



Президентская олимпиада
Региональный этап (2022-2023).
Официальный комплект решений по химии.

Содержание

Периодическая таблица	3
Задача №1. Первый блок (10 баллов) (40%)	4
Задача №2. Второй блок (10 баллов) (40%)	7
Задача №3. Третий блок (5 баллов) (20%)	10

Региональный этап президентской олимпиады 2022-2023.

1																18	
¹ H 1.008	2											13	14	15	16	17	² He 4.003
³ Li 6.94	⁴ Be 9.01											⁵ B 10.81	⁶ C 12.01	⁷ N 14.01	⁸ O 16.00	⁹ F 19.00	¹⁰ Ne 20.18
¹¹ Na 22.99	¹² Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	¹³ Al 26.98	¹⁴ Si 28.09	¹⁵ P 30.97	¹⁶ S 32.06	¹⁷ Cl 35.45	¹⁸ Ar 39.95
¹⁹ K 39.10	²⁰ Ca 40.08	²¹ Sc 44.96	²² Ti 47.87	²³ V 50.94	²⁴ Cr 52.00	²⁵ Mn 54.94	²⁶ Fe 55.85	²⁷ Co 58.93	²⁸ Ni 58.69	²⁹ Cu 63.55	³⁰ Zn 65.38	³¹ Ga 69.72	³² Ge 72.63	³³ As 74.92	³⁴ Se 78.97	³⁵ Br 79.90	³⁶ Kr 83.80
³⁷ Rb 85.47	³⁸ Sr 87.62	³⁹ Y 88.91	⁴⁰ Zr 91.22	⁴¹ Nb 92.91	⁴² Mo 95.95	⁴³ Tc -	⁴⁴ Ru 101.1	⁴⁵ Rh 102.9	⁴⁶ Pd 106.4	⁴⁷ Ag 107.9	⁴⁸ Cd 112.4	⁴⁹ In 114.8	⁵⁰ Sn 118.7	⁵¹ Sb 121.8	⁵² Te 127.6	⁵³ I 126.9	⁵⁴ Xe 131.3
⁵⁵ Cs 132.9	⁵⁶ Ba 137.3	57- 71	⁷² Hf 178.5	⁷³ Ta 180.9	⁷⁴ W 183.8	⁷⁵ Re 186.2	⁷⁶ Os 190.2	⁷⁷ Ir 192.2	⁷⁸ Pt 195.1	⁷⁹ Au 197.0	⁸⁰ Hg 200.6	⁸¹ Tl 204.4	⁸² Pb 207.2	⁸³ Bi 209.0	⁸⁴ Po -	⁸⁵ At -	⁸⁶ Rn -
⁸⁷ Fr -	⁸⁸ Ra -	89- 103	¹⁰⁴ Rf -	¹⁰⁵ Db -	¹⁰⁶ Sg -	¹⁰⁷ Bh -	¹⁰⁸ Hs -	¹⁰⁹ Mt -	¹¹⁰ Ds -	¹¹¹ Rg -	¹¹² Cn -	¹¹³ Nh -	¹¹⁴ Fl -	¹¹⁵ Mc -	¹¹⁶ Lv -	¹¹⁷ Ts -	¹¹⁸ Og -

⁵⁷ La 138.9	⁵⁸ Ce 140.1	⁵⁹ Pr 140.9	⁶⁰ Nd 144.2	⁶¹ Pm -	⁶² Sm 150.4	⁶³ Eu 152.0	⁶⁴ Gd 157.3	⁶⁵ Tb 158.9	⁶⁶ Dy 162.5	⁶⁷ Ho 164.9	⁶⁸ Er 167.3	⁶⁹ Tm 168.9	⁷⁰ Yb 173.0	⁷¹ Lu 175.0
⁸⁹ Ac -	⁹⁰ Th 232.0	⁹¹ Pa 231.0	⁹² U 238.0	⁹³ Np -	⁹⁴ Pu -	⁹⁵ Am -	⁹⁶ Cm -	⁹⁷ Bk -	⁹⁸ Cf -	⁹⁹ Es -	¹⁰⁰ Fm -	¹⁰¹ Md -	¹⁰² No -	¹⁰³ Lr -

Задача №1. Первый блок (10 баллов)

Каждый вопрос	Всего	Вес(%)
1	10	40

Вопросы первого блока имеют лишь один правильный вариант ответа.

1. Какая частица выделяется при α -распаде?

- (a) ${}^4_2\text{He}$
- (b) e^-
- (c) p^+
- (d) ${}^1_1\text{H}$

Ответ: **a**. По определению, α -распад — это распад, в котором выделяется ядро атома гелия, α -частица.

2. Назовите тип связи в молекуле H–Br.

- (a) Ковалентная неполярная
- (b) Ковалентная полярная
- (c) Ионная
- (d) Атомная

Ответ: **b**. Электроотрицательность атома водорода значительно меньше электроотрицательности атома брома, но при этом они не достаточно сильно отличаются для того, чтобы связь можно было считать ионной, поэтому в данном случае связь **ковалентная полярная**.

3. Выберите общую формулу спиртов.

- (a) R–CHO
- (b) R–COOH
- (c) R–OH
- (d) R–O–R

Ответ: **c**. В органической химии спиртами называют молекулы, в которых есть гидроксильная группа, –OH (напрямую соединенная с углеродной цепью, которая не содержит никаких атомов, кроме атомов углерода и водорода). В варианте **a** указана альдегидная группа, –C(O)–H. В варианте **b** указана карбоксильная группа, –C(O)–OH (здесь OH соединена с цепью, в которой есть другие атомы, помимо атомов углерода и водорода). В варианте **d** указана эфирная связь.

4. Выберите вариант, в котором все соединения относятся к одному классу неорганических веществ (соли, кислоты, основания).

- (a) NaOH, KOH, KBr
- (b) HBr, HNaO, H₂SO₄
- (c) NaBr, K₂SO₄, Ca(OH)₂
- (d) Ca₃(PO₄)₂, CuSO₄, NaCl

Ответ: **d**. В варианте **a** первые два соединения — щелочи, а третье — соль. В варианте **b** первое и третье соединения — кислоты, а второе — щелочь (NaOH). В варианте **c** первые два соединения — соли, а третье — щелочь. Только в варианте **d** все соединения относятся к одному классу — соли.

5. Выберите газ, у которого плотность по водороду выше 14.

- (a) O₂
- (b) CH₄
- (c) N₂
- (d) CO

Ответ: **a**. Относительная плотность по водороду высчитывается по формуле: $D = \frac{M_{\text{газ}}}{M_{\text{H}_2}}$. Данное нам условие: $D > 14 \implies \frac{M_{\text{газ}}}{M_{\text{H}_2}} > 14 \implies M_{\text{газ}} > 28 \text{ г моль}^{-1}$ (заметьте, что неравенство строгое). Рассчитав молярные массы газов из предложенных вариантов, становится понятно, что подходит только вариант **a**.

6. Гидроксид натрия и фосфорная кислота реагируют согласно уравнению: $2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$. Если было взято 30 г NaOH и 49 г H₂SO₄, то какое вещество будет в избытке?

- (a) NaOH
- (b) H₂SO₄
- (c) Na₂SO₄
- (d) H₂O

Ответ: **b**. Для начала надо посчитать количества обоих реагентов. $n_{\text{NaOH}} = \frac{30 \text{ г}}{40 \text{ г моль}^{-1}} = 0.75 \text{ моль}$, $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{49 \text{ г}}{98 \text{ г моль}^{-1}} = 0.5 \text{ моль}$. По уравнению реакции, NaOH должно быть в 2 раза больше, чем H₂SO₄. В нашем случае количество NaOH больше, чем H₂SO₄ в $0.75/0.5 = 1.5$ раза. Поскольку $1.5 < 2$, NaOH в недостатке; значит, H₂SO₄ останется в избытке после реакции. Варианты **c** и **d** не имеют смысла, потому что избытком называется количество **реагента**, которое осталось после реакции, не вступив в нее.

7. При сгорании одного моль этанола (C_2H_5OH) выделяется 1367 кДж энергии. Сколько энергии выделится при сгорании 2.65 моль этанола?

- (a) 3622.6 Дж
- (b) 3622.6 кДж
- (c) 515.8 Дж
- (d) 515.8 кДж

Ответ: **b**. Решить эту задачу можно простой пропорцией:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ моль} - 1367 \text{ кДж} \\ 2.65 \text{ моль} - x \text{ кДж} \\ \hline x = 2.65 \times 1357 \approx 3622.6 \end{array}$$

8. При реагировании 1 моль ионов H^+ и 1 моль ионов OH^- выделяется 57.6 кДж энергии. Посчитайте, сколько энергии должно выделиться в случае из вопроса 6.

- (a) 14.4 кДж
- (b) 28.8 кДж
- (c) 72.0 кДж
- (d) 43.2 кДж

Ответ: **d**. Расчет надо проводить по реагенту, который в недостатке. В вопросе 6 в недостатке $NaOH$ и его количество — 0.75 моль. Количество $NaOH$ равно количеству ионов OH^- , которые вступили в реакцию, поэтому должно выделиться $0.75 \text{ моль} \cdot 57.6 \text{ кДж моль}^{-1} = 43.2 \text{ кДж энергии}$.

9. Выберите соединение, у которого самая низкая температура кипения.

- (a) $CH_3CH(Cl)CH_2CH_2CH_3$
- (b) $CH_3CH(Cl)CH_2CH_2CH_2OH$
- (c) $HOCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2OH$
- (d) $HOCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2Cl$

Ответ: **a**. Наименьшую температуру кипения будет иметь соединение с наиболее слабыми межмолекулярными взаимодействиями. Отпадают варианты **c** и **d**, потому что они самые большие (самые сильные дисперсионные силы), в них есть легко поляризуемые группы ($-OH$, $-Cl$, сильные дипольные взаимодействия) и в них есть водородные связи за счет OH -групп. Единственное различие между вариантами **a** и **b** — в варианте **b** есть OH -группа, благодаря которой эта молекула может образовывать сильные водородные связи. Поэтому, самые слабые межмолекулярные взаимодействия в молекуле из варианта **a**.

10. Раствор гидроксида бария ($\text{Ba}(\text{OH})_2$) оставили в открытой посуде в комнате. Через некоторое время раствор помутнел. Почему это произошло?

- (a) Гидроксид бария реагировал с O_2 в воздухе
- (b) Гидроксид бария медленно разлагался, образуя суспензию белого оксида бария BaO
- (c) Гидроксид бария реагировал с CO_2 в воздухе
- (d) Гидроксид бария реагировал с N_2 в воздухе

Ответ: **с**. Ключевой момент — раствор оставили в **открытой** посуде. Гидроксид бария не достаточно нестабильный, поэтому он не будет разлагаться. Среди молекул в воздухе гидроксид бария способен прореагировать только с углекислым газом, образуя белый карбонат бария, который и является причиной помутнения раствора, $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Задача №2. Второй блок (10 баллов)

Каждый вопрос	Всего	Вес(%)
2	10	40

Вопросы второго блока могут иметь один или несколько правильных вариантов ответа. Баллы за каждый вопрос засчитываются лишь при выборе всех правильных ответов, соответственно частичные баллы для этого типа вопросов не предусмотрены.

1. Выберите вещества, чье взаимодействие с реактивом Толленса $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ протекает с образованием серебряного зеркала:
 - (a) HCOOH
 - (b) CH_3CHO
 - (c) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
 - (d) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$
 - (e) CH_3COOH

Ответ: **a,b,d**. Реакция серебряного зеркала (взаимодействие с реактивом Толленса) --- это качественная реакция на альдегидную группу $-\text{CHO}$. Ее присутствие очевидно в ацетальдегиде CH_3CHO и бензальдегиде $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$. Помимо этого, она находится еще и в муравьиной кислоте HCOOH (к углероду присоединены водород и кислород, что и образует альдегидную группу). В этаноле и уксусной кислоте же группы $-\text{CHO}$ нет. Таким образом, верные ответы --- А, Б и Г.

2. Соотнесите формулы газов с их описаниями:

(a) NO ₂	(1) Токсичный газ, легче воздуха
(b) H ₂ S	(2) Бесцветный газ с характерным запахом тухлых яиц
(c) SO ₂	(3) Токсичный газ бурого цвета, обесцвечивается при охлаждении
(d) CO ₂	(4) 10%-ый водный раствор этого газа применяется в медицине
(e) NH ₃	(5) Бесцветный газ с запахом загорающейся спички
(f) CO	(6) Один из основных парниковых газов

Ответ: **a3, b2, c5, d6, e4, f1**. А) NO₂, так же называемый "лисий хвостом", имеет бурый цвет; при охлаждении же этот газ димеризуется с образованием бесцветного N₂O₄.

Б) Сероводород H₂S является источником запаха тухлых яиц и мяса, образуясь при распаде серосодержащих белков.

В) Головки спичек содержат серу. При ее сгорании образуется SO₂, который мы и считаем запахом загорающейся спички.

Г) Углекислый газ является вторым по вкладу в парниковый эффект (первый --- водяной пар). Происходит это ввиду его концентрации в воздухе: остальные газы, которые могли бы влиять на парниковый эффект, имеют слишком низкие концентрации.

Д) 10% водный раствор аммиака --- это нашатырный спирт, который активно используют для выведения из обморочного состояния, причем не только в медицине, но и в быту. Помимо этого он имеет антисептическое действие, а также применяется для индукции рвоты и при укусах насекомых.

Е) Угарный газ --- токсичное вещество: при попадании в организм он взаимодействует с гемоглобином, тем самым препятствуя связыванию этого белка с кислородом, что в свою очередь вызывает кислородное голодание. Молярная масса CO равна 28 г/моль, что меньше средней молярной массы воздуха (29 г/моль).

3. Расположите следующие соединения в порядке увеличения количества электронов:

- (a) C₆H₅COOH
- (b) Ca₃(PO₄)₂
- (c) KMnO₄
- (d) Na[Al(OH)₄]
- (e) CuSO₄ · 5 H₂O
- (f) (NH₄)₂Cr₂O₇

Ответ: **d < a < c < f < e < b**. Посчитаем количество электронов в каждом веществе. Число электронов одного атома равно его порядковому номеру в таблице Менделеева:

- 1) $6 \cdot 6 + 5 \cdot 1 + 6 + 8 \cdot 2 + 1 = 64$
- 2) $20 \cdot 3 + (15 + 8 \cdot 4) \cdot 2 = 154$
- 3) $19 + 25 + 8 \cdot 4 = 76$
- 4) $11 + 13 + (8 + 1) \cdot 4 = 60$
- 5) $29 + 16 + 8 \cdot 4 + 5 \cdot (1 \cdot 2 + 8) = 127$
- 6) $(7 + 4 \cdot 1) \cdot 2 + 24 \cdot 2 + 8 \cdot 7 = 126$

Располагаем в порядке увеличения: 60, 64, 76, 126, 127, 154, т.е. ответ --- 413652

4. Сопоставьте вещества и окраску индикатора метилоранжа в водных растворах данных соединений:

(a) FeSO_4	(1) Красный/розовый
(b) MgCl_2	(2) Оранжевый
(c) KNO_3	(3) Жёлтый
(d) Li_2CO_3	
(e) HBr	
(f) NaOH	

Ответ: 1 - a, b, e; 2 - c; 3 - d, f. Метилоранж имеет красную окраску в кислотной среде, оранжевую в нейтральной и желтую в щелочной. Следовательно, HBr даст красный цвет (1), а NaOH - желтый (3). При растворении некоторых солей в воде протекает гидролиз, меняя среду раствора. Если вещество образовано сильной кислотой и слабым основанием, то получается слабокислая среда и, следовательно, красный цвет. Если же слабой кислотой и сильным основанием, то слабощелочная среда и желтый цвет. К первым относятся FeSO_4 и MgCl_2 (т.е. выбираем ответ "1"), ко вторым Li_2CO_3 (3). Остается KNO_3 . Он образован сильной кислотой и сильным основанием -- такие соли не подвергаются гидролизу, среда остается нейтральной, а цвет индикатора, соответственно, оранжевым, т.е. ответ "2".

5. Выберите все правильные утверждения:

- (a) При понижении давления равновесие системы $2 \text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{Cl}_2$ сдвигается вправо
- (b) При введении азота в систему $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NO}$ равновесие смещается в сторону реагентов
- (c) При повышении температуры равновесие в системе $2 \text{CO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{CO}_2 + Q$ сдвигается влево
- (d) При введении катализатора в систему $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{Fe} + 3 \text{H}_2\text{O}$ равновесие сдвигается в сторону продуктов
- (e) При повышении давления равновесие в системе $\text{C} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2 \text{CO}$ смещается влево

Ответ: с, е. 1) При понижении давления равновесие смещается в сторону реакции, ведущей к увеличению объема. В приведенной реакции объем не изменяется, следовательно, равновесие не смещается ни в какую сторону.

2) При введении в систему реагента равновесие смещается в сторону образования продуктов, а не реагентов, как сказано в утверждении, а значит, оно ложное.

3) При повышении температуры равновесие сдвигается в сторону эндотермической реакции -- в данном случае эндотермической реакцией является обратная, равновесие действительно смещается влево.

4) Катализатор не влияет на смещение равновесия.

5) При повышении давления равновесие сдвигается в сторону реакции, ведущей к уменьшению объема. В данном случае слева находится 1 моль газа, а справа 2, т.е. объем уменьшается при протекании обратной реакции, и данное высказывание истинное.

Задача №3. Третий блок (5 баллов)

3.1	3.2	3.3	3.4	Всего	Вес(%)
1	2	1	1	5	20

Учтите что при решении задачи третьего блока ответ без расчётов или краткого пояснения не засчитывается.

В повседневной жизни, мы настолько часто имеем дело с растворами, что привыкли к тому, что они чаще всего ассоциируются с водой. Раствор соли для промывания носа при простуде, раствор соды, используемый для выпечки в качестве разрыхлителя теста, и раствор для мытья окон - все они содержат в себе воду как растворитель. Но не смотря на это, химики не редко встречаются со множеством безводных растворов, например с раствором серного ангидрида (SO_3) в серной кислоте (H_2SO_4), более известным как олеум.

1. Какую массу 40%-го водного раствора серной кислоты необходимо смешать с 80 г 60%-го раствора этой же кислоты, чтобы приготовить 50%-ный раствор?

3.1 (1 балл)

Обозначим массу 40%-го раствора кислоты за x г. В таком случае масса конечного раствора составит $x + 80$ г, а конечная масса кислоты составит $0.4x + 80 \cdot 0.6 = 0.4x + 48$ г. Поскольку массовая доля кислоты в конечном растворе составляет 50%, можно составить следующее уравнение с одним неизвестным:

$$\frac{0.4x + 48}{x + 80} = 0.5$$

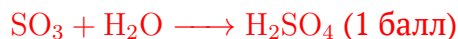
Решая это уравнение, получаем значение $x = 80$ г (1 балл)

2. Определите, какие растворы образуются при смешении олеума и водного раствора серной кислоты, если:

- (а) количество молей $\text{H}_2\text{O} <$ количество молей SO_3
- (б) количество молей $\text{H}_2\text{O} >$ количество молей SO_3

3.2 (2 балла)

При смешении олеума и водного раствора серной кислоты протекает следующая реакция:



а) Если $n(\text{SO}_3) > n(\text{H}_2\text{O})$, то вода находится в недостатке. Значит после протекания реакции в конечном растворе останется избыточное количество SO_3 . Следовательно, конечный раствор будет представлять собой олеум (0.5 балла)

б) Если $n(\text{SO}_3) < n(\text{H}_2\text{O})$, то серный ангидрид находится в недостатке. Значит после протекания реакции в конечном растворе останется избыточное количество H_2O . Следовательно, конечный раствор будет представлять собой водный раствор серной кислоты (0.5 балла)

3. Что произойдёт с полным химическим стаканом олеума при длительном стоянии на открытом воздухе?

3.3 (1 балл)

Скорее всего, раствор олеума будет поглощать воду, что может привести к следующим последствиям:

1. По мере поглощения влаги из воздуха масса раствора увеличится;
2. Если количество поглощенной воды будет больше количества серного ангидрида, то содержимое стакана превратится в водный раствор серной кислоты;
3. Температура раствора повысится за счет экзотермической реакции
$$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + Q$$

(за релевантный ответ – 1 балл)

4. Какую массу 95%-го водного раствора H_2SO_4 необходимо смешать с 20 г серного ангидрида, чтобы приготовить олеум, с содержанием H_2SO_4 90% по массе?

3.4 (1 балл)

Находим количество молей серного ангидрида, который необходимо смешать с водным раствором серной кислоты:

$$n(\text{SO}_3) = \frac{20}{80} = 0.25 \text{ моль}$$

Пусть масса водного раствора серной кислоты будет x г, тогда конечная масса раствора олеума составит $x + 20$ г. В растворе будет протекать реакция:



Так как конечный раствор представляет собой раствор олеума, можно сделать вывод о том, что вода оказалась в недостатке (0.5 балла). Следовательно, расчеты будут идти по кол-ву молей воды:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0.05x}{18} = 0.0028x \text{ моль}$$

Находим общую массу серной кислоты в конечном растворе олеума:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.95x + 0.0028x \cdot 98 = 1.224x \text{ г}$$

Поскольку массовая доля серной кислоты в конечном растворе олеума составляет 90%, можно составить уравнение с одним неизвестным:

$$\frac{1.224x}{x + 20} = 0.9$$

Решив которое получим $x = 55.56$ г (0.5 балла)