

ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ

районный/муниципальный этап, 14 февраля 2026, XII-ый класс

Время работы: 240 минут

Желаем успехов!

Не забывайте расставлять стехиометрические коэффициенты в уравнениях реакций!

Тест (26 б.) (В пунктах 1 – 8 выберите правильный ответ)

<p>1. Навеска гидроксида калия массой 1,0886 г была растворена в мерной колбе объёмом 250,0 мл. При титровании аликвотной части полученного раствора объёмом 50,0 мл было израсходовано 38,47 мл раствора серной кислоты с концентрацией 0,0503 моль/л. Степень чистоты (%) пробы гидроксида калия составляет:</p> <p>a) 97,5; b) 100,0; c) 99,5; d) 98,9.</p>	2 б.
<p>2. Тепловой эффект реакции нейтрализации аммиака азотной кислотой составляет $Q_r = 106,09$ кДж/моль. Определите массу воды, которая может испариться за счёт теплоты, выделяющейся при реакции нейтрализации 212,5 кг аммиака. Удельная теплота парообразования воды: $L = 2684$ кДж/кг.</p> <p>a) 494,1 г; b) 39,53 г; c) 494,1 кг; d) 39,53 кг.</p>	2 б.
<p>3. Для увеличения в 8 раз скорости химической реакции, протекающей по уравнению $2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2$, необходимо повысить концентрацию:</p> <p>a) оксида углерода(II) в 8 раз; b) оксида углерода(II) в 2 раза; c) кислорода в 4 раза; d) кислорода в 8 раз.</p>	1 б.
<p>4. При производстве карбида кальция в качестве исходного сырья используют антрацит с содержанием углерода 96% и негашёную известь (далее “известь”) с содержанием CaO 85%. Для получения 1 тонны технического карбида кальция с содержанием CaC₂ 90% требуется:</p> <p>a) 536,2 кг извести; 726,9 кг антрацита; b) 926,4 кг извести; 527,3 кг антрацита; c) 230,9 кг извести; 626,4 кг антрацита; d) 762,3 кг извести; 625,2 кг антрацита.</p>	2 б.
<p>5. Рассматривается элементарная реакция $2A + B \rightarrow C + 3D$. Скорость реакции равна $2,0 \cdot 10^{-5}$ моль/(л·с). При увеличении температуры на каждые 10°C скорость реакции увеличивается в 3 раза. Концентрация вещества B (моль/л), прореагировавшего за 10 с при температуре на 50°C больше равна:</p> <p>a) 0,00486; b) 0,1458; c) 0,0486; d) 0,0972.</p>	3 б.
<p>6. Ионное произведение воды равно $K_w = 1 \cdot 10^{-14}$. Степень диссоциации воды α составляет:</p> <p>a) $1,0 \cdot 10^{-7}$ %; b) $3,5 \cdot 10^{-9}$ % ; c) $1,8 \cdot 10^{-7}$ %; d) $1,0 \cdot 10^{-12}$ %.</p>	1 б.
<p>7. Четыре раствора (A – D) были получены путем растворения в одинаковых объемах воды (1 л) 3 г сульфата натрия (раствор A), 5 г хлорида аммония (раствор B), 2 г этилата натрия (этоксиды натрия) (раствор C), 5 г ацетата натрия (раствор D). Значения pH растворов увеличивается в ряду:</p> <p>a) A<B<D<C; b) B<A<D<C; c) C<D<B<A; d) A<B<D<C.</p>	2 б.
<p>8. Чему равно значение pH в растворе, полученном смешением 1 л раствора гидроксида натрия с $pOH = 3$ и 1 л раствора уксусной кислоты с $pH = 3$? Константа диссоциации уксусной кислоты $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$.</p> <p>a) 3; b) 7; c) 8; d) 9.</p>	2 б.
<p>9. Представьте структурные формулы (без учета стереохимии) веществ X¹⁻⁷ в следующей цепочке превращений, если известно, что X⁷ является предельным вторичным одноатомным спиртом с молярной массой менее 100 г/моль:</p> $ \begin{array}{ccccccc} X^1 & \xrightarrow{Cl_2, hv} & X^2 & \xrightarrow{NaOH, H_2O} & X^3 & \xrightarrow{CuO, t^\circ} & X^4 & \xrightarrow{+X^5 \text{ (абс. эфир)}} & X^6 & \xrightarrow{H_2O, H^+} & X^7 \\ & & \downarrow \text{Mg (абс. эфир)} & & & & & & & & \\ & & X^5 & & & & & & & & \end{array} $	7 б.

10. Приведите структурную формулу органического вещества с массовой долей углерода 64,58%, если известно, что: **4 б.**

- раствор этого вещества в диэтиловом эфире не взаимодействует с металлическим натрием;
- данное вещество не реагирует с бромной водой;
- при сгорании вещества в кислороде образуются только CO_2 и H_2O ;
- в спектре ЯМР ^1H (рис. 1) присутствуют три сигнала с соотношением 3:2:9 между количеством атомов водорода;
- вещество подвергается гидролизу и в продуктах гидролиза содержится метанол;
- молярная масса вещества меньше 250 г/моль.

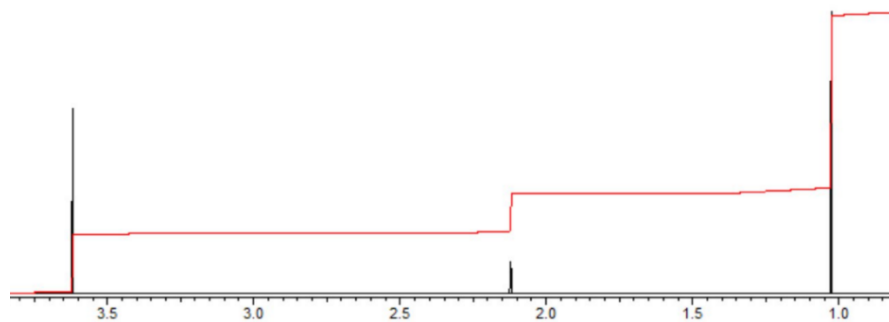


Рис. 1. Спектр ЯМР ^1H

Задача 1. (11 б.)

По содержанию CO_2 ($c_m(\text{CO}_2)$), вина классифицируются на следующие типы: тихие вина ($c_m(\text{CO}_2) < 1$ г/л); шипучие вина ($c_m(\text{CO}_2) = 1-4$ г/л); игристые вина ($c_m(\text{CO}_2) > 4$ г/л). Для определения содержания CO_2 , 25,00 мл пробы вина подвергли полной дегазации, а полученный газ количественно абсорбируют 50,00 мл раствора NaOH ($c = 0,1000$ М). После осаждения карбонат-ионов и отфильтровывания осадка, фильтрат (полученный раствор) титруют 11,70 мл раствора HCl ($c = 0,1000$ М).

- Определите концентрацию CO_2 в вине ($c(\text{CO}_2)$ (в моль/л) и $c_m(\text{CO}_2)$ (в г/л)). Приведите ваши расчёты. Запишите уравнения химических реакций, протекавших в процессе абсорбции и титрования.
- Исходя из полученной концентрации CO_2 , отнесите исследованное вино к одному из указанных типов.

Согласно закону Генри, при постоянной температуре количество газа, растворяющегося в жидкости, прямо пропорционально парциальному давлению этого газа над раствором:

$$c(X) = k_H \cdot p(X),$$

где X – газообразное вещество; k_H - константа Генри; $p(X)$ - парциальное давление газа; $c(X)$ - молярная концентрация X в растворе.

При температуре 20°C константа Генри для CO_2 в вине: $k_H = 3,4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{атм}}$.

Значение рН для вина приблизительно равно 3,2. В этих условиях можно пренебречь диссоциацией молекул H_2CO_3 .

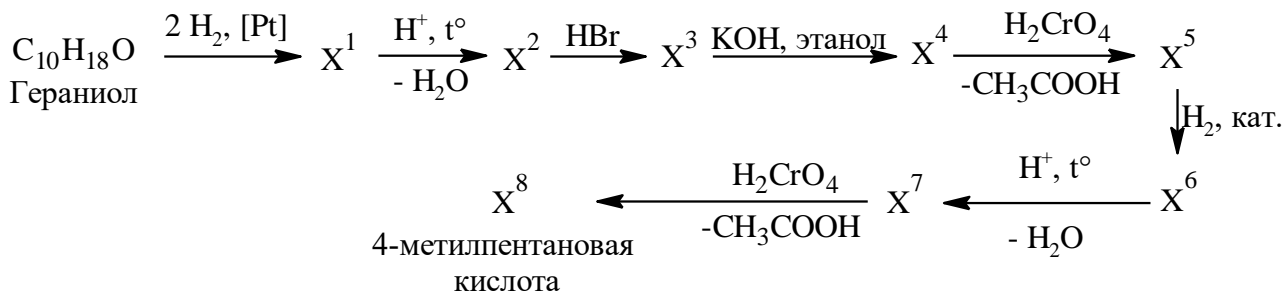
- Определите, какое давление CO_2 (в атм) необходимо было создать, чтобы добиться того содержания CO_2 в вине, которое вы получили при ваших расчетах в пункте а). Если вы не смогли выполнить пункт а), то примите для выполнения расчетов в пункте с) концентрацию CO_2 равную 6 г/л.
- Объясните, почему при открывании бутылки с игристым вином начинает активно выделяться газ.

Задача 2. (18 б.)

Гераниол и нерол являются друг для друга цис-транс изомерами. Гераниол (транс-изомер) – основной компонент эфирного масла цветков розы. Нерол (цис-изомер) содержится в масле бергамота. Известно, что:

- гераниол реагирует с металлическим натрием в молярном отношении 1:1 с выделением водорода;
- при озонлизе 1 моль гераниола образуются 1 моль пропан-2-она, 1 моль 2-гидроксиэтаналь и 1 моль 4-оксопентаналь;
- при окислении 1 моль гераниола хромовой кислотой образуются 1 моль пропан-2-она, 1 моль 4-оксопентановой кислоты и 2 моль оксида углерода(IV).

Для полного выяснения структуры была проведена серия превращений, представленная ниже на схеме:



Представьте структурные формулы для гераниола и нерола (с учетом стереохимии) и соединений X¹-X⁸ (без учета стереохимии). Дайте названия по IUPAC для соединений X¹-X⁷.

Задача 3. (21 б.)

В пронумерованных пробирках **1 – 6** находятся по одному раствору из представленного в таблице 1 списка (один и тот же раствор не может находиться в разных пробирках). Для определения содержимого пробирок была изучена окраска растворов, проведено исследование растворов с помощью кислотно-основного индикатора, и произведено попарное смешивание равных объёмов растворов. Полученные наблюдения представлены в таблице 2.

- Укажите, раствор какого вещества содержится в каждой из пробирок **1 – 6**.
- Запишите в сокращенной ионной форме уравнения всех реакций, которые протекали в процессе попарного смешивания растворов. Указывайте, при смешении растворов из каких пробирок протекала каждая реакция (пример записи ответа: **(1) + (2)**: $2\text{I}^- + \text{Pb}^{2+} = \text{PbI}_2$).

Таблица 1. Список растворов и их молярных концентраций.

HCl (0,3 M)	NaOH (0,1 M)	KOH (0,5 M)	Na ₂ CO ₃ (0,1 M)	Na ₂ S (0,1 M)	Ba(NO ₃) ₂ (0,1 M)
AlCl ₃ (0,05 M)	Fe ₂ (SO ₄) ₃ (0,05 M)	Pb(CH ₃ COO) ₂ (0,01 M)	Cu(NO ₃) ₂ (0,02 M)	AgNO ₃ (0,05 M)	KMnO ₄ (0,05 M)

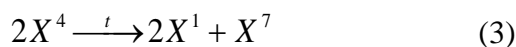
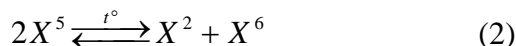
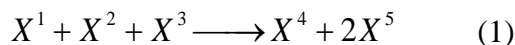
Таблица 2. Наблюдения.

Номер пробирки	1	2	3	4	5	6
1		↓	↓ и ↑ б/з	–	–	↓
2			–	↓	–	–
3				↓ + ↑ б/з	↑ б/з	–
4					–	↓ + ↑ с запахом
5						↑ с запахом
6						
Метилоранж	красный	желтый	желтый	красный	красный	желтый
Окраска раствора	Желто-коричневый	б/цв	б/цв	б/цв	б/цв	б/цв

Примечание: “–” – нет видимого эффекта (выпадения осадка или выделения газа); “↓” – образуется осадок; “↑” – выделяется газ; “б/цв” – бесцветный; “б/з” – без запаха.

Задача 4. (24 б.)

В 1973 году была предложена принципиальная схема получения ценного для энергетики простого вещества, которая включает в себя три взаимосвязанных реакции с веществами X^{1-7} (в уравнениях реакций приведены все стехиометрические коэффициенты):



Известно, что:

- три вещества из серии X^{1-7} являются простыми веществами;
- вещество X^4 состоит из трех элементов;
- массовая доля кислорода в X^4 в 1,152 раза больше, чем в X^1 ;
- при н.у. X^2 находится в твердом агрегатном состоянии, а при нагревании образует пары фиолетовой окраски;
- нагревание вещества X^1 с порошком цинка в растворе гидроксида натрия приводит к выделению газа с характерным запахом X^8 , который вызывает изменение окраски влажной фенолфталеиновой бумажки;
- нагревание вещества X^4 с алюминиевым порошком в растворе гидроксида натрия также приводит к выделению газа X^8 .

а) Напишите формулы веществ X^{1-7} .

б) Напишите в сокращенной ионной форме уравнения описанных выше реакций, идущих с образованием газа X^8 .

Для определения константы равновесия реакции (2), протекающей в газовой фазе при постоянной температуре, в предварительно вакуумированный сосуд объемом 2,50 дм³ при температуре 800 К поместили 0,00762 моль вещества X^5 . В результате получили следующие значения количества вещества X^5 с течением времени:

t, с	0	20	100	500	2500	3000
$\nu(X^5)$, моль	0,00762	0,00753	0,00720	0,00622	0,00587	0,00587

Рассчитайте:

- с) среднюю скорость разложения вещества X^5 за первые 20 с;
- д) среднюю скорость образования X^2 за первые 20 с;
- е) давление в сосуде в начальный момент времени ($t = 0$ с) и в момент времени 3000 с;
- ф) константу равновесия K_C (выраженную через молярные концентрации веществ) для реакции (2) при температуре 800 К.

При проведении аналогичного эксперимента при 850 К получили следующие данные:

t, с	0	20	100	500	2500	3000
$\nu(X^5)$, моль	0,00545	0,00531	0,00485	0,00416	0,00413	0,00413

г) Определите, является ли реакция (2) экзотермической или эндотермической. Аргументируйте ваш ответ.

Примечание: в ответах на вопросы с)-г) покажите ваши расчеты и не забывайте единицы измерения.