

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 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 - |



Республиканская олимпиада по химии
 Районный этап (2022-2023).
 Официальный комплект решений 11-класса.

Содержание

| | |
|---------------------------------------|----|
| Предисловие | 3 |
| Задача №1. Пищевая добавка (8%) | 4 |
| Задача №2. Кристаллогидрат (7%) | 6 |
| Задача №3. Красный пигмент (10%) | 7 |
| Задача №4. Расчёты с растворами (12%) | 9 |
| Задача №5. Поговорим о биологии (11%) | 12 |

Обращение к участникам:

Коллегия химиков хочет, чтобы районная олимпиада выполняла не только роль отбора на областную олимпиаду, но и являлась возможностью для участников получить удовольствие от решения задач, узнать что-то новое и подогреть свой интерес к химии. Чтобы лучше выполнять эту задачу нам нужно лучше понимать уровень подготовки участников. Для этого мы **просим вас дать обратную связь по олимпиаде заполнив анкету: opros.qazcho.kz**. Чем больше мы получим ответов, тем лучше мы сможем корректировать сложность, качество и объем заданий как на областном этапе, так и на районном этапе в следующем году. Заранее спасибо!

Обращение к членам жюри:

Перед вами находится официальный комплект решений районного этапа республиканской олимпиады по химии (2022-2023 учебный год). Мы расписали как должен оцениваться каждый пункт каждой задачи (включая максимальный балл за задачу и за отдельный пункт). Если у вас есть вопросы по решению той или иной задачи или по ее оцениванию, вы можете связаться с составителями через специальный чат для жюри. Ссылка на чат есть на странице qazcho.kz/join/.

В большинстве решений мы указываем разбалловку за финальные ответы. Если не указано иное, вы можете выдавать баллы за правильные рассуждения даже если финальный ответ неправильный или отсутствует вовсе (но иногда авторское решение ограничивает сколько баллов можно давать за рассуждения без конечного ответа). Во всех задачах, за правильный ответ без расчетов и рассуждений (если не указано иное) ученику должно присуждаться 0 баллов.

Теперь просьба. Мы (составители) не получаем никакой информации о результатах учеников на районном этапе. Из-за этого, мы лишены обратной связи: мы не можем понять было ли задание слишком легким или слишком сложным, мы не можем корректировать нашу работу на основании реальных данных. **Поэтому мы бы хотели попросить вас отправить результаты вашего района на нашу почту results@qazcho.kz**. Особенно полезными будут результаты с разбалловкой по задачам (в идеале -- по подпунктам). Если хотите, вы можете анонимизировать результаты (т.е. отправить без имен учеников). Но если вы отправите результаты с именами, у нас будет возможность сравнивать их с последующими результатами этих учеников на областном и заключительном этапах (в идеале, если мы хорошо будем справляться с составлением заданий, у этих результатов должна быть корреляция).

В любом случае мы гарантируем полную конфиденциальность как отправителя (т.е. вас), так и результатов, которые мы получим. Все данные будут использованы исключительно в целях статистического анализа направленного на улучшение нашей работы.

Задача №1. Пищевая добавка

Автор: Мадиева М.

1.1 (2 балла)

Для расчетов выбираем массу соединения, равную 100 г, т.е. $m = 100$ г. Массы калия, водорода, фосфора и кислорода составят (по **0.25 балла**, всего **1 балл**):

$$m(K) = m \cdot w(K) = 100 \cdot 0.2868 = 28.68 \text{ г}$$

$$m(H) = m \cdot w(H) = 100 \cdot 0.0147 = 1.47 \text{ г}$$

$$m(P) = m \cdot w(P) = 100 \cdot 0.2279 = 22.79 \text{ г}$$

$$m(O) = m \cdot w(O) = 100 \cdot 0.4706 = 47.06 \text{ г}$$

Определяем количества веществ атомных калия, водорода, фосфора и кислорода (по **0.25 балла**, всего **1 балл**):

$$\nu(K) = \frac{m(K)}{M(K)} = \frac{28.68 \text{ г}}{39.10 \text{ г моль}^{-1}} = 0.73 \text{ моль}$$

$$\nu(H) = \frac{m(H)}{M(H)} = \frac{1.47 \text{ г}}{1.00 \text{ г моль}^{-1}} = 1.47 \text{ моль}$$

$$\nu(P) = \frac{m(P)}{M(P)} = \frac{22.79 \text{ г}}{30.97 \text{ г моль}^{-1}} = 0.74 \text{ моль}$$

$$\nu(O) = \frac{m(O)}{M(O)} = \frac{47.06 \text{ г}}{16.00 \text{ г моль}^{-1}} = 2.94 \text{ моль}$$

Находим отношение количеств веществ (**0.25 балла**):

$\nu(K) : \nu(H) : \nu(P) : \nu(O) = 0.73 : 1.47 : 0.74 : 2.94$. Разделив правую часть равенства на наименьшее число (0.73), получим:

$\nu(K) : \nu(H) : \nu(P) : \nu(O) = 1 : 2 : 1 : 4$. (**0.25 балла**) Следовательно, простейшая формула пищевой добавки KH_2PO_4 .

2 балла за правильный ответ с расчетом. Правильный ответ без расчета - **0 баллов**. При отсутствии правильного ответа, за правильные расчеты (масс или количества вещества элементов) присуждается до **1 балла** суммарно.

1.2 (3 балла)

Рассчитаем количества веществ KH_2PO_4 и KOH :

$$m_{\text{р-ра}}(\text{KH}_2\text{PO}_4) = V \cdot \rho = 63.00 \cdot 1.35 = 85.05 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = V \cdot \rho = 23.60 \cdot 1.19 = 28.44 \text{ г}$$

$$\nu(\text{KH}_2\text{PO}_4) = \frac{m_{\text{р-ра}} \cdot \omega}{M(\text{KH}_2\text{PO}_4)} = \frac{85.05 \cdot 0.40}{136.07} = 0.25 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{KOH}) = \frac{m_{\text{р-ра}} \cdot \omega}{M(\text{KOH})} = \frac{28.44 \cdot 0.20}{56.01} = 0.10 \text{ моль}$$

КОН в недостатке, поэтому в ходе реакции он израсходуется полностью с образованием гидрофосфата калия: $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{HPO}_4$

Определяем количества веществ после реакции (по **0.1 балла**, всего **0.2 балла**):

$$\begin{aligned}\nu(\text{KH}_2\text{PO}_4)_{\text{в конце}} &= \nu(\text{KH}_2\text{PO}_4) - n(\text{KOH}) = 0.250 \cdot 10 = 0.15 \text{ моль} \\ \nu(\text{K}_2\text{HPO}_4) &= \nu(\text{KOH}) = 0.1 \text{ моль}.\end{aligned}$$

Определяем массовые доли солей в растворе:

$$\begin{aligned}m_{\text{р-ра}}(\text{суммарный}) &= m_{\text{р-ра}}(\text{KH}_2\text{PO}_4) + m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = 85.05 + 28.44 = 113.49 \text{ г} \\ m(\text{KH}_2\text{PO}_4) &= \nu \cdot M = 0.15 \cdot 136.07 = 20.41 \text{ г} \\ m(\text{K}_2\text{HPO}_4) &= \nu \cdot M = 0.10 \cdot 174.17 = 17.42 \text{ г} \\ \omega(\text{KH}_2\text{PO}_4) &= \frac{m(\text{KH}_2\text{PO}_4)}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{20.41}{113.49} = 0.1798 \text{ или } 17.98\% \\ \omega(\text{K}_2\text{HPO}_4) &= \frac{m(\text{K}_2\text{HPO}_4)}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{17.42}{113.49} = 0.1535 \text{ или } 15.35\%\end{aligned}$$

По **0.75 балла** за каждую массу и массовую долю, всего **3 балла**

1.3 (3 балла)

Вычисляем концентрацию каждого компонента в растворе:

$$\begin{aligned}V_{\text{раствора}} &= 63.00 + 23.60 = 86.60 \text{ мл} \\ c(\text{KH}_2\text{PO}_4) &= \frac{\nu(\text{KH}_2\text{PO}_4)}{V_{\text{р-ра}}} = \frac{0.15}{0.086} = 1.74 \text{ моль л}^{-1} \\ c(\text{K}_2\text{HPO}_4) &= \frac{\nu(\text{K}_2\text{HPO}_4)}{V_{\text{р-ра}}} = \frac{0.10}{0.086} = 1.16 \text{ моль л}^{-1}\end{aligned}$$

Рассчитаем pH раствора, используя уравнение Гендерсона-Гассельбаха для буферной системы, состоящей из смеси растворов солей многоосновных кислот различной степени замещения:

$$\text{pH} = \text{p}K_a(\text{H}_2\text{PO}_4^-) - \lg \frac{c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}{c(\text{HPO}_4^{2-})} = 7.21 - \lg \frac{1.74}{1.16} = 7.21 - 0.18 = 7.03 \text{ (3 балла за правильный ответ с расчетом. Правильный ответ без расчета -- 0 баллов. За частичные результаты выдается до 2 баллов)}$$

Задача №2. Кристаллогидрат

Автор: Аманжолов А.

2.1 (7 баллов)

Для начала найдем концентрацию сульфата никеля (1 балл):

$$c_{\text{NiSO}_4} = \frac{0.1043 \cdot 12.51}{10} = 0.1305 \text{ моль л}^{-1}$$

Соответственно количество сульфата никеля (также как и кристаллогидрата $\text{NiSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) в исходной навеске будет равно (1 балл):

$$\nu_{\text{NiSO}_4} = \nu_{\text{NiSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}} = \frac{0.1305 \cdot 50}{1000} = 6.225 \times 10^{-3} \text{ моль}$$

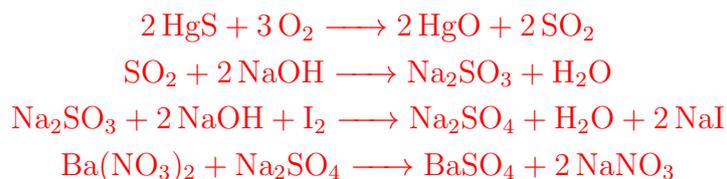
Используя данное значение можно найти молярную массу кристаллогидрата: $M(\text{NiSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = 1.800 / 6.525 \cdot 10^{-3} = 275.9 \text{ г моль}^{-1}$ (2 балла). Количество кристаллизационной воды в данном кристаллогидрате можно найти по следующему выражению (отнимаем от предыдущего значения молярную массу сульфата никеля и делим на молярную массу воды): $n = (275.9 - 155) / 18 = 6.72$. Если же округлить данную цифру, то получим формулу $\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ (3 балла).

Задача №3. Красный пигмент

Автор: Бекхожин Ж.

3.1 (5 балла)

Образование осадка с нитратом бария свидетельствует о наличии карбоната, сульфата, фосфата или других, более экзотических многозарядных анионов. Учитывая что **Б** является газом, фосфат не подходит так как оксид фосфора не газообразный. Карбонат не подходит так как он не восстанавливает йод и карбонат бария реагирует с соляной кислотой. Сульфат идеально подходит по массе, поэтому **Е** - BaSO_4 (**0.5 балла**), **Д** - SO_4^{2-} (**0.5 балла**) (полный балл также дается за сульфат натрия). Тогда газ **Б** это SO_2 (**0.5 балла**), соль **Г** это Na_2SO_3 (**0.5 балла**), **Х** это сера. На основе массовой доли можно понять что металл очень тяжелый и вычислить что **А** это киноварь, красный сульфид ртути HgS (**0.5 балла**), **Б** - оксид ртути HgO (**0.5 балла**). За каждое правильно уравновешенное уравнение ниже дается **0.5 балла**.

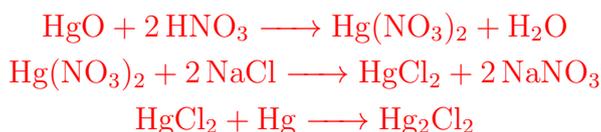


3.2 (2 балла)

Из массовой доли можно вычислить что при формуле хлорида MCl_n

$$\omega(\text{Cl}) = \frac{n \cdot M(\text{Cl})}{M(\text{металл}) + n \cdot M(\text{Cl})}$$

Отсюда, $M(\text{металл}) = 100.38 \cdot n \text{ г моль}^{-1}$. При $n = 1$, это близко к рутению, при $n = 2$, это ртуть. Токсичность и красный цвет говорят о том что **З** - хлорид ртути HgCl_2 (**0.5 балла**), **Ж** - $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ (**0.5 балла**), **И** - Hg_2Cl_2 (**0.5 балла**). **0.15 балла** за первые два уравнения, **0.2 балла** за последнее.



3.3 (3 балла)

Используем уравнение Нернста (**1 балл**) ($n = 2$):

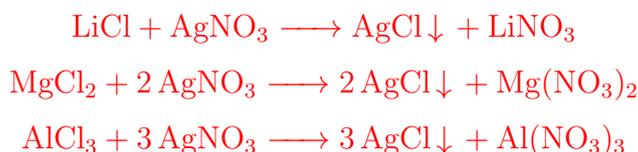
$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{1}{[\text{катион}]}$$

Отсюда получаем, что $[\text{катион}] = 3 \cdot 10^{-19}$ моль л⁻¹ (**1 балл**). По формуле для произведения растворимости, $K_{sp} = [\text{катион}] \cdot [\text{Cl}^-]^2 = 2.7 \cdot 10^{-18}$ моль л⁻¹ (**1 балл**).

Задача №4. Расчёты с растворами

Автор: Молдағұлов Ғ.

4.1 (1.5 балла)



По 0.5 балла за каждую правильную и полностью сбалансированную реакцию. Частичные баллы в данном пункте не присуждаются.

4.2 (3.5 балла)

$$m = m(\text{исх. раствор})$$

$$m(\text{LiCl}) = m(\text{MgCl}_2) = m(\text{AlCl}_3) = 0.1m \text{ г}$$

$$\nu(\text{LiCl}) = \frac{0.1m}{6.94 + 35.45} = 0.00236m \text{ моль} \implies \nu_1(\text{AgCl}) = 0.00236m \text{ моль}$$

$$\nu(\text{MgCl}_2) = \frac{0.1m}{24.31 + 2 \cdot 35.45} = 0.00105m \text{ моль} \implies \nu_2(\text{AgCl}) = 0.00210m \text{ моль}$$

$$\nu(\text{AlCl}_3) = \frac{0.1m}{26.98 + 3 \cdot 35.45} = 0.00075m \text{ моль} \implies \nu_3(\text{AgCl}) = 0.00225m \text{ моль}$$

Тут мы можем заметить что из раствора хлорида лития потенциально можно получить наибольшее кол-во осадка хлорида серебра, а из раствора хлорида магния – наименьшее.

По 0.25 балла за каждое соотношение между количеством вещества в исходном растворе и массе образующегося осадка. Всего 0.75 балла.

Если учесть то, что хлорид алюминия прореагировал полностью, одинаковое кол-во осадка из двух растворов могло образоваться лишь в том случае, если $\nu(\text{AgNO}_3) = 3 \cdot \nu(\text{AlCl}_3) < \nu(\text{LiCl})$. Тогда $\nu(\text{AgNO}_3) > 2 \cdot \nu(\text{MgCl}_2)$.

По 0.25 балла за каждое правильное равенство/неравенство. Всего 0.75 балла.

$$\begin{aligned}\nu(\text{AlCl}_3) &= \frac{m(\text{AgCl})}{3 \cdot M_w(\text{AgCl})} = \frac{26.68 \text{ г}}{3 \cdot (107.9 + 35.45) \text{ г/моль}} = 0.06204 \text{ моль} \\ 0.00075m &= 0.06204\end{aligned}$$

1 балл за составление уравнения расчёта m и вычисление.

$$m = 82.72 \text{ г}$$

1 балл за правильно рассчитанное значение m . За правильный ответ без вычислений баллы не присуждаются.

4.3 (1 балл)

Используем рассчитанную массу исходных растворов $m = 82.72$ г.

$$m(p-p \text{ AgNO}_3) = \frac{\nu(\text{AgCl}) \cdot M_w(\text{AgNO}_3)}{0.2} = \frac{0.18612 \text{ моль} \cdot 169.91 \text{ г/моль}}{0.2} = 158.12 \text{ г}$$

1 балл за расчёт исходной массы раствора нитрата серебра. За правильный ответ без вычислений баллы не присуждаются.

4.4 (2 балла)

$$\begin{aligned} m(\text{конеч. p-p \#1 и \#3}) &= m + m(p-p \text{ AgNO}_3) - m(\text{AgCl}) \\ &= 82.72 + 158.12 - 26.68 = 214.16 \text{ г} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m(\text{конеч. p-p \#2}) &= m + m(p-p \text{ AgNO}_3) - m(\text{AgCl}) \\ &= 82.72 + 158.12 - 0.00210 \cdot 82.72 \cdot 143.35 = 215.94 \text{ г} \end{aligned}$$

Расчёт конечной массы раствора #2 – 1 балл. Расчёт конечной массы растворов #1 и #3 – по 0.5 балла. Всего 2 балла. За правильный ответ без вычислений баллы не присуждаются.

4.5 (4 балла)

Так в первом растворе:

$$\omega(\text{LiCl}) = \frac{(0.00236 \cdot 82.72 - 0.18612) \text{ моль} \cdot 42.39 \text{ г/моль}}{214.16 \text{ г}} \cdot 100\% = 0.18\%$$

$$\omega(\text{LiNO}_3) = \frac{0.18612 \text{ моль} \cdot 68.95 \text{ г/моль}}{214.16 \text{ г}} \cdot 100\% = 5.99\%$$

По 0.5 балла за расчёт массовой доли каждой соли в конечном растворе. Всего 1 балл.

Во втором растворе:

$$\omega(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = \frac{0.00105 \cdot 82.72 \text{ моль} \cdot 148.33 \text{ г моль}^{-1}}{215.94 \text{ г}} \cdot 100\% = 5.97\%$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{(0.18612 - 0.00210 \cdot 82.72) \text{ моль} \cdot 169.91 \text{ г моль}^{-1}}{215.94 \text{ г}} \cdot 100\% = 0.98\%$$

По 0.5 балла за расчёт массовой доли каждой соли в конечном растворе. Всего 1 балл.

В третьем растворе:

$$\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = \frac{0.00075 \cdot 82.72 \text{ моль} \cdot 213.01 \text{ г/моль}}{214.16 \text{ г}} \cdot 100\% = 6.17\%$$

2 балла за расчёт массовой доли нитрата алюминия в конечном растворе.

Задача №5. Поговорим о биологии

Автор: Мельниченко Д.

5.1 (2 балла)

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta S = -\frac{\Delta G - \Delta H}{T}$$

Расчёт ΔH :

$$\Delta H = -2279.30 + 1299.39 + 1267.11 = 287.2 \text{ кДж моль}^{-1} \text{ (1 балл)}$$

$$\Delta S = -\frac{13.8 \text{ кДж моль}^{-1} - 287.2 \text{ кДж моль}^{-1}}{298 \text{ К}} = 917.4 \cdot 10^3 \text{ Дж моль}^{-1} \text{ К}^{-1} \text{ (1 балл)}$$

5.2 (1.5 балла)

Для начала, вычислим количество моль глюкозы:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{2.00 \text{ г}}{180.156 \text{ г моль}^{-1}} = 0.0111 \text{ моль (0.25 балла)}$$

Молярная масса рассчитывается исходя из формулы вещества

Дальше, находим изменение энергии Гиббса для данного значения:

$$\Delta G = 13.8 \text{ кДж моль}^{-1} \cdot 0.0111 \text{ моль} = 0.153 \text{ кДж (0.75 балла)}$$

Так как значение положительное, реакция НЕ будет протекать самопроизвольно (0.5 балла)

5.3 (1 балл)

Находим изменение энергии Гиббса для данного значения:

$$\Delta G = -30.5 \text{ кДж моль}^{-1} \cdot 3.50 \cdot 10^{-3} \text{ моль} = -0.107 \text{ кДж (0.5 балла)}$$

Так как значение отрицательное, реакция будет протекать самопроизвольно (0.5 балла)

5.4 (1.5 балла)

Мы видим, что для того, чтобы получить реакцию (3), мы должны сложить две предыдущие реакции.

Таким образом, согласно закону Гесса, значения ΔG для итоговой реакции будет представлять сумму ΔG первой и второй реакций.

$$\Delta G = -30.5 \text{ кДж моль}^{-1} + 13.9 \text{ кДж моль}^{-1} = -16.6 \text{ кДж моль}^{-1} \text{ (1 балл)}$$

Таким образом, итоговый спаренный процесс имеет отрицательное значение ΔG и является самопроизвольным. (0.5 балла)

5.5 (3 балла)

$$\Delta G = -RT \ln K$$

$$K = e^{\frac{-\Delta G}{RT}}$$

Используя формулу, получаем следующие значения:

1. $K = 3.82 \cdot 10^{-3}$

2. $K = 2.22 \cdot 10^5$

3. $K = 812$

При этом, не забываем, что значения для ΔG необходимо было перевести из кДж в Дж. За каждый верный расчет по одному баллу.

5.6 (2 балла)

Если мы рассчитаем отношение концентраций, то выйдет:

$$Q = \frac{[\text{АДФ}][\text{фосфат}]}{[\text{АТФ}]} = \frac{0.5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3}} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ (1 балл)}$$

Это значение значительно отличается от $2.22 \cdot 10^5$, полученного в предыдущем пункте. Так как значение Q намного меньше значения K , реакция будет сильно смещена вправо, в сторону продуктов. (1 балл)

* Также, можно объяснить смещение равновесия по принципу Ле Шателье, но тогда необходимо продемонстрировать верное вычисление равновесных концентраций. Только в таком случае дается полный балл

5.7 (2 балла)

Каждая единица АТФ может произвольно превращаться в АДФ с выделением $30.5 \text{ кДж моль}^{-1}$ или $5.065 \times 10^{-20} \text{ Дж}$. Таким образом, чтобы нивелировать затраты в $1.234 \times 10^{-19} \text{ Дж}$, нам необходимо:

$$12.34 - 5.065x = 0$$

$$x \approx 2.44$$

(1 балл за логику и вычисление) То есть, на спаривание с этим процессом нам необходимо как минимум три молекулы АТФ. (1 балл за верное количество)

* Отметим, что в организмах АТФ может гидролизироваться не только до АДФ, но и до АМФ, и для такой реакции будет отличное значение ΔG . Но в условиях данной задачи мы принимаем во внимание только реакцию АТФ \rightarrow АДФ