

## 8 класс ВАРИАНТ 1

## Задание 1

На уроке химии один скучающий ученик решил отправить другому послание, используя для его построения символы химических элементов. Чтобы другу было интереснее, он загадал каждый элемент, описав некоторые его особенности. Всего было дано 11 подсказок, с помощью которых загадано 8 разных элементов.

- а) Этот металл содержится в гипсе, мраморе, известняке, флюорите;
- б) Простое вещество, образованное этим элементом, - основной газ в атмосфере Земли;
- в) Атом этого элемента имеет электронную конфигурацию  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^1 5s^2$ ;
- г) Этот элемент содержится во всех оксидах;
- д) Этот радиоактивный металл был назван в честь открытой несколькими годами ранее планеты;
- е) Простое вещество, образуемое этим элементом, ядовито и способно светиться в темноте за счёт медленного окисления;
- ж) В честь этого нерадиоактивного элемента названа группа элементов, занимающих отдельный ряд периодической таблицы;
- з) Этот металл в твёрдом виде имеет плотность  $4.47 \text{ г/см}^3$  и молярный объём  $19.89 \text{ см}^3/\text{моль}$ ;
- и) При н.у. 112 л простого вещества, образованного этим элементом, имеют массу 140 г;
- к) Простое вещество, образованное этим элементом, можно получить разложением перманганата калия или пероксида водорода;
- л) Этот металл получил своё название от немецкого названия минерала, из которого был выделен, в переводе означающего «волчья пена».

1. Установите элемент, соответствующий каждой подсказке. Запишите его химический символ и русское название.
2. Запишите фразу из четырёх слов, переданную в качестве послания.

## Задание 2.

Согласно кулинарным справочникам, чайная ложка вмещает 6.0 г сахара ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), 5.0 мл воды или 5.5 мл подсолнечного масла ( $C_{57}H_{104}O_6$ ). Плотность воды  $1.00 \text{ г/мл}$ , плотность масла  $0.92 \text{ г/мл}$ .

1. Рассчитайте количество молекул каждого типа в чайной ложке.
2. Рассчитайте общее количество атомов всех типов в каждой чайной ложке.
3. Ложка с каким веществом будет содержать больше всего атомов кислорода?
4. Ложка с каким веществом будет содержать больше всего атомов водорода?

## Задание 3.

Многие элементы в таблице Менделеева имеют атомную массу, значительно отклоняющуюся от целой, потому что в природе существует несколько изотопов этих элементов с разным массовым числом. В этом случае атомная масса, указываемая в таблице Менделеева, является средним от атомных масс изотопов  $M_i$ , вычисляемым по формуле:

$$M_{\text{ср}} = \chi_1 M_1 + \chi_2 M_2 + \dots + \chi_i M_i$$

где  $\chi_i = N_i/N_{\text{общ}}$  – природное содержание каждого изотопа, равное отношению числа его атомов  $N_i$  к числу атомов всех изотопов данного элемента  $N_{\text{общ}}$ . Бор в природе представлен двумя изотопами с атомными массами 10.0 и 11.0 а.е.м.

1. Вычислите долю атомов каждого изотопа в природном боре.  
Хлор также существует в виде двух изотопов, один из которых имеет атомную массу 35.0 а.е.м. и примерно втрое большее содержание, чем у второго изотопа.
2. Определите атомную массу второго изотопа хлора и рассчитайте природное содержание каждого изотопа. Определите количество протонов, нейтронов и электронов для каждого из природных изотопов хлора. Хлор и бор образуют соединение X, содержащее 4 атома.
3. Определите формулу X и укажите, какое число молекул с разной молекулярной массой содержит это вещество, если его получили из природных изотопов хлора и бора. Содержание какой из этих молекул будет наименьшим?
- Медь представлена в природе двумя изотопами с массовыми числами  $x$  (природное содержание 69.1 %) и  $x+2$  (природное содержание 30.9 %).
4. Определите  $x$ . Равно ли оно атомной массе более легкого изотопа и почему?
5. Какой из элементов семейства лантаноидов реже всего встречается в природе?

## Задание 4.

Газ – самое простое для физического описания состояние вещества. Основные газовые законы были сформулированы ещё в XVIII-XIX веках. Они связывают между собой три характеристики газа: объём ( $V$ ), давление ( $p$ ) и абсолютную температуру ( $T$ ). Последняя измеряется в Кельвинах (К) и связана с температурой в градусах Цельсия соотношением:  $T = 273 + t$ .

Закон Шарля гласит, что при постоянном объёме давление газа прямо пропорционально его температуре. Закон можно записать как  $p/T = \text{const}$  или  $p_1/T_1 = p_2/T_2$ .

**1.** В закрытом непроветриваемом помещении температура с утра до вечера менялась с  $12^\circ\text{C}$  до  $22^\circ\text{C}$ . На сколько % изменилось давление воздуха в этом помещении?

Закон Гей-Люссака описывает взаимосвязь объёма и абсолютной температуры при постоянном давлении: «при постоянном давлении объём газа прямо пропорционален абсолютной температуре».

**2.** Запишите выражение для закона Гей-Люссака в виде равенства, аналогичного приведенному выше для закона Шарля.

**3.** Пузырёк воздуха, находящийся в воде при постоянном давлении, уменьшает свой объём при изменении температуры с дневной на ночную на 3.0 %. Дневная температура составляет  $30^\circ\text{C}$ . Чему равна ночная температура?

Закон Бойля-Мариотта гласит, что при постоянной температуре объём газа обратно пропорционален его давлению.

**4.** Запишите выражение для закона Бойля-Мариотта в виде равенства, аналогичного приведенному выше для закона Шарля.

**5.** Поднимаясь со дна Марианской впадины до поверхности океана, сферический пузырёк газа увеличивает свой радиус в 4.8 раза. Оцените давление на дне Марианской впадины, если давление на поверхности океана равно 1 атм. Считайте, что процесс идёт при постоянной температуре. Объём

шара связан с его радиусом соотношением  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ .

<b>9 класс ВАРИАНТ 1</b>
--------------------------

**Задание 1.**

Учитель химии ведет урок по способам выражения концентрации вещества в растворе.

— Начнем с массовой доли. **Массовая доля  $\omega$**  – это отношение массы вещества к общей массе смеси, обычно выраженное в процентах. К 200 г воды добавили 14.3 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , 14.2 г сульфата натрия и 23.4 г хлорида натрия.

1. Рассчитайте массовую долю карбоната натрия в растворе.

— **Молярная концентрация  $C$**  – отношение количества молей растворенного вещества к объему раствора в литрах. Обозначается как «М». Известно, что плотность упомянутого раствора равна 1.13 г/мл.

2. Рассчитайте молярную концентрацию сульфата натрия в растворе.

— Также в химии используется **нормальная концентрация  $C_n$** , которая представляет собой произведение молярной концентрации на так называемое число эквивалентности, которое равно числу замещаемых в реакции атомов в этом веществе. Например, для кислот молярная концентрация умножается на их основность, а для карбоната натрия на 2, потому что кислоты способны заместить в нем два натрия на два водорода. Единица измерения  $C_n$  обозначается как «н» вместо «М».

3. Рассчитайте нормальную концентрацию карбоната натрия в растворе.

— В некоторых случаях используется **моляльная концентрация  $C_m$**  – отношение количества молей растворенного вещества к массе растворителя в килограммах.

4. Рассчитайте моляльную концентрацию хлорида натрия в растворе.

Для закрепления учитель задал посчитать концентрацию вещества **X** массой 180 г в водном растворе. При проверке он очень удивился, так как встретил 4 разных ответа – 45; 17.76; 8.35; 5.92 (размерности не указаны), но быстро понял, что забыл указать, какую именно концентрацию нужно посчитать.

5. Соотнесите ответы с вышеперечисленными способами выражения концентрации.

6. Определите массу, объём, плотность раствора, а также молярную массу и формулу вещества **X**, если известно, что раствор **X** имеет кислую реакцию.

**Задание 2.**

В осадочных горных породах встречается, среди прочего, мягкий желтоватый минерал, содержащий в качестве основного вещества химическое соединение **X**. К физическим свойствам **X** можно отнести небольшую растворимость в воде, к химическим – способность ступенчато разлагаться, теряя при нагревании до 150 °С 15.7 % массы, а при нагревании до 200 °С и выше – ещё 5.2 %. В первом случае разложение ведёт к образованию вещества **Y**, во втором – вещества **Z**, каждое из которых встречается в природе в виде собственного минерала, а газообразным продуктом разложения в каждом случае является соединение **W**. При продолжительном стоянии на воздухе **Z** превращается обратно в **Y**.

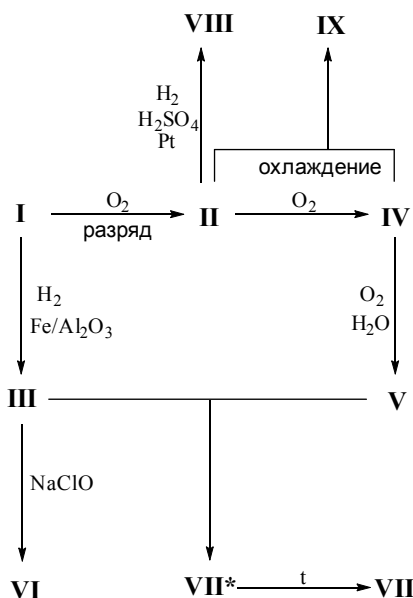
Все три минерала широко использовались и используются в промышленности. Интересно, что ранее одним из применений вещества **Z** было получение серной кислоты. Для этого **Z** спекали с основным компонентом песка (**S**) и простым веществом (**U**), проявляющим свойства восстановителя, при 1400 °С. Газообразным продуктом реакции стехиометрической смеси веществ была смесь газов **Q** и **R**, имеющая плотность по воздуху чуть меньше 2. После очистки от газа **R** объём смеси уменьшался на треть; оставшийся газ **Q** подвергали окислению с образованием **H**, из которого и получали серную кислоту.

1. Установите формулы соединений **X**, **Y**, **Z**, **W**, **S**, **U**, **Q**, **R** и **H**.

2. Запишите уравнения реакций ступенчатого разложения **X**, спекания **Z** с **S** и **U** и окисления газа **Q**.

**Задание 3.**

Положение элемента в периодической системе элементов накладывает определённые ограничения на его возможные степени окисления. При этом для многих элементов нехарактерно большое разнообразие степеней окисления. К ряду занимательных исключений можно отнести элемент **X**, проявляющий в соединениях 9 целочисленных степеней окисления (включая 0). На схеме ниже загаданы его соединения в разных степенях окисления, обозначенные римскими цифрами **I-IX** (эти цифры никак не связаны со степенью окисления **X** в соединении).



Дополнительно известно, что соединение **VIII** состоит из четырёх элементов и содержит 61.0 % кислорода по массе.

1. Установите элемент **X** и формулы соединений **I-IX** и **VII\***. Запишите уравнения превращений, осуществлённых на схеме.

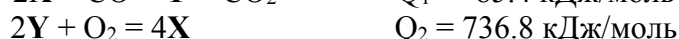
2. Какова степень окисления **X** в соединении **VII\***?

Иногда химики получают соединения, в которых рассчитанные по общим для других кислородсодержащих соединений правилам степени окисления оказываются неожиданными, например,  $K_2S_2O_8$  и  $CrO_5$ .

3. Определите истинные степени окисления серы и хрома в этих веществах и объясните, почему их нельзя считать так, как это делается для других веществ.

#### Задание 4.

**X** – оксид металла **M**, содержащий 18.6 % кислорода по массе, находит активное применение в катализе. Например, **X** используют для окисления  $CO$ , содержащегося в продуктах сгорания автомобильного топлива, до  $CO_2$ . Процесс включает следующие стадии:



где **Y** – другой оксид металла **M**.

1. Установите формулы **M**, **X** и **Y**.

2. Запишите уравнение совокупной реакции превращения  $CO$  в  $CO_2$  и рассчитайте тепловой эффект окисления 1 моль  $CO$ .

Другое применение **X** – каталитическое восстановление присутствующих в выхлопных газах оксидов азота, обозначаемых обычно как  $NO_x$ . Для восстановления выхлопные газы смешивают с аммиаком, в результате реакции образуются азот и вода. Известны теплоты образования участвующих в реакциях соединений:

Вещество	$NH_3$	$N_2O$	$NO$	$NO_2$	$H_2O_{(г)}$
$Q_{обр}$ , кДж/моль	46.2	-82.0	-90.2	-33.5	241.8

3. Запишите уравнения реакций взаимодействия трёх оксидов азота с аммиаком и определите тепловые эффекты этих реакций в расчёте на 1 моль аммиака.

4. Запишите уравнение реакции восстановления оксидов азота аммиаком в общем виде, используя для оксидов азота формулу  $NO_x$ . Считая  $NO_x$  смесью только  $NO$  и  $NO_2$ , получите выражение для теплового эффекта реакции в расчёте на 1 моль аммиака через  $x$ .

## 10 класс ВАРИАНТ 1

## Задание 1.

При полном сгорании в кислороде смеси двух соседних членов гомологического ряда алканов масса образовавшегося углекислого газа вдвое превышает массу образовавшейся воды.

1. Установите качественный (формулы) и количественный (массовые и мольные доли компонентов) состав смеси.

2. Рассчитайте количество теплоты, выделяющееся при сгорании 1 моль этой смеси, если известно, что мольная теплота сгорания алканов линейно зависит от числа атомов углерода, а теплоты сгорания этана и пропана равны 1560 и 2220 кДж моль<sup>-1</sup>, соответственно.

## Задание 2.

Бром образует четыре кислородсодержащих аниона I-IV.

1. Приведите структурные формулы этих анионов, указав их пространственное строение (например, линейный, тетраэдр).

Наиболее просты в получении соли аниона I. Для их синтеза бром растворяют в горячем растворе гидроксида калия (реакция 1) или подвергают окислению хлором в присутствии гидроксида калия (реакция 2). Соли аниона I кристаллизуются при охлаждении раствора.

Проведение реакции 1 при значительном охлаждении позволяет получить нестабильные соли аниона II (реакция 3). В растворе они медленно разлагаются (реакция 4), однако в кристаллической форме существуют продолжительное время. Так, известен кристаллогидрат натриевой соли II, содержащий 45.9 % кислорода по массе.

Значительно сложнее получить соли аниона III. Это можно сделать, например, подщелачиванием соответствующий кислоты, которая образуется при обработке водного раствора брома нитратом серебра (реакция 5).

Однако куда более интересна история получения аниона IV. Химики долго не могли подобрать подходящий окислитель, поэтому впервые IV был получен посредством облучения гамма-лучами аниона X, содержащего элемент, соседствующий с бромом в периодической системе. Исходная калиевая соль X содержала 28.4 % кислорода по массе. В настоящее время IV получают из I в щелочном растворе с использованием фтора (реакция 6), фторсодержащего окислителя Y ( $D_{\text{возд.}} = 5.84$ ) (реакция 7) или электролиза (реакция 8).

2. Соотнесите формулы анионов с обозначениями I-IV и запишите уравнения реакций 1-8.

3. Установите формулу кристаллогидрата натриевой соли II.

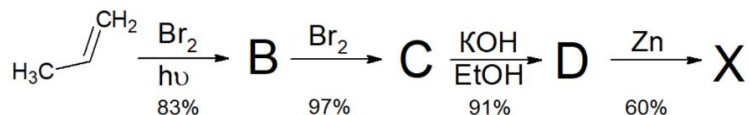
4. Запишите уравнение ядерной реакции превращения X в IV.

## Задание 3.

При взаимодействии 7.4 г газа X с кислым раствором перманганата калия (реакция 1) выделяется газ A, который при пропускании через известковую воду (реакция 2) образует осадок массой 55.5 г. Известно, что вещество A является единственным продуктом окисления X.

1. Определите газы X и A, напишите уравнения реакций 1-2. Ответ подтвердите расчётом.

Получить газ X можно синтетически, например, по следующей схеме:

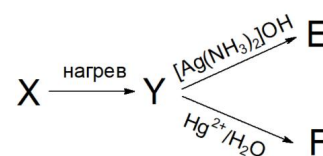


2. Приведите структурные формулы веществ B-D и X. Рассчитайте массу пропена, необходимую для синтеза 7.4 г X. Числа, приведённые под стрелкой – выход продукта на каждой отдельной стадии.

Нагревая X в спиртовом растворе щёлочи, можно получить один из его изомеров Y, который даёт осадок с реагентом Толленса и вступает в реакцию гидратации в присутствии солей двухвалентной ртути:

3. Приведите структурную формулу изомера Y и веществ E и F.

4. Сколько ещё существует соединений, изомерных X и Y? Напишите структурную(-ые) формулу(-ы) этих соединений.



**Задание 4.**

Одним из основных способов получения этилена является термическое дегидрирование этана. Стандартные термодинамические характеристики реакций сгорания веществ-участников этого процесса приведены в таблице:

Соединение	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>
$\Delta_{\text{сгор}}H / \text{кДж моль}^{-1}$	-1559.7	-1410.9	-285.8
$\Delta_{\text{сгор}}S / \text{Дж моль}^{-1} \text{ К}^{-1}$	-309.3	-266.9	-162.9

1. Рассчитайте стандартные величины энтальпии и энтропии реакции дегидрирования этана.
2. Определите температуру, выше которой эта реакция идёт самопроизвольно при стандартном давлении (1 бар) всех участников реакции. Считайте, что энтальпия и энтропия дегидрирования этана не зависят от температуры.
3. Рассчитайте константу равновесия реакции дегидрирования при 1300 К.  
В сосуд объёмом 1 л при температуре 1300 К ввели этан так, что его начальное давление составило 5 бар. После внесения катализатора и установления равновесия полученный этилен выделили и вновь дождались установления равновесия, после чего снова выделили полученный этилен.
4. Рассчитайте количество этилена, выделенное на первом и втором шаге.

**Необходимые формулы:**

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

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

## 11 класс ВАРИАНТ 1

## Задание 1.

Открыв книгу из серии «Вредные химические вещества» на случайной странице, химик Андрей обнаружил следующий абзац:

*Физические и химические свойства.* Металлоид. Существует в нескольких аллотропных модификациях, из которых наиболее устойчива в обычных условиях  $\alpha$ -форма – так называемый металлический или серый **М**. <...> В соединениях проявляет степени окисления +5, +3 и -3. Измельчённый **М** сгорает ярким голубоватым пламенем с выделением белого дыма оксида **М**. (III). Уже опытный химик сразу понял, о каком элементе идёт речь.

1. Определите элемент. Запишите символ и русское название.
2. Напишите формулу упомянутого оксида и уравнение реакции, приводящее к его получению.
3. Напишите уравнения реакций:
  - а) Сплавления **М** с серой в массовом соотношении 2.3 : 1.
  - б) Сгорания соединения, полученного в реакции из пункта а), в кислороде.
  - в) Восстановления **М**-содержащего вещества, полученного в реакции из пункта б), углём.
4. Некоторое газообразное **М**-содержащее соединение **А** имеет плотность по водороду около 2.7. Определите формулу вещества.
5. Вещество **Б** с молярной массой около 120 г/моль является производным **А** и содержит 7.56% водорода по массе. Определите формулу **Б**. Изобразите структуру вещества **Б**, если известно, что оно обладает осью симметрии 3-го порядка (т.е. переходит само в себя при повороте на 120 градусов).

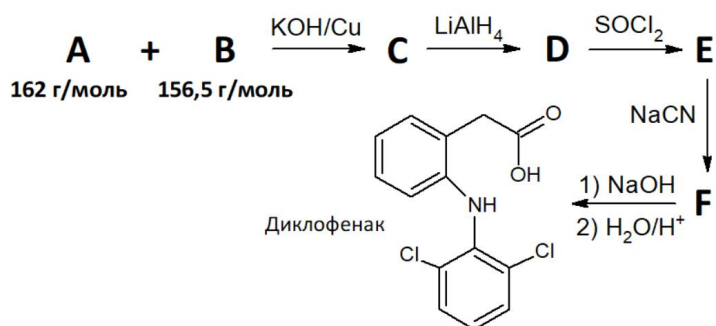
## Задание 2.

**Х** – сверхпрочный материал, обладающий высокой теплопроводностью. Это бинарное соединение с массовой долей одного из элементов 31.11%. В кристаллическом виде его можно получить по реакции взаимодействия трех газов **А**, **В** и **С** при 1050-1100°C (реакция 1). При нормальных условиях вещества **А** и **В** – жидкие, а **С** – газообразное. Бинарное соединение **А**, содержащее *d*-элемент в высшей степени окисления, при добавлении цинка и водного раствора соляной кислоты меняет цвет на фиолетовый, образуя вещество **Д** (реакция 2). Бинарное соединение **В**, содержащее общий с веществом **А** элемент, в смеси с метанолом при нагревании образует легколетучее соединение **Е** (реакция 3), самовоспламеняющееся на воздухе (реакция 4) и горящее характерным зеленым пламенем. Газ **С** сгорает в кислороде «с хлопком» (реакция 5).

1. Установите формулы **А-Е** и **Х**.
  2. Запишите уравнения реакций 1-5.
- Описанный способ получения **Х** используется для нанесения тонких покрытий из этого материала на поверхность различных изделий. Поток газообразных **А**, **В** и **С** смешивается в разогретом реакторе, куда помещено покрываемое изделие. В одном из таких экспериментов вещество **С** подаётся со скоростью 800 мл мин<sup>-1</sup> (объём газов пересчитан на н.у.).
3. С какой скоростью необходимо подавать реагенты **А** и **В**? Нанесение покрытия в течение 2 часов обеспечивает толщину покрытия 20 мкм.
  4. Рассчитайте площадь нанесённого покрытия, если плотность **Х** равна 4.52 г см<sup>-3</sup>, а выход реакции его получения составляет 50.0 %.

## Задание 3.

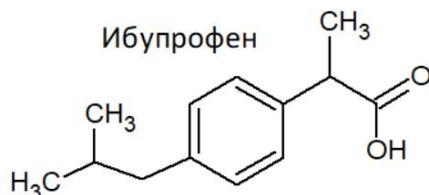
Диклофенак — это препарат, который широко используется для лечения болевого синдрома, воспалительных заболеваний, артрита, остеоартрита и травм. Он снижает выработку простагландинов - веществ, вызывающих боль, - ингибируя синтезирующие их ферменты.



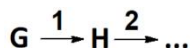
1. Приведите структурные формулы веществ **А-Г**, зашифрованных на схеме.

Несмотря на свою эффективность, диклофенак имеет ряд побочных эффектов, таких как аллергические реакции, гастрит, риск язвообразования и желудочно-кишечных кровотечений, повышенный риск тромбообразования, инфаркта миокарда, инсульта и т.д.

Одним из его более безопасных заменителей служит ибупрофен, который имеет менее выраженные побочные эффекты на желудочно-кишечный тракт и сердце при правильном использовании.



2. Составьте схему синтеза ибупрофена из предложенных в списке веществ и условий. Ответ представьте в виде:



Формулы веществ:

<b>G</b> 	<b>H</b> 	<b>I</b> 
<b>J</b> $C_2H_2$	<b>K</b> 	<b>L</b> 
<b>M</b> 		<b>N</b> 

Условия для проведения реакций:

1. Mg	2. HF, $(CH_3CO)_2O$	3. Zn/Hg, HCl
4. 1) $CO_2$ 2) HCl	5. $NaBH_4$ , $CH_3OH$	6. , $AlCl_3$
7. HCl	8. $C_{акт}$ , $400^\circ C$	

#### Задание 4.

Каталитическая изомеризация ксилолов (диметилбензолов) – один из наиболее подробно исследованных процессов из используемых в химической промышленности. Были определены стандартные термодинамические функции образования и сгорания всех трёх ксилолов:

Изомер	о-ксилол	м-ксилол	п-ксилол
$\Delta_{обр} H^\circ / \text{кДж моль}^{-1}$	19.1	17.3	18.0
$\Delta_{сгор} H^\circ / \text{кДж моль}^{-1}$	-4310.3	?	?
$S^\circ / \text{Дж моль}^{-1} \text{ K}^{-1}$	353.8	358.5	352.2

1. Рассчитайте изменение энтальпии для реакции изомеризации м-ксилола в о-ксилол.
2. Рассчитайте энтальпии сгорания м-ксилола и п-ксилола.
3. Рассчитайте константу равновесия процесса изомеризации м-ксилола в о-ксилол при 500 К.
4. Определите изомер, который будет находиться в равновесной смеси в наибольшем количестве при 500 К. Ответ подтвердите расчётом.

Необходимые формулы:

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

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