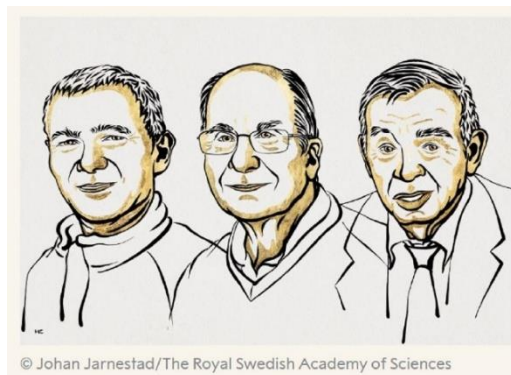
При обжиге в атмосфере кислорода неизвестного минерала **A** золотисто-жёлтого цвета массой 1,00 г в сухом остатке было обнаружено только одно вещество **B** массой 0,825 г (*реакция 1*). Выделившийся газ **C** объемом 245 мл (при н.у.) при пропускании через раствор перманганата калия способен его обесцветить (*реакция 2*). Вещество **B** способно растворяться как в разбавленной серной кислоте при нагревании (*реакция 3*), так и в горячей концентрированной щелочи (*реакция 4*). Также известно, что **B** является основным рудным источником для получения металла **X**. Так, чтобы получить 1,19 грамма **X**, необходимо взять 1,51 грамм вещества **A** и нагреть его с избытком угля (*реакция 5*).

1. Определите неизвестные вещества **A**, **B**, **C**, **X**.
2. Напишите уравнения реакций 1-5.
3. Как вы думаете, какое применение находит вещество **A**? Напишите одну область применения.

### Задача 2.

В 2023 году Нобелевская премия по химии была вручена “за открытие и синтез квантовых точек” Мунги Бавенди, Луису Брюсу и Алексею Екимову.

Квантовые точки представляют собой кристаллические полупроводниковые наночастицы. Из-за своего небольшого размера их оптические свойства во многом определяются квантовыми эффектами, и поэтому они сильно отличаются от макрокристаллических полупроводников. В частности, разница между энергетическими уровнями валентных электронов и электронов проводимости в квантовых точках отличается от ширины запрещенной зоны в объемном полупроводнике, и сильно зависит от размера частицы. Поэтому свойства квантовых точек можно менять, варьируя их размер.



Для получения наночастиц **A** пропускали ток бинарного газа **B** через разбавленный раствор ацетата **C** ( $\omega_{\text{металла}} = 35,52\%$ ). Для того чтобы предотвратить слипание частиц и образование крупнокристаллического осадка, в раствор соли добавляют поверхностно-активные вещества, например, олеиновую кислоту  $C_{18}H_{34}O_2$ .

1. Напишите вещества **A**, **B**, **C**, если известно, что массовая доля одного из двух элементов в **B** составляет 97,53%.
2. Напишите уравнение реакции получения наночастиц **A**. (Примечание: олеиновая кислота не входит в уравнение реакции).
3. При анализе этих квантовых точек их размер оказался равен 3,5 нм. Рассчитайте число наночастиц в полученном образце, если известно, что наночастицы представляют собой одинаковые идеальные сферы. А для синтеза был взят раствор ацетата металла **C** объемом 10 мл и концентрацией 0,1 М. Радиус одной “структурной единицы” вещества **A** примите за 0,24 нм. Объем шара:  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ .

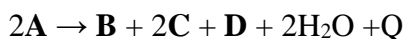
### Задача 3.

При нагревании белого вещества **X** до 150°C масса навески уменьшилась на 1,8 г. Полученный твердый остаток **Y** нагрели до 500°C при этом образовался оксид **Z** массой 2 г и эквимольная смесь газов **A** и **B** объемом 2,24 л. Также известно, что качественный состав газов **A** и **B** одинаков, а плотность газовой смеси равна 1,61 г/л (при н.у.).

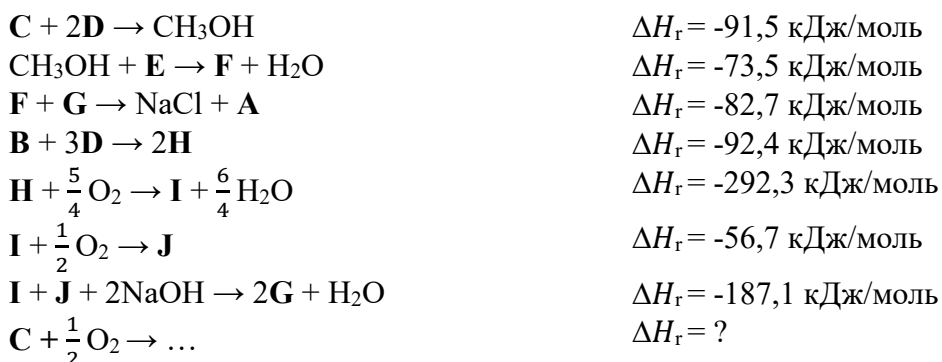
1. Определите газы **A** и **B**, если известно, что **B** тяжелее, чем **A**.
2. Определите вещества **X**, **Y**, **Z**.
3. Напишите уравнения реакций разложения при 150°C, а также при 500°C.
4. Как вы думаете, что будет происходить при разложении соли меди (II), содержащей такой же анион, как и **X**? Напишите, уравнение реакции.

### Задача 4.

**A** – удивительное соединение, так как оно может гореть и в отсутствие кислорода, благодаря данному свойству, оно активно используется в аэрокосмической отрасли. Этот процесс можно описать следующей реакцией:



Для получения вещества **A**, используют каскад нескольких реакций (все коэффициенты расставлены):



1. Определите **A-J**. Изобразите структуру **A**.
2. Определите  $\Delta H_f(\mathbf{H})$  и  $\Delta H_f(\mathbf{G})$ .
3. Определите, какое количество теплоты выделится при сгорании 3,66 г **A**.
4. Используя свои знания, определите, является ли последняя реакция экзотермической или эндотермической. Ответ объясните.
5. Напишите реакцию сгорания **A** в атмосфере кислорода.

Справочная информация:

В реакции получения **H** в качестве катализатора используется губчатое железо, а для получения **I** как катализатор можно использовать оксид хрома (III) или же платину.

$$\Delta H_f(\text{H}_2\text{O}) = -285,8 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_f(\text{NaCl}) = -411,1 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_f(\text{NaOH}) = -470,2 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H_f(\mathbf{E}) = -92,3 \text{ кДж/моль}$$

**Задача 5.**

Углерод является одним из основных элементов в составе биологических организмов и присутствует в земной атмосфере; существует в виде стабильных изотопов  $^{12}\text{C}$  (98,89%),  $^{13}\text{C}$  (1,11%) и радиоактивного  $^{14}\text{C}$  (в следовых количествах). Концентрация изотопа  $^{14}\text{C}$  в атмосферном воздухе (в составе  $\text{CO}_2$ ) последние несколько десятков тысяч лет постоянна и соответствует активности 15 Бк (распадов в секунду) на 100 граммов углерода. Постоянство концентрации вызвано тем, что он непрерывно образуется в верхних слоях атмосферы при столкновении нейтронов космического излучения с ядрами азота (*реакция 1*).

1. Рассчитайте мольное содержание  $^{14}\text{C}$  в природе, если известно, что его период полураспада составляет 5730 лет.

При фотосинтезе растения усваивают углекислый газ, содержащий радиоуглерод, затем он попадает и в организмы животных. В результате, активность углерода во всех живых организмах одинакова. Но как только организм погибает, он перестает усваивать радиоактивный углерод, а тот, который в нем уже есть, непрерывно распадается по бета-распаду (*реакция 2*). Если имеется материал растительного или животного происхождения, то, измеряя активность оставшегося радиоуглерода, можно установить возраст образца.

2. При археологических раскопках была обнаружена кость мамонта, содержание  $^{14}\text{C}$  в которой составляет 25% от нормального. Оцените возраст кости мамонта.

Однако метод радиоуглеродного датирования не подходит для анализа объектов старше 57300 лет (за это время проходит 10 периодов полураспада и активность изотопа углерода падает в 1024 раза). Поэтому для датирования более старых объектов необходимо использовать изотопы с большим периодом полураспада.

3. При образовании звездного скопления 47 Тукана соотношение изотопов составляло  $^{238}\text{U}/^{192}\text{Ir} = 0,050$ . А в настоящее время в самых старых звёздах этого скопления соотношение  $^{238}\text{U}/^{192}\text{Ir} = 0,00625$ . Период полураспада  $^{238}\text{U}$  составляет 4,47 млрд лет, а ядра иридия стабильны. Оцените возраст звездного скопления.
4. Напишите схемы реакций 1, 2.
5. В 1940–60-е годы концентрация углерода-14 резко возросла, поэтому для корректного определения возраста некоторых образцов пришлось вводить нормировочные поправки. Объясните, какие исторические события и каким образом повлияли на природное содержание изотопа углерода-14.

**ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА**

1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1																	2
	H 1,008																	He 4,0026
2	3	4													7	8	9	10
	Li 6,941	Be 9,0122													N 14,007	O 15,999	F 18,998	Ne 20,180
3	11	12													15	16	17	18
	Na 22,990	Mg 24,305													P 30,974	S 32,066	Cl 35,453	Ar 39,948
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	K 39,098	Ca 40,078	Sc 44,956	Ti 47,867	V 50,942	Cr 51,996	Mn 54,938	Fe 55,845	Co 58,933	Ni 58,693	Cu 63,546	Zn 65,39	Ga 69,723	Ge 72,61	As 74,922	Se 78,96	Br 79,904	Kr 83,80
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	Rb 85,468	Sr 87,62	Y 88,906	Zr 91,224	Nb 92,906	Mo 95,94	Tc 98,906	Ru 101,07	Rh 102,91	Pd 106,42	Ag 107,87	Cd 112,41	In 114,82	Sn 118,71	Sb 121,75	Te 127,60	I 126,91	Xe 131,29
6	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
	Cs 132,91	Ba 137,33	La 138,91	Hf 178,49	Ta 180,9	W 183,84	Re 186,21	Os 190,23	Ir 192,22	Pt 195,08	Au 196,97	Hg 200,59	Tl 204,38	Pb 207,20	Bi 208,98	Po [209]	At [210]	Rn [222]
7	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
	Fr [223]	Ra [226]	Ac [227]	Rf [265]	Db [268]	Sg [271]	Bh [270]	Hs [277]	Mt [276]	Ds [281]	Rg [280]	Cn [285]	Nh [284]	Fl [289]	Mc [288]	Lv [293]	Ts [294]	Og [294]

*	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	Ce 140,12	Pr 140,91	Nd 144,24	Pm [145]	Sm 150,36	Eu 151,96	Gd 157,25	Tb 158,93	Dy 162,50	Ho 164,93	Er 167,26	Tm 168,93	Yb 173,04	Lu 174,97
**	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Th 232,04	Pa 231,04	U 238,029	Np [237]	Pu [242]	Am [243]	Cm [247]	Bk [247]	Cf [251]	Es [252]	Fm [257]	Md [258]	No [259]	Lr [262]

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕННЫХ МЕТАЛЛОВ

Li, Rb, K, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Be, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Pb, (H), Bi, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au

### РАСТВОРИМОСТЬ СОЛЕЙ, КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

анион катион	OH <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
H <sup>+</sup>		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P
Li <sup>+</sup>	P	P	M	P	P	P	P	P	P	M	P	M	P	P
Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Ag <sup>+</sup>	-	P	P	H	H	H	H	H	M	H	-	H	P	H
Mg <sup>2+</sup>	H	P	H	P	P	P	-	M	P	M	M	H	P	M
Ca <sup>2+</sup>	M	P	H	P	P	P	-	H	M	H	H	H	P	H
Ba <sup>2+</sup>	P	P	M	P	P	P	P	H	H	H	H	H	P	H
Mn <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P	M
Fe <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	-	H	P	M
Co <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	-	H	P	H
Cu <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	-	H	-	P	-	-	H	P	H
Zn <sup>2+</sup>	H	P	H	P	P	P	H	H	P	H	-	H	P	H
Pb <sup>2+</sup>	H	P	M	M	M	M	H	H	H	H	H	H	P	H
Hg <sup>2+</sup>	-	P	-	P	M	H	H	-	P	-	-	-	P	H
Fe <sup>3+</sup>	H	P	P	P	P	-	-	-	P	-	-	H	P	-
Al <sup>3+</sup>	H	P	P	P	P	P	-	-	P	-	-	H	P	H
Cr <sup>3+</sup>	H	P	P	P	P	P	-	-	P	-	-	H	P	-

**P:** растворимо, **M:** малорастворимо (< 0,1 М), **H:** нерастворимо (< 10<sup>-3</sup> М), **-:** не образуется в водном растворе либо данные отсутствуют