

ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ

районный/муниципальный тур, 14 февраля 2026 года, XII-ый класс

Решения и схема оценивания

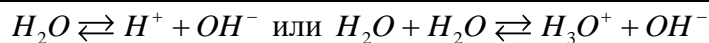
Всего 100 б.

Задание	Содержание верного ответа и указания по оцениванию	Баллы	Всего баллов
Тест	<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> <p>Ответ: c) 99,5</p> <p>Вариант решения:</p> <p>Химическое уравнение процесса титрования:</p> $2 \text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ $v_{\text{ал.}}(\text{KOH}) = 2 \cdot v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V_{\text{p-p}}(\text{H}_2\text{SO}_4) =$ $= 2 \cdot 0,0503 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot 0,03847 \text{ л} = 3,870 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$ $v_{\Sigma}(\text{KOH}) = v_{\text{ал.}}(\text{KOH}) \cdot \frac{V_{\text{p-p.}}(\text{KOH})}{V_{\text{ал.}}(\text{KOH})} = 3,870 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot \frac{250,0 \text{ мл}}{50,0 \text{ мл}} =$ $= 0,01935 \text{ моль}$ <p>Масса вещества KOH, содержащегося в 250,0 мл раствора:</p> $m_{\Sigma}(\text{KOH}) = v_{\Sigma}(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH}) = 0,01935 \text{ моль} \cdot 56 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 1,0836 \text{ г}$ <p>Чистота пробы гидроксида калия (массовая доля KOH в анализируемой пробе):</p> $\omega(\text{KOH}) = \frac{m_{\Sigma}(\text{KOH})}{m(\text{проба})} = \frac{1,0836 \text{ г}}{1,0886 \text{ г}} = 0,995 = 99,5\%$ <p>Примечание: необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 2 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>	2 б.	26 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> <p>Ответ: c) 494,1 кг</p> <p>Вариант решения:</p> <p>Термохимическое уравнение реакции нейтрализации:</p> $NH_3 + HNO_3 = NH_3NO_3 + 106,09 \text{ кДж}$ <p>Определяем количество вещества NH_3:</p> $\nu(NH_3) = \frac{m(NH_3)}{M(NH_3)} = \frac{212,5 \text{ кг}}{17 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}} = 12,5 \text{ кмоль}$ <p>Тогда выделяющееся количество теплоты:</p> $Q = Q_r \cdot \nu(NH_3) = 106,09 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \cdot 12500 \text{ моль} = 106,09 \frac{\text{МДж}}{\text{кмоль}} \cdot 12,5 \text{ кмоль} = 1326,125 \text{ МДж} = 1326125 \text{ кДж}$ <p>Тогда масса воды, которая поглотит такое количество теплоты в процессе испарения:</p> $m(H_2O) = \frac{Q}{L} = \frac{1326125 \text{ кДж}}{2684 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}} = 494,1 \text{ кг}$ <p>Примечание: необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 2 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>	2 б.
<p>3. Для увеличения в 8 раз скорости химической реакции, протекающей по уравнению $2 CO + O_2 \longrightarrow 2 CO_2$, необходимо повысить концентрацию:</p> <p>a) оксида углерода(II) в 8 раз; b) оксида углерода(II) в 2 раза;</p> <p>c) кислорода в 4 раза; d) кислорода в 8 раз.</p> <p>Ответ: d) кислорода в 8 раз</p> <p>Вариант решения:</p> <p>Закон действующих масс представляет собой основной закон химической кинетики: скорость реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ в степенях, равных соответствующим стехиометрическим коэффициентам. В случае данной реакции закон действующих масс выражается уравнением:</p> $v_0 = k \cdot C_{CO}^2 \cdot C_{O_2}$	1 б.

	<p>Скорость реакции прямо пропорциональна концентрации кислорода, поэтому для увеличения скорости реакции в 8 раз необходимо повысить концентрацию кислорода в 8 раз.</p> <p>Примечание: необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>		
	<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>а) 536,2 кг извести; 726,9 кг антрацита; б) 926,4 кг извести; 527,3 кг антрацита; с) 230,9 кг извести; 626,4 кг антрацита; д) 762,3 кг извести; 625,2 кг антрацита.</p> <p>Ответ: б) 926,4 кг извести; 527,3 кг антрацита</p> <p>Вариант решения:</p> <p>Химическое уравнение процесса получения карбида кальция:</p> $CaO + 3C \xrightarrow{t^{\circ}} CaC_2 + CO$ <p>Масса вещества CaC₂ в техническом карбиде кальция:</p> $m(CaC_2) = \frac{m(\text{продукт}) \cdot \omega(CaC_2)}{100\%} = \frac{1000 \text{ кг} \cdot 90\%}{100\%} = 900 \text{ кг}$ $\nu(CaC_2) = \frac{m(CaC_2)}{M(CaC_2)} = \frac{900 \text{ кг}}{64 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}} = 14,06 \text{ кмоль}$ <p>Тогда необходимые количества оксида кальция и углерода:</p> $\nu(CaO) = \nu(CaC_2) = 14,06 \text{ кмоль}$ $\nu(C) = 3 \cdot \nu(CaC_2) = 3 \cdot 14,06 \text{ кмоль} = 42,18 \text{ кмоль}$ $m(CaO) = \nu(CaO) \cdot M(CaO) = 14,06 \text{ кмоль} \cdot 56 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}} = 787,4 \text{ кг}$ $m(\text{известь}) = \frac{m(CaO)}{\omega(CaO)} = \frac{787,4 \text{ кг}}{0,85} = 926,4 \text{ кг}$ $m(C) = \nu(C) \cdot M(C) = 42,18 \text{ кмоль} \cdot 12 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}} = 506,2 \text{ кг}$ $m(\text{антрацит}) = \frac{m(C)}{\omega(C)} = \frac{506,2 \text{ кг}}{0,96} = 527,3 \text{ кг}$	2 б.	

<p>Примечание: необходимо указать только ответ; за правильный ответ – 2 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>		
	<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 В (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> <p>Ответ: c) 0,0486</p> <p>Вариант решения:</p> <p>При повышении температуры на 10 градусов скорость реакции возрастает в 3 раза => температурный коэффициент реакции $\gamma = 3$.</p> <p>По правилу Вант Гоффа:</p> $\frac{v_{T_2}}{v_{T_1}} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}} = \gamma^{\frac{\Delta T}{10}}$ <p>Вычислим скорость реакции при температуре, повышенной на 50°C:</p> $v_{T_2} = v_{T_1} \cdot \gamma^{\frac{\Delta T}{10}} = 2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}} \cdot 3^{\frac{50}{10}} = 4,86 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}}$ <p>Скорость реакции можно выразить через изменения концентраций любого из реагирующих или образующихся веществ с учетом стехиометрических коэффициентов:</p> $v = -\frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta c(A)}{\Delta \tau} = -\frac{\Delta c(B)}{\Delta \tau} = \frac{\Delta c(C)}{\Delta \tau} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\Delta c(D)}{\Delta \tau}$ $\Delta c(B) = -1 \cdot v_{T_2} \cdot \Delta t = -4,86 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}} \cdot 10 \text{ с} = -0,0486 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$ $\Rightarrow c_{\text{прореаг.}}(B) = 0,0486 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$ <p>Примечание: необходимо указать только ответ; за правильный ответ – 3 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</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) $3,5 \cdot 10^{-9}$ % ;</p> <p>c) $1,8 \cdot 10^{-7}$ %; d) $1,0 \cdot 10^{-12}$ %.</p> <p>Ответ: c) $1,8 \cdot 10^{-7}$ %</p> <p>Вариант решения:</p>	1 р.	



Ионное произведение:

$$K_w = [H^+] \cdot [OH^-] = [H_3O^+] \cdot [OH^-]$$

Степень диссоциации:

$$\alpha = \frac{N_{\text{диссоциированных молекул}}}{N_{\text{всего молекул}}} = \frac{V_{\text{диссоциированных молекул}}}{V_{\text{всего молекул}}} =$$

$$= \frac{c_{\text{диссоциированных молекул}}}{c_{\text{всего молекул}}} = \frac{[H^+]}{c(H_2O)} = \frac{[H_3O^+]}{c(H_2O)} = \frac{[OH^-]}{c(H_2O)}$$

$$[H^+] = [H_3O^+] = [OH^-] = \sqrt{K_w} = \sqrt{1 \cdot 10^{-14}} = 10^{-7} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Вычисляем количество вещества воды в одном литре воды:

$$c(H_2O) = \frac{\nu(H_2O)}{V} = \frac{\frac{m(H_2O)}{M(H_2O)}}{V} = \frac{\frac{V \cdot \rho(H_2O)}{M(H_2O)}}{V} = \frac{\rho(H_2O)}{M(H_2O)} =$$

$$= \frac{1000 \frac{\text{г}}{\text{л}}}{18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 55,56 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Рассчитываем степень диссоциации воды:

$$\alpha = \frac{10^{-7}}{55,56} = 1,8 \cdot 10^{-9} = 1,8 \cdot 10^{-7} \%$$

Примечание: необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.

7. Четыре раствора (А – D) были получены путем растворения в одинаковых объемах воды (1 л) 3 г сульфата натрия (раствор А), 5 г хлорида аммония (раствор В), 2 г этилата натрия (этоксиды натрия) (раствор С), 5 г ацетата натрия (раствор D). Значения рН растворов увеличивается в ряду:

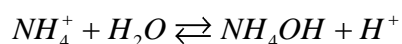
а) А<В<D<С; б) В<А<D<С; в) С<D<В<А; д) А<В<D<С.

Ответ: б) В<А<D<С

Комментарий:

Раствор А: $Na_2SO_4 \longrightarrow 2Na^+ + SO_4^{2-}$ - соль сильной кислоты и сильного основания, гидролизу не подвергается, рН = 7.

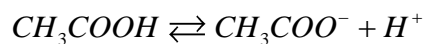
Раствор В: $NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$ - соль сильной кислоты и слабого основания, подвергается гидролизу по катиону, рН < 7.



	<p>Раствор С: $C_2H_5ONa \longrightarrow C_2H_5O^- + Na^+$ - соль очень слабой кислоты (этанола) и сильного основания, полностью гидролизуется, сильнощелочная среда, $pH > 7$.</p> $C_2H_5O^- + H_2O \longrightarrow C_2H_5OH + OH^-$ <p>Раствор D: $CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$ - соль слабой кислоты и сильного основания, подвергается гидролизу по аниону, $pH > 7$.</p> $CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$ <p>Примечание: необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 2 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>		
	<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>а) 3; б) 7; в) 8; г) 9.</p> <p>Ответ: а) 3</p> <p>Вариант решения:</p> <p>Имеются равные объемы раствора сильного основания (раствор 1) и раствора слабой кислоты (раствор 2).</p> <p>Для раствора сильного основания понятно и без особых расчетов, что:</p> $c_1(NaOH) = [OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-3} \frac{моль}{л}$ <p>Второй раствор слабой кислоты. Если не делать расчетов, то можно рассуждать следующим образом: если бы был раствор сильной кислоты, например HCl, то концентрация раствора была бы $c_2(HCl) = 10^{-pH} = 10^{-3} \frac{моль}{л}$, а раствор слабой кислоты с той же концентрацией явно был бы менее кислым => потребовалась бы большая концентрация слабой кислоты, чтобы получить то же значение pH => концентрация кислоты больше $10^{-3} \frac{моль}{л}$ => при смешивании равных объемов растворов кислота будет находиться в избытке => после завершения реакции слабой кислоты со щелочью кислота останется в избытке => в растворе будет слабая кислота и ее соль, т.е. буферный раствор с кислой реакцией. Единственный подходящий ответ а) 3 (кислая среда).</p> <p>Подтверждающие расчеты:</p> $NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$	2 б.	

$$c_1(\text{NaOH}) = [\text{OH}^-] = 10^{-pOH} = 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$v(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$



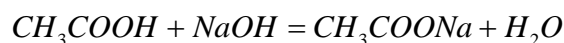
$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}^+] = 10^{-pH} = 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{K_a} = \frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 0,05556 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$\begin{aligned} c(\text{CH}_3\text{COOH}) &= [\text{CH}_3\text{COOH}] + [\text{CH}_3\text{COO}^-] = \\ &= (0,05556 + 10^{-3}) \frac{\text{моль}}{\text{л}} = 0,05656 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v(\text{CH}_3\text{COOH}) &= c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH}) = 56,56 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot 1 \text{ л} = \\ &= 56,56 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \end{aligned}$$

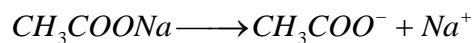
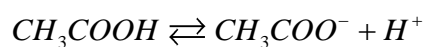


Уксусная кислота находится в избытке. Тогда, после завершения реакции:

$$v_2(\text{CH}_3\text{COONa}) = v(\text{NaOH}) = 10^{-3} \text{ моль}$$

$$\begin{aligned} v_2(\text{CH}_3\text{COOH}) &= v(\text{CH}_3\text{COOH}) - v(\text{NaOH}) = \\ &= 56,56 \cdot 10^{-3} \text{ моль} - 10^{-3} \text{ моль} = 55,56 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \end{aligned}$$

Все ответы даны с точностью в одну значащую цифру, поэтому расчет можно делать с упрощением.



$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] \approx c_2(\text{CH}_3\text{COONa})$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] \approx c_2(\text{CH}_3\text{COOH})$$

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

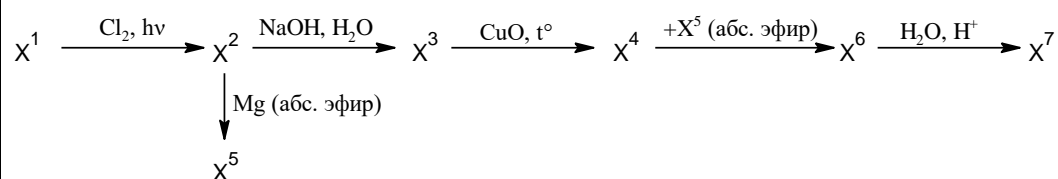
$$[H^+] = K_a \cdot \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]} \approx K_a \cdot \frac{c_2(CH_3COOH)}{c_2(CH_3COONa)} = K_a \cdot \frac{v_2(CH_3COOH)}{v_2(CH_3COONa)} =$$

$$= 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{55,56 \cdot 10^{-3}}{10^{-3}} \approx 0,001000 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

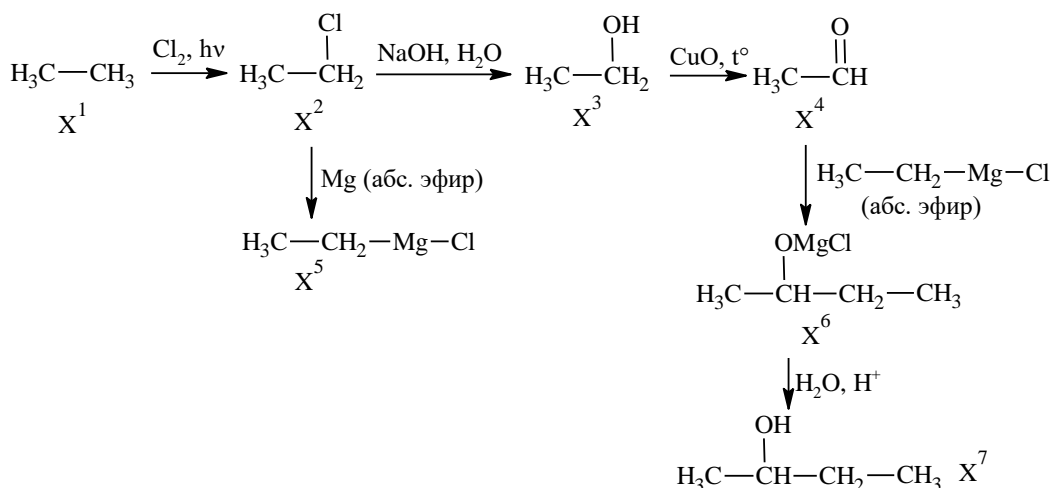
$$pH = -\lg[H^+] = 3,0$$

Примечание: необходимо дать только ответ; за правильный ответ – 2 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.

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:



Ответ:



Комментарий:

Предельный одноатомный спирт имеет общую формулу C_nH_{2n+2}O

Его молярная масса:

$$M(C_nH_{2n+2}O) = (12 \cdot n + 1 \cdot (2n + 2) + 16 \cdot 1) \frac{г}{\text{моль}} = (14n + 18) \frac{г}{\text{моль}}$$

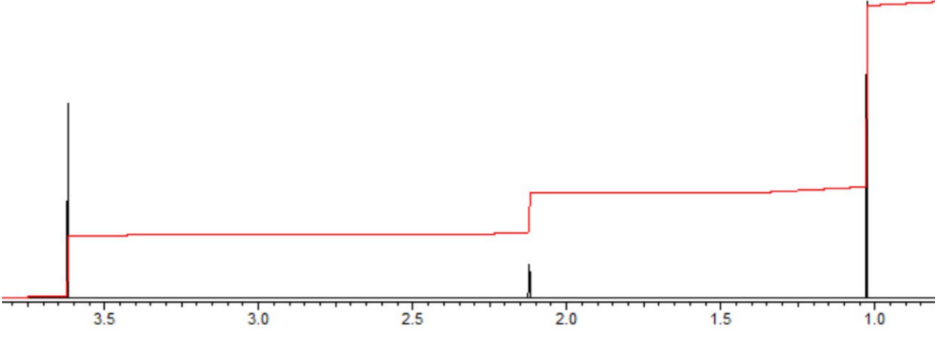
Решаем неравенство:

$$14n + 18 < 100$$

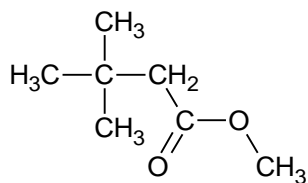
$$14n < 82$$

$$n < 5,85$$

=> рассматриваем спирты до C₅

	<p>С₁ – нет вторичных спиртов; С₂ – нет вторичных спиртов; С₃ – пропан-2-ол; С₄ – бутан-2-ол; С₅ – пентан-2-ол; пентан-3-ол; 3-метилбутан-2-ол.</p> <p>Проанализируем цепочку превращений. Увеличение количества атомов углерода происходит только при взаимодействии X⁴ с X⁵, причем X⁴ и X⁵ содержат одинаковое число атомов углерода => в результате заданных в схеме превращений можно получить только спирт с четным числом атомов углерода => X⁷ – бутан-2-ол => X¹ содержит в своем составе два атома углерода. По условию протекания реакций понятно, что X¹ – этан.</p> <p>Примечание: по 1 б. за каждую верную структурную формулу X¹⁻⁷.</p>		
	<p>10. Приведите структурную формулу органического вещества с массовой долей углерода 64,58%, если известно, что:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 CO₂ и H₂O; – 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. <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Рис. 1. Спектр ЯМР ¹H</p>	4 б.	

Ответ:



Вариант решения:

При сгорании в кислороде образуются только CO₂ и H₂O => C_xH_y или C_xH_yO_z.

Не реагирует с бромной водой => нет кратных связей углерод-углерод.

Не реагирует с металлическим натрием => не кислота и не спирт.

При гидролизе образуется метанол => скорее всего сложный эфир; полуацеталь не рассматриваем, так как реагирует с натрием; ацеталь будем держать как запасной вариант.

Число водородов как минимум 3+2+9 = 14 => не менее 6 углеродов.

По массовой доле углерода попытаемся найти молекулярную формулу:

$$\omega(C) = \frac{n(C) \cdot M(C)}{M(C_xH_yO_z)}$$

$$M(C_xH_yO_z) = \frac{n(C) \cdot M(C)}{\omega(C)} = \frac{n(C) \cdot 12 \frac{г}{моль}}{0,6458} = 18,58 \cdot n(C) \frac{г}{моль}$$

$$n(C) = 6 \quad M(C_xH_yO_z) = 18,58 \cdot 6 \frac{г}{моль} = 111,49 \frac{г}{моль}$$

$$n(C) = 7 \quad M(C_xH_yO_z) = 18,58 \cdot 7 \frac{г}{моль} = 130,06 \frac{г}{моль}$$

$$n(C) = 8 \quad M(C_xH_yO_z) = 18,58 \cdot 8 \frac{г}{моль} = 148,64 \frac{г}{моль}$$

Лучше всего подходит C₇.

Тогда:

$$n(O) = \frac{M_r(C_7H_{14}O_z) - 7 \cdot 12 - 14 \cdot 1}{16} = \frac{130 - 7 \cdot 12 - 14 \cdot 1}{16} = 2$$

Молекулярная формула:



$$NE = \frac{7 \cdot 2 + 2 - 14}{2} = 1$$

В спектре ЯМР ¹H 9 эквивалентных атомов водорода => три эквивалентные метильные группы => трет-бутильный радикал.

	<p>3 эквивалентных атома водорода – метильная группа остатка метанола. 2 эквивалентных атома водорода – группа CH₂.</p> <p>Примечание: Предложенная структурная формула имеет состав C₇H₁₄O₂ – 1 б. Предложенная структурная формула является сложным эфиром – 1 б. Предложенная структурная формула является эфиром метилового спирта – 1 б. Предложенная структурная формула содержит трет-бутильный фрагмент – 1 б. Если участник предлагает более одного варианта ответа, то в таком случае оценивается вариант, который дает наименьшее число баллов.</p>		
Задача 1.	<p>По содержанию CO₂ (c_m(CO₂)), вина классифицируются на следующие типы: тихие вина (c_m(CO₂) < 1 г/л); шипучие вина (c_m(CO₂) = 1–4 г/л); игристые вина (c_m(CO₂) > 4 г/л). Для определения содержания CO₂, 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).</p> <p>а) Определите концентрацию CO₂ в вине (c(CO₂) (в моль/л) и c_m(CO₂) (в г/л)). Приведите ваши расчёты. Запишите уравнения химических реакций, протекавших в процессе абсорбции и титрования.</p> <p>б) Исходя из полученной концентрации CO₂, отнесите исследованное вино к одному из указанных типов.</p> <p>Согласно закону Генри, при постоянной температуре количество газа, растворяющегося в жидкости, прямо пропорционально парциальному давлению этого газа над раствором:</p> $c(X) = k_H \cdot p(X),$ <p>где X – газообразное вещество; k_H - константа Генри; p(X) - парциальное давление газа;</p> <p>c(X) - молярная концентрация X в растворе.</p> <p>При температуре 20°C константа Генри для CO₂ в вине:</p> $k_H = 3,4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{атм}}.$		11 б.

<p>Значение рН для вина приблизительно равно 3,2. В этих условиях можно пренебречь диссоциацией молекул H_2CO_3.</p> <p>с) 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.</p> <p>д) Объясните, почему при открывании бутылки с игристым вином начинает активно выделяться газ.</p>		
<p>Решение:</p> $CO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$ $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$	2 б.	
$v_0(NaOH) = c_0(NaOH) \cdot V_{0,p-p}(NaOH) = 0,1000 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot 0,05000 \text{ л} =$ $= 0,005000 \text{ моль} = 5,000 \text{ ммоль}$	0,5 б.	
$v(HCl) = c(HCl) \cdot V_{p-p}(HCl) = 0,1000 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot 0,01170 \text{ л} = 0,001170 \text{ моль} =$ $= 1,170 \text{ ммоль}$	0,5 б.	
<p>Тогда количество веществ NaOH, израсходованное в процессе хемосорбции:</p> $v_1(NaOH) = v_0(NaOH) - v_2(NaOH) = v_0(NaOH) - v(HCl) =$ $= (5,000 - 1,170) \text{ ммоль} = 3,830 \text{ ммоль}$ $v(CO_2) = \frac{v_1(NaOH)}{2} = \frac{3,830 \text{ ммоль}}{2} = 1,915 \text{ ммоль}$ $c(CO_2) = \frac{v(CO_2)}{V(\text{проба})} = \frac{1,915 \text{ ммоль}}{25,00 \text{ мл}} = 0,07660 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$	3 б.	
$c_m(CO_2) = c_m(CO_2) \cdot M(CO_2) = 0,07660 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot 44 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 3,37 \frac{\text{г}}{\text{л}}$	1 б.	
<p>б)</p> $1 \frac{\text{г}}{\text{л}} < 3,37 \frac{\text{г}}{\text{л}} < 4 \frac{\text{г}}{\text{л}} \Rightarrow \text{проба шипучего вина}$	1 б.	
<p>с)</p> $p(CO_2) = \frac{c(CO_2)}{k_H} = \frac{0,07660 \frac{\text{моль}}{\text{л}}}{3,4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{атм}}} = 2,3 \text{ атм}$ <p>Если рассчитать значение концентрации в пункте а) не получилось и участник использовал альтернативное значение концентрации 6 г/л, то:</p>	2 б.	

	$p(\text{CO}_2) = \frac{c(\text{CO}_2)}{k_H} = \frac{c_m(\text{CO}_2)}{k_H} = \frac{\frac{6 \frac{\text{г}}{\text{л}}}{44 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}}{3,4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{атм}}} = 4 \text{ атм}$		
	<p>d) Парциальное давление CO_2 в воздухе много меньше давления CO_2 необходимого для создания концентрации $\text{CO}_2 > 4 \text{ г/л}$. Поэтому при открытии бутылки равновесие нарушается и смещается в сторону образования газа.</p>	1 б.	
	<p>Примечание: принимаются любые другие верные и логичные решения. При ошибке в вычислении снимаются баллы за соответствующий этап. Дальнейшие расчеты производятся исходя из ошибочно найденного числа. При возникновении повторной ошибки в вычислениях также снимаются баллы за соответствующий этап, где была произведена ошибка.</p>		
<p>Задача 2.</p>	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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-гидроксиэтанала и 1 моль 4-оксопентанала; – при окислении 1 моль гераниола хромовой кислотой образуются 1 моль пропан-2-она, 1 моль 4-оксопентановой кислоты и 2 моль оксида углерода(IV). <p>Для полного выяснения структуры была проведена серия превращений, представленная ниже на схеме:</p> $ \begin{array}{ccccccc} \text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O} & \xrightarrow{2 \text{ H}_2, [\text{Pt}]} & \text{X}^1 & \xrightarrow[\text{- H}_2\text{O}]{\text{H}^+, \text{t}^\circ} & \text{X}^2 & \xrightarrow{\text{HBr}} & \text{X}^3 & \xrightarrow{\text{KOH, этанол}} & \text{X}^4 & \xrightarrow[\text{- CH}_3\text{COOH}]{\text{H}_2\text{CrO}_4} & \text{X}^5 & \xrightarrow{\text{H}_2, \text{кат.}} & \text{X}^6 & \xrightarrow[\text{- H}_2\text{O}]{\text{H}^+, \text{t}^\circ} & \text{X}^7 & \xrightarrow[\text{- CH}_3\text{COOH}]{\text{H}_2\text{CrO}_4} & \text{X}^8 \\ \text{Гераниол} & & & & & & & & & & & & & & & & & \text{4-метилпентановая} \\ & & & & & & & & & & & & & & & & & \text{кислота} \end{array} $ <p>Представьте структурные формулы для гераниола и нерола (с учетом стереохимии) и соединений X^1-X^8 (без учета стереохимии). Дайте названия по IUPAC для соединений X^1-X^7.</p>	18 б.	
	<p>Решение:</p>		

Далее представлен один из вариантов, как можно было определить структурные формулы веществ в этой задаче.

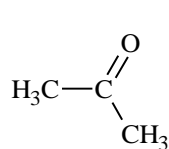
Гераниол реагирует с металлическим натрием в молярном отношении 1:1 с выделением водорода => скорее всего является спиртом. В молекулярной формуле есть один кислород, что поддерживает эту идею.

Удобно для дальнейшего решения, чтобы заранее понимать, какие группы можно ожидать в строении этого вещества, рассчитать степень ненасыщенности или эквивалентное число двойных связей:

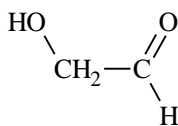
$$NE = \frac{n(C) \cdot 2 + 2 - n(H) - n(Hal) + n(N)}{2} = \frac{10 \cdot 2 + 2 - 18}{2} = 2$$

=> может быть две двойные связи, одна тройная связь, цикл и двойная связь или два цикла.

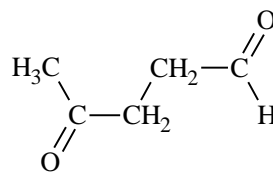
Продукты озонлиза:



пропан-2-он



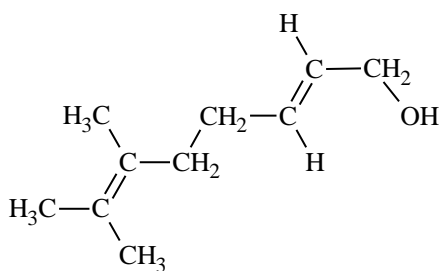
2-гидроксиэтаналь



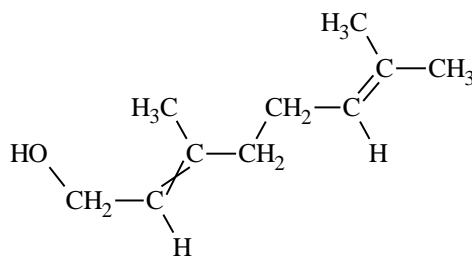
4-оксопентаналь

Образование трех продуктов озонлиза указывает на наличие двух двойных C=C связей => учитывая NE=2, соединение ациклическое и предположение о том, что гераниол является спиртом, верно.

По продуктам озонлиза можно попытаться восстановить строение гераниола, но вариантов строения будет два:



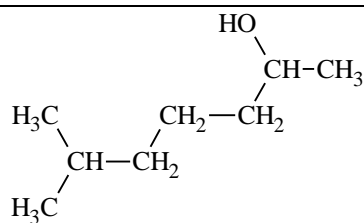
A¹



A²

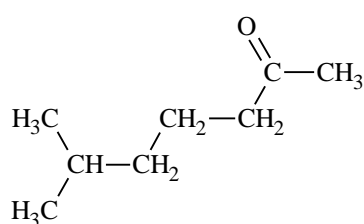
Для тех, кто знает, что гераниол является терпеноидом, а терпеноиды состоят из фрагментов изопрена, становится очевидным, что именно второй вариант структуры верный.

Но продолжим рассматривать имеющиеся данные с целью установления структуры.



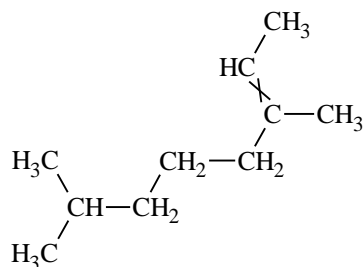
X⁶

X⁶ образуется из X⁵ в результате гидрирования. Гидрированию могла подвергаться связь C=C или C=O, но так как X⁵ образуется в результате реакции окисления X⁴, в результате которой связи C=C должны были бы окислиться, то для X⁵ предложим формулу кетона:



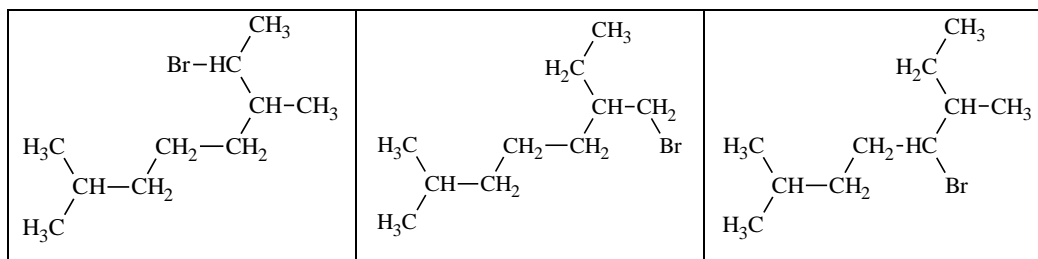
X⁵

Окисление X⁴ идет с образованием X⁵ и уксусной кислоты. Тогда строение X⁴:

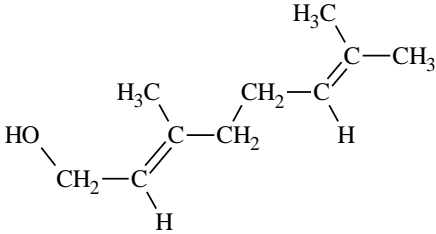
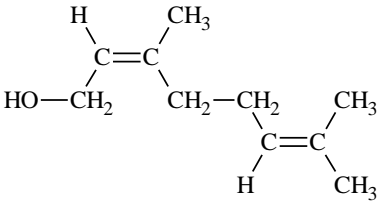
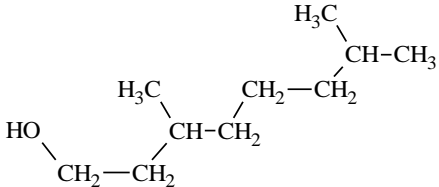
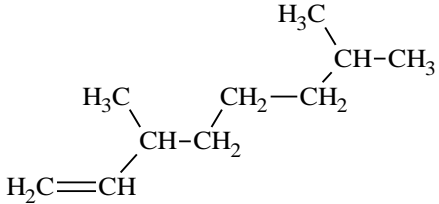


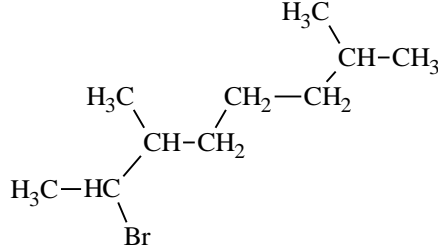
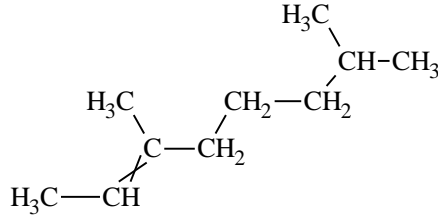
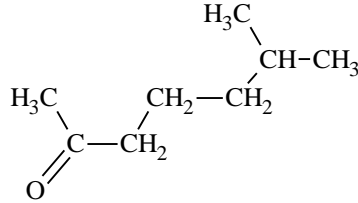
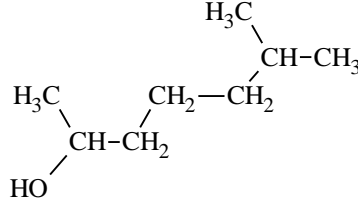
X⁴

X⁴ образуется в результате реакции дегидрогалогенирования X³, а X³ был получен по реакции гидробромирования. Тогда варианты структур для соединения X⁴:



X³ получался гидробромированием X², который в свою очередь получался по реакции дегидратации. Тогда, учитывая, что данные реакции идут по

	<p>Гераниол</p>  <p>Нерол</p>  <p>Примечание: требуются только верные структурные формулы гераниола и нерола с правильно указанной стереохимией – по 1,5 б. за каждую верную формулу. Если в структурной формуле есть ошибка/ошибки в количестве водородов, то вместо 1,5 б. ставится 1,25 б. Если не указана стереохимия – 0 б. Любая другая ошибка в структурной формуле – 0 б.</p>	3 б.	
	<p>X¹</p>  <p>3,7-диметилоктан-1-ол</p> <p>Примечание: требуется только верная структурная формула X¹ – 1 б. за верную структурную формулу. Если в структурной формуле есть ошибка/ошибки в количестве водородов, то вместо 1 б. ставится 0,75 б. Любая другая ошибка в структурной формуле – 0 б. Верное систематическое название – 1 б. Балл за систематическое название ставится только при правильной структурной формуле.</p>	2 б.	
	<p>X²</p>  <p>3,7-диметил-1-окт-1-ен</p> <p>Примечание: требуется только верная структурная формула X² – 1 б. за верную структурную формулу. Если в структурной формуле есть ошибка/ошибки в количестве водородов, то вместо 1 б. ставится 0,75 б. Любая другая ошибка в структурной формуле – 0 б. Верное систематическое название – 1 б. Балл за систематическое название ставится только при правильной структурной формуле.</p>	2 б.	

<p>X³</p>	 <p>2-бром-3,7-диметилоктан</p>	<p>2 б.</p>	
<p>X⁴</p>	 <p>3,7-диметил-окт-2-ен</p>	<p>2 б.</p>	
<p>X⁵</p>	 <p>6-метилгептан-2-он</p>	<p>2 б.</p>	
<p>X⁶</p>	 <p>6-метилгептан-2-ол</p>	<p>2 б.</p>	

	<p>Примечание: требуется только верная структурная формула X⁶ – 1 б. за верную структурную формулу. Если в структурной формуле есть ошибка/ошибки в количестве водородов, то вместо 1 б. ставится 0,75 б. Любая другая ошибка в структурной формуле – 0 б. Верное систематическое название – 1 б. Балл за систематическое название ставится только при правильной структурной формуле.</p>		
<p>X⁷</p>	<div style="text-align: center;"> <chem>CC(C)C=CC(C)C</chem> </div> <p>6-метилгепт-2-ен</p> <p>Примечание: требуется только верная структурная формула X⁷ – 1 б. за верную структурную формулу. Если в структурной формуле есть ошибка/ошибки в количестве водородов, то вместо 1 б. ставится 0,75 б. Любая другая ошибка в структурной формуле – 0 б. Верное систематическое название – 1 б. Балл за систематическое название ставится только при правильной структурной формуле.</p>	2 б.	
<p>X⁸</p>	<div style="text-align: center;"> <chem>CC(C)CC(=O)O</chem> </div> <p>4-метилпентановая кислота</p> <p>Примечание: требуется только верная структурная формула X⁸ – 1 б. за верную структурную формулу. Если в структурной формуле есть ошибка/ошибки в количестве водородов, то вместо 1 б. ставится 0,75 б. Любая другая ошибка в структурной формуле – 0 б.</p>	1 б.	
<p>Задача 3.</p>	<p>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.</p> <p>а) Укажите, раствор какого вещества содержится в каждой из пробирок 1 – 6.</p> <p>б) Запишите в сокращенной ионной форме уравнения всех реакций, которые протекали в процессе попарного смешивания растворов. Указывайте, при</p>	21 б.	

смешении растворов из каких пробирок протекала каждая реакция (пример записи ответа: **(1) + (2)**: $2I^- + Pb^{2+} = PbI_2$).

Таблица 1. Список растворов и их молярных концентраций.

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

Решение:

Далее представлен один из вариантов, как можно определить содержимое пробирок.

В первую очередь обратим внимание на окраску растворов. Только один является окрашенным в желто-коричневый цвет => вычеркиваем из таблицы нитрат меди (синий или голубой раствор) и перманганат калия (фиолетовый раствор). Желто-коричневый раствор Fe₂(SO₄)₃ находится в пробирке **1**. Проанализируем окраску индикатора. Из-за гидролиза метилоранж окрашивает раствор в красный цвет, что указывает на достаточно сильно-кислую среду.

Метилоранж также окрашивает в красный цвет растворы **4** и **5**. В списке веществ присутствует одна кислота (HCl), а также подвергающаяся гидролизу по катиону соль (AlCl₃). Других вариантов растворов для пробирок **4** и **5** нет. Метилоранж окрашивает растворы из пробирок **2**, **3** и **6** в желтый. Однако из-за того, что метилоранж меняет свою окраску в интервале pH = 3,1 – 4,4, в этих пробирках могут быть как щелочи (NaOH, KOH), так и гидролизующиеся по аниону соли (Na₂CO₃, Na₂S), гидролизующиеся как по катиону, так и по аниону соли (Pb(CH₃COO)₂) и практически не подвергающиеся или подвергающиеся в малой степени гидролизу соли (AgNO₃, Ba(NO₃)₂).

Окраски осадков не указаны, но есть информация о наличии или отсутствии запаха у образующихся газов.

Раствор из пробирки **3** дает с кислыми растворами из пробирок **1**, **4**, **5** (т.е. с Fe₂(SO₄)₃, HCl и AlCl₃) газ без запаха. Единственным веществом из списка, которое может давать газ без запаха при взаимодействии с этими тремя веществами, является Na₂CO₃ => в пробирке **3** – Na₂CO₃.

Раствор из пробирки **6** с кислыми растворами из пробирок **4** и **5** образует газ с запахом. Единственным веществом, которое при взаимодействии с кислотами образует газ с запахом, является Na₂S => в пробирке **6** – Na₂S.

Определяемся с содержимым пробирок **4** и **5**. При взаимодействии Na₂S (из пробирки **6**) с раствором из пробирки **5** выделяется только газ, а в случае раствора из пробирки **4** образуется и газ, и осадок => в пробирке **5** находится HCl, а в пробирке **4** – AlCl₃.

Раствор из пробирки **2** не образует с раствором HCl (из пробирки **5**) осадка => в пробирке **2** не может быть AgNO₃. Раствор из пробирки **2** не образует с раствором Na₂CO₃ (из пробирки **3**) осадка => в пробирке **2** не может быть Ba(NO₃)₂. Раствор из пробирки **2** не образует осадка с раствором Na₂S из пробирки **6** => в пробирке **2** не может быть Pb(CH₃COO)₂. Остаются два раствора щелочей (NaOH и KOH), которые отличаются лишь концентрациями. Только реакция щелочи с хлоридом алюминия, находящегося в пробирке **4** может протекать различно в зависимости от соотношения между реагентами, так как может происходить как образование осадка гидроксида алюминия, так и его растворение в избытке щелочи. Смешивают равные объемы растворов, поэтому в случае с NaOH молярное соотношение AlCl₃ : OH⁻ будет 1 : 2, а в случае с KOH – 1 : 10 => в случае с

КОН происходило бы растворение осадка => в пробирке 2 находится раствор NaOH.		
№ пробирки	Растворенное вещество	6 б.
1	Fe ₂ (SO ₄) ₃	
2	NaOH	
3	Na ₂ CO ₃	
4	AlCl ₃	
5	HCl	
6	Na ₂ S	
<p>Примечание: по 1 б. за верно определенное содержимое каждой пробирки; 0 б. – если для пробирки указаны сразу несколько веществ. Аргументация не требуется.</p>		
<p>(1) + (2): $Fe^{3+} + 3OH^{-} = Fe(OH)_3 \downarrow$</p> <p>Примечание: 0,5 б. за верные формулы всех веществ/ионов в уравнении реакции; 0,5 б. за все верные коэффициенты.</p>		1 б.
<p>(1) + (3): $2Fe^{3+} + 3CO_3^{2-} + 3H_2O = 2Fe(OH)_3 \downarrow + 3CO_2 \uparrow$</p> <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ/ионов в уравнении реакции; 1 б. за все верные коэффициенты.</p>		2 б.
<p>(1) + (6): $2Fe^{3+} + 3S^{2-} = 2FeS \downarrow + S \downarrow$</p> <p>Примечание: 2 б. за верные формулы всех веществ/ионов в уравнении реакции; 1 б. за все верные коэффициенты.</p>		3 б.
<p>(2) + (4): $Al^{3+} + 3OH^{-} = Al(OH)_3 \downarrow$</p> <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ/ионов в уравнении реакции; 1 б. за все верные коэффициенты.</p>		2 б.
<p>(2) + (5): $OH^{-} + H^{+} = H_2O$</p> <p>Примечание: 0,5 б. за верные формулы всех веществ/ионов в уравнении реакции; 0,5 б. за все верные коэффициенты.</p>		1 б.
<p>(3) + (4): $2Al^{3+} + 3CO_3^{2-} + 3H_2O = 2Al(OH)_3 \downarrow + 3CO_2 \uparrow$</p> <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ/ионов в уравнении реакции; 1 б. за все верные коэффициенты.</p>		2 б.
<p>(3) + (5): $CO_3^{2-} + 2H^{+} = CO_2 \uparrow + H_2O$</p>		1 б.

	<p>Примечание: 0,5 б. за верные формулы всех веществ/ионов в уравнении реакции; 0,5 б. за все верные коэффициенты.</p>		
	<p>(4) + (6): $2Al^{3+} + 3S^{2-} + 6H_2O = 2Al(OH)_3 \downarrow + 3H_2S \uparrow$</p> <p>Примечание: 1 б. за верные формулы всех веществ/ионов в уравнении реакции; 1 б. за все верные коэффициенты.</p>	2 б.	
	<p>(5) + (6): $2H^+ + S^{2-} = H_2S \uparrow$</p> <p>Примечание: 0,5 б. за верные формулы всех веществ/ионов в уравнении реакции; 0,5 б. за все верные коэффициенты.</p>	1 б.	
	<p>Примечание: множественный вариант ответа, когда для взаимодействия растворов из двух пробирок предложены сразу несколько ионных уравнений и хотя бы одно из них не соответствует истинному содержанию пробирок, оценивается в 0 б.</p> <p>Молекулярные уравнения не оцениваются; реакция оценивается только в том случае, если были правильно определены вещества в соответствующих двух пробирках, или, если уравнение в сокращенной ионной форме, соответствующее ошибочному решению, по счастливой случайности, совпало с реально протекающей реакцией. Уравнение реакции не оценивается, если не указано, при смешении растворов из каких пробирок протекала реакция.</p>		
Задача 4.	<p>В 1973 году была предложена принципиальная схема получения ценного для энергетики простого вещества, которая включает в себя три взаимосвязанных реакций с веществами X^{1-7} (в уравнениях реакций приведены все стехиометрические коэффициенты):</p> $X^1 + X^2 + X^3 \longrightarrow X^4 + 2X^5 \quad (1)$ $2X^5 \xrightleftharpoons{t^\circ} X^2 + X^6 \quad (2)$ $2X^4 \xrightarrow{t} 2X^1 + X^7 \quad (3)$ <p>Известно, что:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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; 		24 б.

- 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 .

a) Напишите формулы веществ X^{1-7} .

b) 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 $2,50 \text{ дм}^3$ 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:

- c) среднюю скорость разложения вещества X^5 за первые 20 с;
- d) среднюю скорость образования X^2 за первые 20 с;
- e) давление в сосуде в начальный момент времени ($t = 0 \text{ с}$) и в момент времени 3000 с;
- f) 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

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

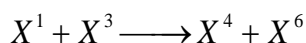
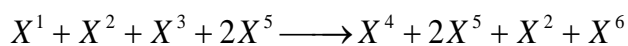
Примечание: в ответах на вопросы c)-g) покажите ваши расчеты и не забывайте единицы измерения.

Решение:

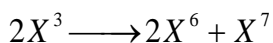
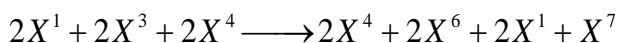
а) Существует много вариантов, как можно было определить формулы зашифрованных веществ. Первое, на что можно было обратить внимание, это твердое вещество, образующее фиолетовые пары. Этим веществом может быть иод ($X^2 - I_2$).

Три вещества являются простыми. Вещество X^5 вступает в реакцию разложения \Rightarrow скорее всего является сложным. Аналогично, вещество X^4 подвергается реакции разложения. Кроме того, в условии отдельно сказано, что оно состоит из трех элементов $\Rightarrow X^4$ – сложное. Массовая доля кислорода в X^4 в 1,152 раза больше, чем в $X^1 \Rightarrow X^1$ также является сложным веществом.

Одним из вариантов нахождения четвертого сложного вещества является сложение уравнений. Сложим уравнение (1) и (2):



Умножим это уравнение на 2 и прибавим уравнение (3):



Получается, что вещество X^3 также является сложным.

Значит, остальные вещества – X^2 , X^6 и X^7 – являются простыми. Тот факт, что сумма этих реакций дает реакцию разложения X^3 , может говорить о том, что именно этот процесс является тем, в результате которого образуется ценное простое вещество, для которого и предлагалась эта схема превращений.

Массовая доля кислорода в X^4 больше, чем в X^1 . Тогда, исходя из уравнения (3), можно предположить, что в молекуле X^1 также три элемента, но на один атом кислорода меньше, который участвует в образовании молекулы простого вещества O_2 (X^7).

Тогда можно вспомнить методы получения кислорода. Одним из вариантов является как раз разложение нитратов активных металлов, которые превращаются в нитриты. Вариант нитрата и нитрита также подходит, если посмотреть на реакции взаимодействия веществ X^1 и X^4 с цинком и алюминием в щелочной среде, которые протекают с образованием вещества с характерным запахом, окрашивающего влажную фенолфталеиновую бумажку в малиновый цвет – аммиака ($X^8 - NH_3$).

Другим вариантом является использовать значение 1,152 из условия задачи, которое позволяет математически выйти на варианты значений молярной массы вещества X^3 .

$$\omega(O)_{X^4} = \frac{(n+1) \cdot A_r(O)}{M_r(X^4)} = \frac{(n+1) \cdot 16}{M_r(X^3) + 16}$$

$$\omega(O)_{X^1} = \frac{n \cdot A_r(O)}{M_r(X^3)} = \frac{n \cdot 16}{M_r(X^3)}$$

$$\omega(O)_{X^4} = \omega(O)_{X^1} \cdot 1,152$$

$$\frac{(n+1) \cdot 16}{M_r(X^3) + 16} = \frac{n \cdot 16}{M_r(X^3)} \cdot 1,152$$

$$(n+1) \cdot 16 \cdot M_r(X^3) = n \cdot 16 \cdot 1,152 \cdot (M_r(X^3) + 16)$$

$$16 \cdot n \cdot M_r(X^3) + 16 \cdot M_r(X^3) = n \cdot 16 \cdot 1,152 \cdot M_r(X^3) + n \cdot 16 \cdot 1,152 \cdot 16$$

$$16 \cdot n \cdot M_r(X^3) + 16 \cdot M_r(X^3) = n \cdot 18,432 \cdot M_r(X^3) + n \cdot 294,912$$

$$(16 - n \cdot 2,432) \cdot M_r(X^3) = n \cdot 294,912$$

$$M_r(X^3) = \frac{n \cdot 294,912}{16 - n \cdot 2,432}$$

Производим подбор значений n:

$$n = 1 \quad M_r(X^3) = \frac{1 \cdot 294,912}{16 - 1 \cdot 2,432} = 21,74$$

$$n = 2 \quad M_r(X^3) = \frac{2 \cdot 294,912}{16 - 2 \cdot 2,432} = 52,97$$

$$n = 3 \quad M_r(X^3) = \frac{3 \cdot 294,912}{16 - 3 \cdot 2,432} = 101,65$$

$$n = 4 \quad M_r(X^3) = \frac{4 \cdot 294,912}{16 - 4 \cdot 2,432} = 188,08$$

$$n = 5 \quad M_r(X^3) = \frac{5 \cdot 294,912}{16 - 5 \cdot 2,432} = 384$$

$$n = 6 \quad M_r(X^3) = \frac{6 \cdot 294,912}{16 - 6 \cdot 2,432} = 1256,73$$

$$n = 7 \quad M_r(X^3) = \frac{7 \cdot 294,912}{16 - 7 \cdot 2,432} = -2016$$

Вариант с $n = 1$ не подходит, так как никакие два дополнительных элемента, помимо кислорода, не могут присутствовать в этом веществе при $M_r = 21,74$.

Наибольшие шансы у вещества с молярной массой 53 г/моль и двумя атомами кислорода. Можно подобрать, что это вещество LiNO_2 (X^1). Тогда $X^4 - \text{LiNO}_3$.

Если же предположение о нитрате и нитрите было сделано изначально, то уравнение становится проще:

$$\frac{3 \cdot 16}{M_r(X^3) + 16} = \frac{2 \cdot 16}{M_r(X^3)} \cdot 1,152$$

$$48 \cdot M_r(X^3) = 36,864 \cdot M_r(X^3) + 589,824$$

$$11,136 \cdot M_r(X^3) = 589,824$$

$$M_r(X^3) = 53$$

Это нитрит щелочного металла =>

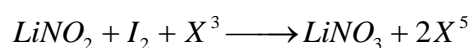
$$M_r(X^3) = 53 = A_r(\text{Me}) + A_r(\text{N}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) = A_r(\text{Me}) + 14 + 2 \cdot 16 = A_r(\text{Me}) + 46$$

$$A_r(\text{Me}) = 7 \Rightarrow \text{Li}$$

Можно было и просто рассмотреть все щелочные металлы и методом подбора определить в каком случае отношение массовых долей кислорода в нитрате и нитрите будет равно 1,152.

Две молекулы X^5 по уравнению (2) распадаются на две молекулы простых веществ => X^6 не может быть одноатомной молекулой. Число атомов в молекуле X^6 может быть только четным.

Теперь рассмотрим реакцию (1), подставляя формулы уже известных веществ:



Становится очевидным, что в каждой молекуле X^5 по одному атому иода, и он находится в степени окисления (-1), так как реакция является окислительно-восстановительной, атомы азота окисляются, а значит атомы иода должны восстановиться => второй элемент, который берется из вещества X^3 будет находиться в степени окисления +1.

X^3 содержит в своем составе атом кислорода и два атома элемента, образующего простое вещество X^6 , представляющего собой двухатомную молекулу. Таким элементом может быть водород.

Таким образом, данная принципиальная схема предлагалась для получения водорода из воды, не прибегая к дорогостоящему процессу электролиза или термического разложения воды.

$X^1 - \text{LiNO}_2; X^2 - \text{I}_2; X^3 - \text{H}_2\text{O}; X^4 - \text{LiNO}_3; X^5 - \text{HI}; X^6 - \text{H}_2; X^7 - \text{O}_2.$ Примечание: по 1 б. за каждую верную формулу. Требуется только ответ.	7 б.	
b) $\text{NO}_2^- + 3\text{Zn} + 5\text{OH}^- + 5\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} \text{NH}_3 + 3[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ $3\text{NO}_3^- + 8\text{Al} + 5\text{OH}^- + 18\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} 3\text{NH}_3 + 8[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ Примечание: по 2 б. за каждую реакцию (1 б. за верные формулы всех веществ и ионов; 1 б. за верные коэффициенты); принимается и вариант образования $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$; за варианты реакций, идущие с образованием AlO_2^- и ZnO_2^{2-} , ставится по 1 б. (0,5 б. за верные формулы всех веществ и ионов; 0,5 б. за верные коэффициенты). Молекулярные уравнения не оцениваются.	4 б.	
c) $\bar{v}(X^5) = -\frac{\Delta v_{0-20c}}{V \cdot \Delta t} = -\frac{v_{20c}(X^5) - v_{0c}(X^5)}{V \cdot \Delta t} = \frac{v_{0c}(X^5) - v_{20c}(X^5)}{V \cdot \Delta t} =$ $= \frac{0,00762 \text{ моль} - 0,00753 \text{ моль}}{2,5 \text{ дм}^3 \cdot 20 \text{ с}} = 1,8 \cdot 10^{-6} \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3 \cdot \text{с}}$	1 б.	
d) Из 2 моль X^5 образуется 1 моль $X^2 \Rightarrow$ $\bar{v}(X^2) = \frac{\bar{v}(X^5)}{2} = \frac{1,8 \cdot 10^{-6} \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3 \cdot \text{с}}}{2} = 9 \cdot 10^{-7} \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3 \cdot \text{с}}$	1 б.	
e) По уравнению Клапейрона-Менделеева: $p_0 \cdot V = \nu_0(X^5) \cdot R \cdot T$ $p_0 = \frac{\nu_0(X^5) \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,00762 \text{ моль} \cdot 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 800 \text{ К}}{2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 2,03 \cdot 10^4 \text{ Па}$ Реакция протекает в изотермических условиях без изменения количества газообразных веществ, поэтому давление в момент времени 3000 с будет таким же, как и в начальный момент времени. Примечание: по 1 б. за давление в начальный момента времени и в момент времени 3000 с.	2 б.	

f) $K_c = \frac{[X^2] \cdot [X^6]}{[X^5]^2}$	1 б.
Так как реакция протекает без изменения количества газообразных веществ, то можно также записать: $K_c = \frac{[X^2] \cdot [X^6]}{[X^5]^2} = \frac{\nu(X^2) \cdot \nu(X^6)}{\nu(X^5)^2}$ В таком случае становится понятно, что искать концентрации в момент равновесия нет необходимости, достаточно найти равновесные количества вещества.	
Из табличных данных видно, что количество веществ X^5 в момент времени 2500 с и 3000 с одинаково \Rightarrow система достигла состояния равновесия.	
Количество вещества X^5 , которое прореагировало к моменту достижения состояния равновесия: $ \Delta \nu(X^5) = 0,00762 \text{ моль} - 0,00587 \text{ моль} = 0,00175 \text{ моль}$	1 б.
Тогда, исходя из уравнения реакции разложения, количества веществ X^2 и X^6 , которые образовались в ходе реакции: $\Delta \nu(X^2) = \Delta \nu(X^6) = \frac{ \Delta \nu(X^5) }{2} = \frac{0,00175 \text{ моль}}{2} = 0,000875 \text{ моль}$	1 б.
Подставляем значения: $K_c = \frac{[X^2] \cdot [X^6]}{[X^5]^2} = \frac{\nu(X^2) \cdot \nu(X^6)}{\nu(X^5)^2} = \frac{0,000875 \text{ моль} \cdot 0,000875 \text{ моль}}{(0,00587 \text{ моль})^2} = 0,0222$ Для данной реакции является безразмерной величиной. Примечание: если равновесные количества веществ или равновесные концентрации найдены неверно, то нахождение числового значения константы равновесия не оценивается. Объяснения отсутствия единиц измерения не требуется. Если присутствуют неверные единицы измерения константы равновесия, то снимается 0,5 б.	1 б.
г) для определения того, является ли реакция эндо- или экзотермической, найдем константу равновесия реакции при 850 К аналогичным способом. Количество вещества X^5 , которое прореагировало к моменту достижения состояния равновесия:	1 б.

$ \Delta \nu(X^5) = 0,00545 \text{ моль} - 0,00413 \text{ моль} = 0,00132 \text{ моль}$		
$\Delta \nu(X^2) = \Delta \nu(X^6) = \frac{ \Delta \nu(X^5) }{2} = \frac{0,00132 \text{ моль}}{2} = 0,00066 \text{ моль}$	1 б.	
$K_{C,850 \text{ K}} = \frac{[X^2] \cdot [X^6]}{[X^5]^2} = \frac{\nu(X^2) \cdot \nu(X^6)}{\nu(X^5)^2} = \frac{0,00066 \text{ моль} \cdot 0,00066 \text{ моль}}{(0,00413 \text{ моль})^2} = 0,0255$	1 б.	
<p>Константа равновесия увеличивается с увеличением температуры => повышение температуры приводит к смещению равновесия вправо, а по принципу Ле Шателье повышение температуры приводит в смещению равновесия в сторону эндотермического процесса => прямая реакция эндотермическая.</p> <p>Примечание: ответ «эндотермическая» без объяснений не оценивается; «реакция идет при нагревании => эндотермическая» - 0 б. (не все реакции, для которых условием протекания является нагрев, являются эндотермическими); «реакция разложения => эндотермическая» - 0 б. (не все реакции разложения являются эндотермическими); можно использовать уравнение изобары или изохоры химической реакции и расчетами / исследованием функции показать, что изменение энтальпии в ходе данной реакции является величиной положительной => процесс эндотермический. Ставятся 2 б. за ответ, соответствующий найденным константам равновесия (если участник из-за ошибки в вычислении или еще по каким-то причинам получил значение константы равновесия при 850 К меньше, чем при 800 К, то 2 б. будут ставиться за ответ «экзотермическая реакция»).</p>	2 б.	
<p>Примечание: принимаются любые другие верные и логичные решения.</p> <p>При ошибке в вычислении снимаются баллы за соответствующий этап. Дальнейшие расчеты производятся исходя из ошибочно найденного числа.</p> <p>При возникновении повторной ошибки в вычислениях также снимаются баллы за соответствующий этап, где была произведена ошибка.</p>		