

Приступая к выполнению заданий, вы подтверждаете, что профиль и класс в заданиях соответствует сведениям, указанным вами при регистрации.

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

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

Задача 1. Анализ сплава

Для анализа сплава, содержащего алюминий, железо и никель, взяли навеску неизвестной массы. В первую очередь, навеску обработали избытком концентрированного водного раствора КОН при нагревании (*реакция 1*). Выделилось 18,7 л водорода (н.у.). Не растворившийся твёрдый остаток отфильтровали, промыли водой и высушили до постоянной массы, масса остатка составила 35,0 г.

Затем, навеску сплава с такой же массой полностью растворили в избытке горячей концентрированной азотной кислоты (*реакции 2-4*). Получили раствор жёлто-зелёного цвета. К полученному раствору добавили избыток концентрированного раствора КОН (*реакции 5-7*). Осадок отфильтровали, промыли и высушили до постоянной массы, масса осадка составила 63,6 г.

- 1) Определите массу навески.
- 2) Определите массовую долю алюминия в сплаве.
- 3) Определите массовые доли железа и никеля в сплаве.
- 4) Напишите уравнения реакций 1-7.

Задача 2. Грязные колбы

Часто в лаборатории после синтеза возникает задача отмыть реакционный сосуд от остатков проведенного эксперимента. Если не удастся отмыть колбу стандартными способами (промывание водой, механическая очистка), то химики используют смесь “пиранью”. Она практически гарантированно позволяет очистить необходимую поверхность от загрязнений.



Для приготовления “пираньи” лаборант взял два очень сильных окислителя – 20 мл 98% раствора H_2SO_4 с плотностью $1,84 \text{ г/см}^3$ и X мл 30%-ной перекиси водорода с плотностью $1,11 \text{ г/см}^3$. При этом происходит образование кислоты Каро H_2SO_5 .

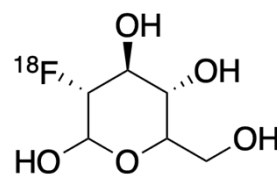
- 1) Определите объем взятой перекиси водорода, если известно, что в полученном растворе отношение количества атомов кислорода к количеству атомов серы равно 14.
- 2) Какой порядок действий будет верным с точки зрения техники безопасности: прилить серную кислоту к пероксиду водорода или пероксид водорода к серной кислоте? Аргументируйте свой ответ.
- 3) Верно приготовив смесь, лаборант решил отмыть свои колбы. Запишите уравнения реакции, происходящие при взаимодействии “пираньи” с углеродом, глюкозой ($C_6H_{12}O_6$) и сульфидом железа (II).
- 4) Основной недостаток такой очищающей смеси – необходимость ее использования только в свежеприготовленном виде. Объясните почему по прошествии времени эта смесь теряет свою активность.

Задача 3. Радиофтор-18

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) – это радионуклидный томографический метод диагностики, который позволяет исследовать внутренние органы человека. В ПЭТ одним из самых популярных изотопов является ^{18}F . Его получают на циклотроне, облучая обогащенную тяжелую воду $H_2^{18}O$ протонами.

- 1) Запишите уравнение реакции получения фтора-18.
- 2) Рассчитайте дефект массы реакции (в г/моль) при образовании ^{18}F .
- 3) Определите энергию, выделяющуюся или поглощающуюся при этом (в Дж/моль). Сколько тонн бензина необходимо сжечь для того, чтобы компенсировать такое количество энергии?

В ходе синтеза радиофармпрепарата (фтордезоксиглюкозы, $C_6H_{11}^{18}FO_5$), был получен водный раствор массой 100 грамм с массовой долей препарата 1%, активность полученного препарата составила $4 \cdot 10^8$ Бк (1 Бк = 1 распад в 1 секунду).



фтордезоксиглюкоза

- 4) Рассчитайте, какая атомная доля ^{18}F в полученном образце фтордезоксиглюкозы (среди всех атомов фтора).
- 5) Рассчитайте, какая активность препарата будет перед введением пациенту, если после синтеза 55 минут ушло на транспортировку препарата от циклотрона до клиники?
- 6) Какая доля радиоактивных атомов (от изначальной) останется в пациенте спустя 11 часов после синтеза?

Справочная информация:

Период полураспада ^{18}F = 110 минут

Частица	Масса
^{18}O	17,999159 г/моль
^{18}F	18,000938 г/моль
p	1,007276 г/моль
n	1,008664 г/моль
e	0,000548 г/моль

$E = mc^2$, где E – энергия, m – масса, c – скорость света в вакууме ($3 \cdot 10^8$ м/с).

Скорость радиоактивного распада описывается уравнением реакции 1-го порядка:

$\frac{\Delta N}{\Delta T} = kN$, где ΔN – количество распавшегося изотопа, ΔT – прошедшее время, N – исходное количество изотопа, k – константа радиоактивного распада, которую можно посчитать, используя формулу: $t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$.

Теплота сгорания бензина (C_8H_{18}) = 44 МДж/кг.

Задача 4. Как часто вы думаете о Римской Империи?

По одной из исторических версий повсеместное использование материалов и предметов, сделанных из простого вещества **X** является причиной гибели древнеримской цивилизации. Так, древние римляне использовали водопроводные трубы и кухонную утварь, содержащие **X**.

На воздухе данное простое вещество тускнеет и покрывается тонкой пленкой оксида **A** ($\omega(\text{O}) = 7,17\%$) (**реакция 1**). При комнатной температуре **X** довольно инертен по отношению к соляной и серной кислотам, так как покрывается защитной плёнкой из нерастворимой соли, однако легко реагирует на воздухе даже со слабой уксусной кислотой (**реакция 2**). Получаемое вещество **B** еще иногда называется “_____ сахаром”, за его сладкий вкус.

Соединения **X** часто используются в изобразительном искусстве, так, например соединение **C** используется в качестве красного пигмента, а **D** в качестве белого пигмента. При нагревании **C** способно разлагаться (**реакция 3**), при этом потеря массы составляет 2,33%, а в сухом остатке остается только вещество **A**. Из-за своего белоснежного цвета **D** входит в состав белых красок, однако со временем краски начинают темнеть и впоследствии белая краска превращается в черную, а всему виной соединение **E**, которое образуется при реакции газа с неприятным запахом **F** и вещества **D** (**реакция 4**). Для восстановления белого цвета краски потемневшие произведения искусства обрабатывают водным раствором вещества **G** (**реакция 5**). Про жидкость **G** дополнительно известно, что она способна разлагаться, образуя среди продуктов только воду и кислород (**реакция 6**).

- 1) Определите вещества **A-G** и **X**. Подтвердите ваш ответ расчетами.
- 2) Напишите уравнения *реакций 1-6*.
- 3) На картине содержится около 0,5 г потемневшей краски (соединения **E**).
Найдите минимальную массу 3%-ного раствора **G**, необходимого для обеления краски, если считать, что *реакция 5* протекает с выходом 20%.
- 4) Почему использование в быту **X** могло являться причиной гибели древнеримской цивилизации?

Задача 5. Растворение шара

Вася решил стать химиком. В качестве своего первого эксперимента он решил исследовать красивое папино пресс-папье синего цвета в виде шара из азурита диаметром 10 см.

Сначала он положил шар в воду. Шар в воде растворяться не пожелал, зато крайне быстро утонул. «Ага, да он плотнее воды!» - понял Вася. Затем Вася решил определить его плотность. Взвесив шар на домашних весах, он выяснил, что пресс-папье весит ровно 2,00 кг. Мерного стакана для определения объема Вася не нашёл, поэтому с определением плотности у него не заладилось. Тогда он решил положить пресс-папье в стакан с



уксусом и увидел выделение пузырьков газа без цвета и запаха. «Ага, нужно измерить объем газа!» - подумал Вася и натянул на стакан воздушный шар. За первые 5 минут радиус пресс-папье уменьшился на 20%. Вася рассчитывал, что за следующие 5 минут радиус уменьшится на 20% от оставшегося, но он опять уменьшился на 1 см. Тогда Вася понял, что скоро от шара вообще ничего не останется и скорее вытащил его из уксуса. Его радиус к этому моменту уменьшился вдвое относительно изначального. Оставшийся шарик Вася решил прокалить. При нагревании тот сначала позеленел, а потом начал рассыпаться чёрным порошком. Если бы Вася не растерялся, он бы узнал, что масса оставшегося после прокаливания порошка составила 173,2 г, а объем выделившегося на первой стадии газа после приведения к нормальным условиям составил бы 226,6 л. Вася всё-таки залез в энциклопедию и узнал, что азурит можно представить в виде смеси средней соли и гидроксида одного и того же металла.

- 1) Определите плотность азурита в г/см³.

Дополнительно известно, что объем шара $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

- 2) Почему скорость уменьшения радиуса шара не замедлялась с ходом реакции?
- 3) Рассчитайте брутто-формулу азурита. Запишите уравнения всех упомянутых реакций. Подтвердите ваш ответ расчетами.

- 4) Какое зелёное соединение образуется в начале прокаливания? Запишите его формулу.
- 5) При прокаливании в избытке СО из данного соединения образуется оранжевый порошок. Запишите уравнение протекающей реакции.

Задача 6. Дожди

Весной в городе N после дождей стали заметно быстрее разрушаться известняковые барельефы, сделанные из карбоната кальция: поверхность местами стала рыхлой, появились тёмные корки и белые кристаллические налёты. По данным мониторинга метеорологической службы средний pH дождя понизился до 4,2.

- 1) Как вы думаете, какой в норме должен быть показатель pH дождя? Укажите приблизительный аргументированный диапазон.
- 2) В чем причина разрушения известковых барельефов? Перечислите основные вещества, которые приводят к данному явлению (не менее трех).
- 3) Укажите процессы и уравнения реакций, которые приводят к образованию этих веществ.
- 4) Предложите не менее 2 химических способов защитить поверхность барельефов от таких разрушений.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

	1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 1,008																		2 He 4,0026
2	3 Li 6,941	4 Be 9,0122												5 B 10,811	6 C 12,011	7 N 14,007	8 O 15,999	9 F 18,998	10 Ne 20,180
3	11 Na 22,990	12 Mg 24,305												13 Al 26,982	14 Si 28,086	15 P 30,974	16 S 32,066	17 Cl 35,453	18 Ar 39,948
4	19 K 39,098	20 Ca 40,078	21 Sc 44,956		22 Ti 47,867	23 V 50,942	24 Cr 51,996	25 Mn 54,938	26 Fe 55,845	27 Co 58,933	28 Ni 58,693	29 Cu 63,546	30 Zn 65,39	31 Ga 69,723	32 Ge 72,61	33 As 74,922	34 Se 78,96	35 Br 79,904	36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,468	38 Sr 87,62	39 Y 88,906		40 Zr 91,224	41 Nb 92,906	42 Mo 95,94	43 Tc 98,906	44 Ru 101,07	45 Rh 102,91	46 Pd 106,42	47 Ag 107,87	48 Cd 112,41	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 I 126,91	54 Xe 131,29
6	55 Cs 132,91	56 Ba 137,33	57 La 138,91	*	72 Hf 178,49	73 Ta 180,9	74 W 183,84	75 Re 186,21	76 Os 190,23	77 Ir 192,22	78 Pt 195,08	79 Au 196,97	80 Hg 200,59	81 Tl 204,38	82 Pb 207,20	83 Bi 208,98	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89 Ac [227]	**	104 Rf [265]	105 Db [268]	106 Sg [271]	107 Bh [270]	108 Hs [277]	109 Mt [276]	110 Ds [281]	111 Rg [280]	112 Cn [285]	113 Nh [284]	114 Fl [289]	115 Mc [288]	116 Lv [293]	117 Ts [294]	118 Og [294]

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

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ 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 ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	S ²⁻	SO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HPO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	CH ₃ COO ⁻	C ₂ O ₄ ²⁻
H ⁺		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
NH ₄ ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P	P
Li ⁺	P	P	M	P	P	P	P	P	P	M	P	M	P	P
Na ⁺ , K ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Ag ⁺	–	P	P	H	H	H	H	H	M	H	–	H	P	H
Mg ²⁺	H	P	H	P	P	P	–	M	P	M	M	H	P	M
Ca ²⁺	M	P	H	P	P	P	–	H	M	H	H	H	P	H
Ba ²⁺	P	P	M	P	P	P	P	H	H	H	H	H	P	H
Mn ²⁺	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P	M
Fe ²⁺	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P	M
Co ²⁺	H	P	P	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P	H
Cu ²⁺	H	P	P	P	P	–	H	–	P	–	–	H	P	H
Zn ²⁺	H	P	H	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P	H
Pb ²⁺	H	P	M	M	M	M	H	H	H	H	H	H	P	H
Hg ²⁺	–	P	–	P	M	H	H	–	P	–	–	–	P	H
Fe ³⁺	H	P	P	P	P	–	–	–	P	–	–	H	P	–
Al ³⁺	H	P	P	P	P	P	–	–	P	–	–	H	P	H
Cr ³⁺	H	P	P	P	P	P	–	–	P	–	–	H	P	–

Р: растворимо, **М:** малорастворимо (< 0,1 М), **Н:** нерастворимо (< 10⁻³ М), **–:** не образуется в водном растворе либо данные отсутствуют