

Часть 1

Олимпиада: **Химия 11 класс (1 часть)**

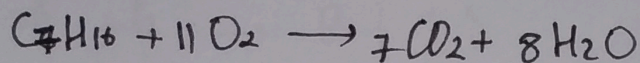
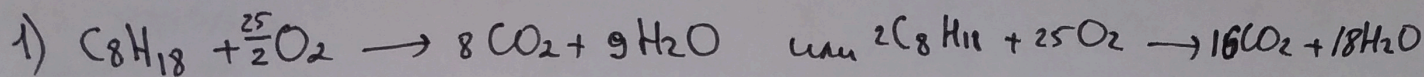
Шифр: **21300599**

ID профиля: **372815**

Вариант 2

Задача N 3

3 из 3



$$\Delta H_{\text{сгор}} = \sum H_{\text{сгор}} (\text{продуктов}) - \sum H_{\text{сгор}} (\text{реаг.}) - 5512,2$$

$$\Delta H_{\text{сгор}} (\text{C}_8\text{H}_{18}) = -8 \cdot 393,5 - 285,8 \cdot 9 + 208 = -5512,2 \text{ (кДж/моль)}$$

$$\Delta H_{\text{сгор}} (\text{C}_7\text{H}_{16}) = -7 \cdot 393,5 - 285,8 \cdot 8 + 224 = -4816,9 \text{ (кДж/моль)}$$

Пусть $n(\text{C}_8\text{H}_{18}) = x$ моль, $n(\text{C}_7\text{H}_{16}) = y$ моль. Тогда мы получаем систему:

$$\begin{cases} \Delta H_{\text{сгор}} (\text{C}_8\text{H}_{18}) \cdot x + y \cdot \Delta H_{\text{сгор}} (\text{C}_7\text{H}_{16}) = -3333,8 \text{ кДж} \\ V(\text{C}_8\text{H}_{18}) + V(\text{C}_7\text{H}_{16}) = 100 \text{ см}^3 \end{cases}$$

$$V = m/\rho = n \cdot M/\rho$$

$$M(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 114 \text{ г/моль}; M(\text{C}_7\text{H}_{16}) = 100 \text{ г/моль}.$$

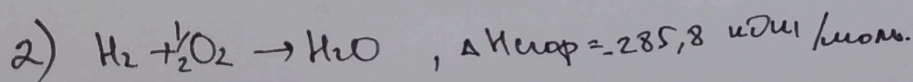
Итак, имеем:

$$\begin{cases} -5512,2 \cdot x + y \cdot (-4816,9) = -3333,8 \\ \frac{x \cdot 114}{\rho_1} + \frac{y \cdot 100}{\rho_2} = 100 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,5684 \\ y = 0,04165 \end{cases}$$

$$N = w(\text{C}_8\text{H}_{18}) = V(\text{C}_8\text{H}_{18}) / (V_{\text{общ}}) = \frac{x \cdot 114 : \rho_1}{x \cdot 114 : \rho_1 + y \cdot 100 : \rho_2} = \frac{x \cdot 114 : \rho_1}{100} = 93,9 \%$$

$$\boxed{N = 93,9.}$$

Ответ: опт. мисо бензина равно 93,9.



$$\Delta Q (\text{выс. при сгорании 40 л. бензина}) = +3333,8 \cdot 40 \cdot 10 = 1333520 \text{ (кДж)}$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{\Delta Q}{-\Delta H_{\text{сгор}}} = \frac{1333520}{+285,8} = 4665,92 \text{ (моль)} \approx 4666 \text{ моль}.$$

$$V = V_m \cdot n = 4666 \cdot 22,4 = 104518,4 \text{ л} = 104,5184 \text{ м}^3 \approx 104,5 \text{ м}^3$$

Ответ: 104,5 м³

$$3) n(\text{H}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{19,6 \cdot 10^6 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{8,314 \cdot 298} = 316,4388 \text{ моль}. \quad m(\text{H}_2) = 632,8776 \text{ (г)}$$

$$\Delta Q (\text{выс. при сгорании 40 л. бензина}) = 1333520 \text{ кДж (см. выше)}$$

$$m (\text{бензин}) = 75,367 \text{ кг} (76500 - 316,4388 \cdot 26)^{\text{г/л}}$$

$$\Delta Q (\text{выс. при сгор. H}_2) = 285,5 \cdot 316,4388 =$$

$$90343,3 \text{ кДж}$$

$$\Delta Q (\text{выс. при сгор. H}_2) \ll \Delta Q (\text{выс. при сгор. 40 л. бензина}).$$

Поэтому использовать водород нецелесообразно. $\Rightarrow$ лучше заменить на бензин.

Задача N 2

2 из 3

$$\textcircled{1} \frac{pV}{RT} = n = \frac{m}{M} = \frac{pV}{M} \Rightarrow p = \frac{pM}{RT} = \frac{101300 \cdot M}{8,314 \cdot 273,15} \Rightarrow M = 28 \text{ (г/моль)}$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{\frac{740}{760} \cdot 101,3 \cdot 44,848}{293 \cdot 8,314} = 1,816 \text{ (моль)}$$

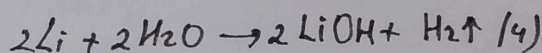
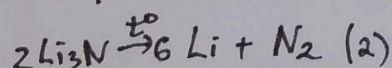
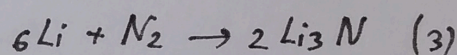
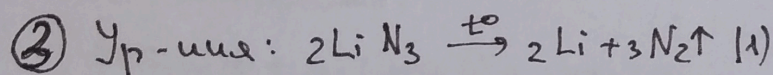
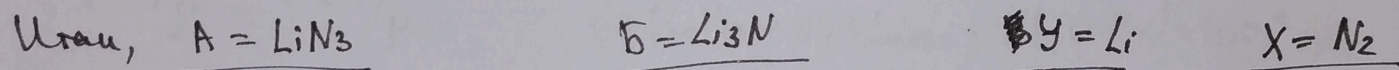
Карбиново-красный цвет пламени указывает на содержание в составе соединений ионов Li^+ .

На это также указывают обр. № в процессе термического разл. А и обр. в газовой смеси бинарное соединение Б.

Li & N обр. различные соединения: Li_3N , Li_2NH , LiNH_2 , LiN_3 . (выше по 4-ому)

Т.к. H_2 в термическом не выделяется, подходит так и ко второй формуле.

С учетом того, что Б обр. из прост. в-в., то это обычный ионный.



Р-р LiOH , конечно же, имеет $\text{pH} > 7$.

$$\textcircled{2} n(\text{Li}) = 2n(\text{H}_2) = 3,632 \text{ моль (по 4-ому ур-нию)}$$

$$\begin{cases} \text{LiN}_3 \rightarrow \text{Li} + 1,5\text{N}_2 \\ \text{Li}_3\text{N} \rightarrow 3\text{Li} + 0,5\text{N}_2 \end{cases} \text{ Пусть } n(\text{LiN}_3) = x \text{ моль; } n(\text{Li}_3\text{N}) = y \text{ моль.}$$

Получаем систему:

$$\begin{cases} 49x + 35y = 50 \\ x + 3y = 3,632 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} m(\text{Li}_3\text{N}) + m(\text{LiN}_3) = 50 \\ x + 3 \cdot y = n(\text{LiOH}) \end{cases}$$

Решение системы: $x = \frac{143}{700} \approx 0,2043 \text{ моль}$

$$y = \frac{3999}{3500} \approx 1,1426 \text{ моль}$$

$$\omega(A) = \omega(\text{LiN}_3) = \frac{m(\text{LiN}_3)}{50} = 20,02\%$$

$$\omega(B) = \omega(\text{Li}_3\text{N}) = \frac{m(\text{Li}_3\text{N})}{50} = 79,98\%$$

Ответ: 20% LiN_3 и 80% Li_3N

Задача №1

1 из 3

1) $M(A \& B) = 16n : 0,48 \left(\frac{\text{г}}{\text{моль}} \right)$. $M = \text{мол. число}$ при $n = 3k$

$n(O_2) = \frac{6,72}{22,4} = 0,3 \text{ (моль)}$

$n(\Gamma) = \frac{8,96}{22,4} = 0,4 \text{ (моль)}$

$m(\Gamma) = 40 + 40 - 0,3 \cdot 16 \cdot 2 - 52,8 = 17,6 \text{ (г)}$, откуда $M(\Gamma) = \frac{m(\Gamma)}{n(\Gamma)} = 44 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$
по мол. балансу при нагрывании

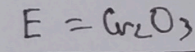
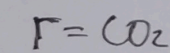
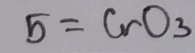
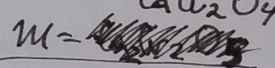
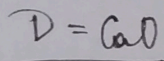
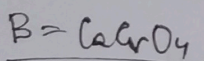
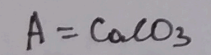
$\Rightarrow CO_2$ (N_2O в реакцию не вступает из солей)

Тогда, если предположить, что $M = 16 \cdot 3 : 0,48 = 100 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$, то исп. по 0,4 моль $A \& B$. В A остаток D имеет $M = 100 - 44 = 56 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$,

наиболее разумный вариант — CaO .

$m(E) = 52,8 - 56 \cdot 0,4 = 30,4 \text{ (г)}$

$M = \frac{30,4 \cdot 2}{0,4} = 152 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \Rightarrow Cr_2O_3$
 $CaCr_2O_4$

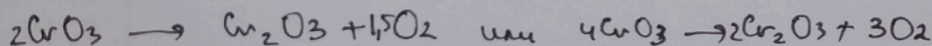
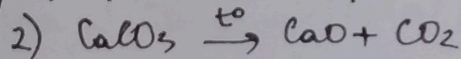


$M(B) = 100 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = M(A)$, остаток после $\leftarrow$ $\frac{\text{взвешивания}}{\text{3 измерения}} \Rightarrow 52 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \Rightarrow Cr$

Ке Cr_2O_3 улавливает газы исп. CrO_3 при термолизе.

D и E масс. 2:1 (по соотношению) $\Rightarrow M = CaCr_2O_5$

Проверка E по 3 р-циям: $0,4 \cdot 100 - 0,3 \cdot 32 - 0,2 \cdot (52 \cdot 2 + 16 \cdot 3) = 0$.



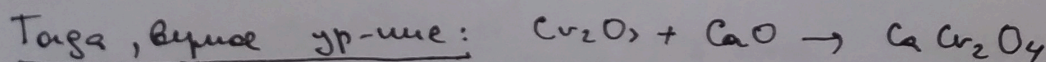
$m(D) = n(CaCO_3) = 0,4 \text{ моль}$

$n(E) = \frac{1}{2} \cdot n(CrO_3) = 0,2 \text{ моль}$.

После $\leftarrow$ $\frac{\text{увеличение об}}{\text{оперативе}}$:

Т.к. осталось 0,2 моль D , то E и D прореагировали

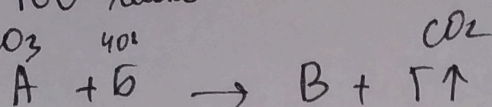
в соотношении 1:1 ($0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ моль прореаг. } CaO$)



Черновик

48% 100 г/моль

CaCO₃ 40



↓

↓

CaCO₃

E + O₂

0,3 моль

CO₂

0,4 моль.

0,4 моль
B →

0,3 моль

OC

+ E

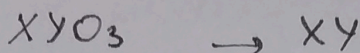
30,4 ^{м.р.}

D + E → 52,24

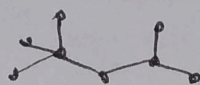
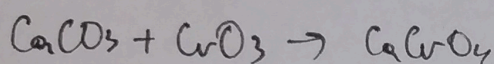
76 г/моль. 22,4

+ 0,4 моль.

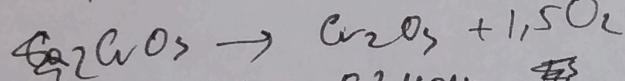
②



C₆H₁₄



40



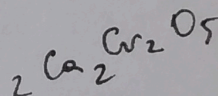
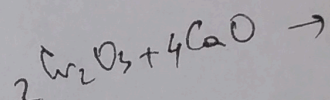
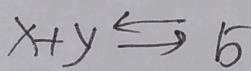
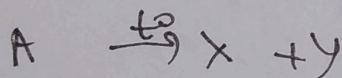
0,4 моль

0,2 моль

0,3 моль.

Li₃N

LiN₃



$$\frac{pV}{RT} = n$$

$$\Rightarrow \frac{pV}{RT} = \frac{M}{M}$$

$$\Rightarrow \frac{pV}{RT} = \frac{pV}{M}$$

$$\Rightarrow p = \frac{pM}{RT}$$

$$\Rightarrow p = \frac{pM}{RT} \cdot M$$

30,6 г/моль.

28 г/моль.

$$p = \frac{pM}{RT}$$

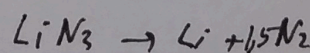
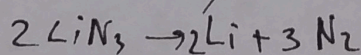
27,533

55,0 г/моль.

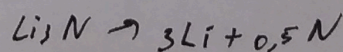
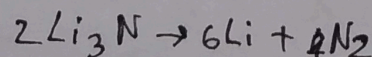
7

3,632 ^{м.р.} моль.

Li₃N 4



LiNH₂ 4



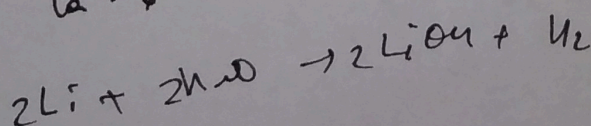
LiN₃ 4

Ca N₆

Ca(N₃)₆ Ca₃N₂

$$49x + 35y = 50.$$

Li₂NH 4



$$x + 3y = 3,632$$

50%.

$$x = \frac{143}{200} \quad \text{и}$$

$$y = \frac{3393}{2500}.$$

$$\Rightarrow 0,2043$$

$$\Rightarrow 1,14257$$

Часть 2

Олимпиада: **Химия 11 класс (2 часть)**

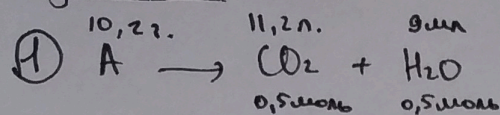
Шифр: **21300599**

ID профиля: **372815**

Вариант 2

Задача №4

1 из 5



$$n(\text{CO}_2) = 11,2 / 22,4 = V / V_m = 0,5 \text{ моль}$$

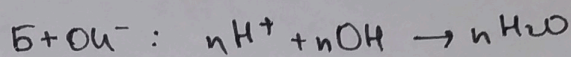
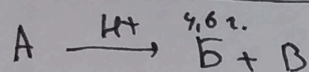
$$n(\text{H}_2\text{O}) = \rho \cdot V / M = 1 \cdot 9 / 18 = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ моль}$$

Проверяя на кислород в сфер. А: $10,2 - 0,5 \cdot 12 - 0,5 \cdot 2 = 3,2$ (г) = $m(\text{O})$

$$n(\text{O}) = 3,2 / 16 = m / M = 0,2 \text{ моль}$$

Брутто-формула А: $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 5 : 10 : 2 \Rightarrow (\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2)_n$



(или не знаем, какой основности кислота Б)

$$n(\text{OH}^-) = n(\text{NaOH}) = C \cdot V = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \text{ моль}$$

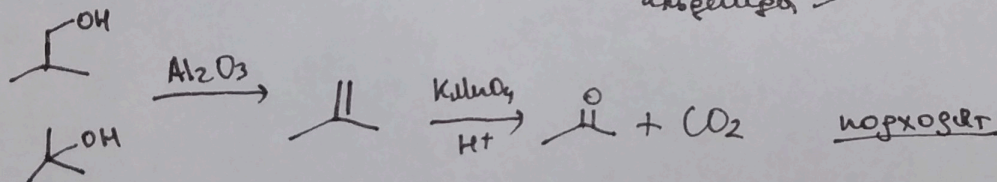
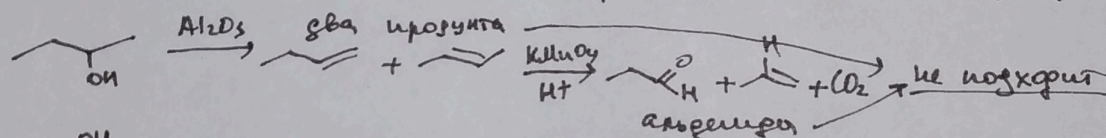
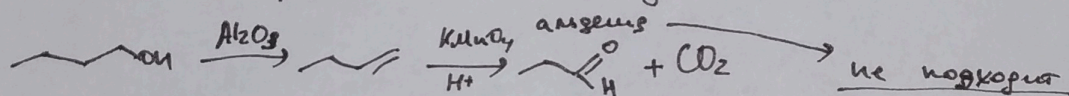
Если к-та Б одноосновная, то $n(\text{Б}) = n(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ моль}$.

$$\text{Тогда } M(\text{Б}) = \frac{m(\text{Б})}{n(\text{Б})} = 46 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{НСООН, муравьиная к-та.}$$

Уже очевидно, что А = сложный эфир, если з-к-та НСООН, то в эфире будет также два кислорода. Поэтому и в брутто-формуле А равно 2.

Тогда В - ^{изомер} бутанола (осталось 4 углерода, приходящиеся на спирт.)

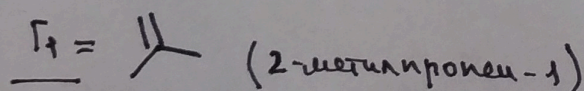
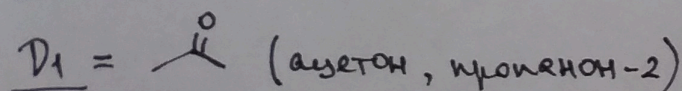
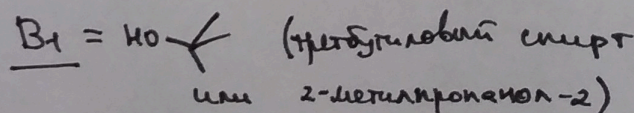
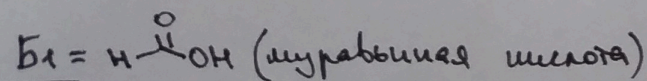
Рассмотрим продукты ок-ции различных ^{бутанов} ~~бутанов~~ в H^+ среде KMnO_4 :



$$\text{Расчет кетона D: } \frac{16}{16+x} = 0,2759 ; x = 42 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{C}_3\text{H}_6, \text{ сам кетон: } \underline{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}},$$

что согласуется со схемой, приведенной выше. Т.к. под В подходит два варианта, то ~~можно~~ можно привести два варианта решения. Хотя, если не учитывать напиль, затем можно только третбутиловый эфир муравьиной кислоты (решение под бивалии X₁)

Итак: $\text{A}_1 = \text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{C}(\text{CH}_3)_3$ (третбутиловый эфир муравьиной кислоты, третбутилформиат)



Второй вариант:

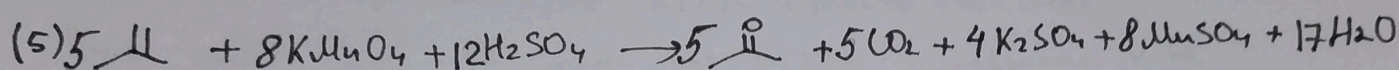
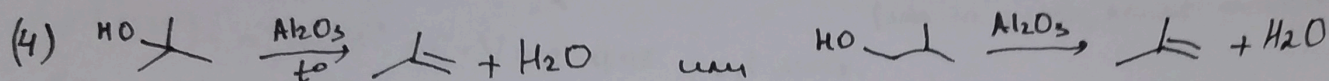
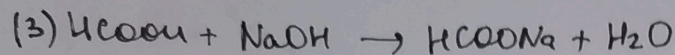
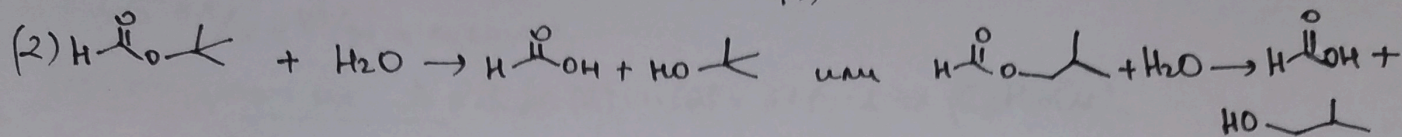
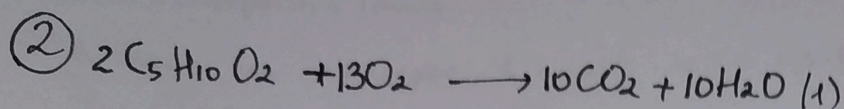
B2 & T2 & D2 - те же (см. выше)

2 из 5

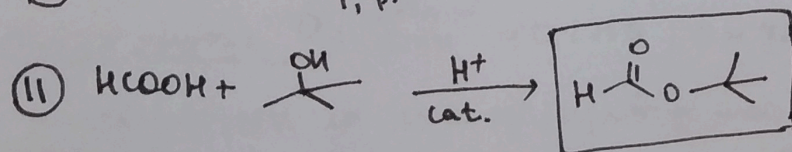
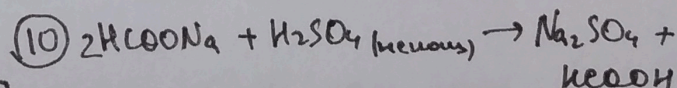
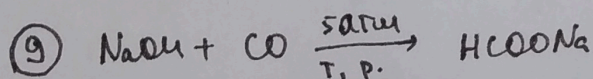
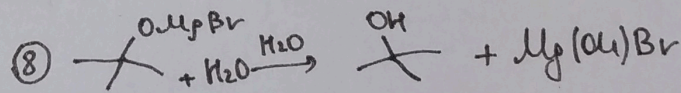
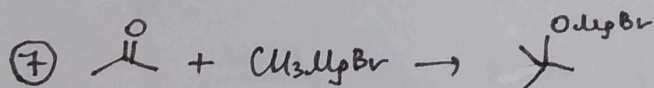
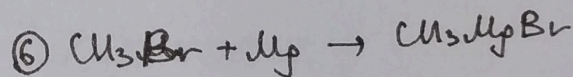
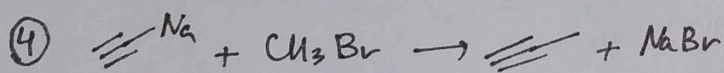
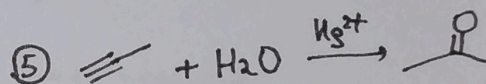
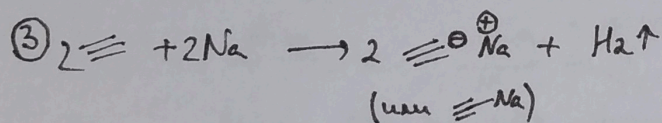
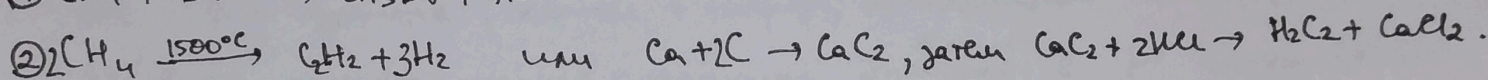
B2 = но 

(изобутанол, 2-метилпропанол-1)

A2 = $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ (изобутиловый эфир муравьиной кислоты, изобутилформиат)

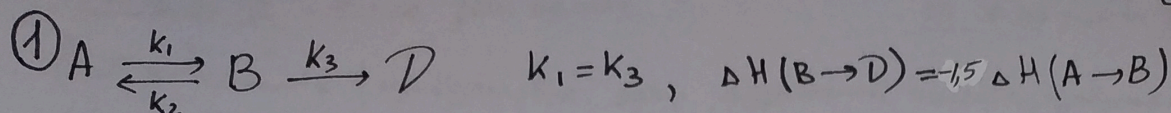


(3) Синтез $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$:



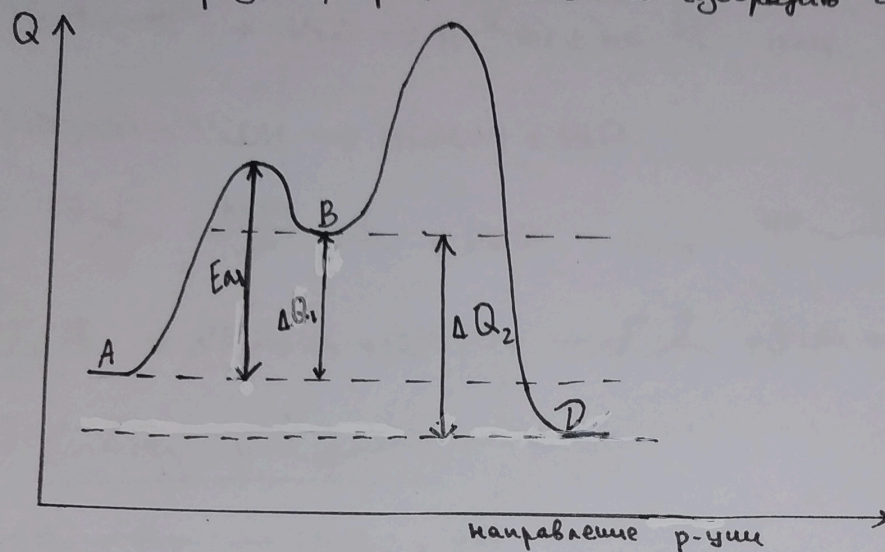
* Строчки 10 & 11 возможно совместить (и там, и там нужна кислота)

Т.к. после решения этой задачи с метилов буга
рана решения о том, что спирт третичный, верным можно
считать решение с третбутиловым



$$\Delta H(A \rightarrow B) = \frac{2}{3} E_a$$

Таким образом, процесс можно изобразить схемой



При этом:

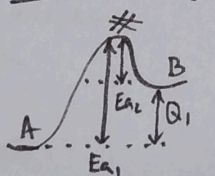
$\Delta Q_1 = \frac{2}{3} E_a$, теплота поглощается, эндотерм. р-ция.

$\Delta Q_2 = 1,5 \Delta Q_1$, при этом энергия выделяется, экзотерм. р-ция.

② Как видно из графика, процесс экзотермический (теплота выделяется)

Это можно проверить математически: т.к. $\Delta Q_2 = -1,5 \Delta Q_1$, то выходит, что в р-ции $A \rightarrow D$ сначала погл. ΔQ_1 , затем выд. $1,5 \Delta Q_1$, суммарно выд. $1,5 \Delta Q_1 - \Delta Q_1 = 0,5 \Delta Q_1$. Ответ: экзотермический.

③ Возьмём участок $A \rightarrow B$:



По сути, E_a = энергия, которую нужно затратить для перехода в переходное состояние (обозначено #)

Из рисунка видно, что $E_{a1} = \Delta Q_1 + E_{a2}$, при этом $\Delta Q_1 = \frac{2}{3} E_a$, поэтому $E_{a2} = \frac{1}{3} E_a$.

Тогда: для процесса $A \rightarrow B$ $E_a = E_{a1}$, а для процесса $B \rightarrow A$ $E_a = \frac{1}{3} E_{a1}$.

Поскольку $A \rightleftharpoons B$ — это равновесный процесс, $A_{A \rightarrow B} = A_{B \rightarrow A}$.

Тогда: $k = A \cdot e^{-E_a/RT}$ $k_1/k_2 = E_{a2}/E_{a1} = \frac{1}{3}$.

~~($k_1/k_2 = \frac{A \cdot e^{-E_{a1}/RT}}{A \cdot e^{-E_{a2}/RT}} = e^{-(E_{a1}-E_{a2})/RT} = e^{-E_{a1}/RT + E_{a2}/RT}$)~~

Ответ: $k_1/k_2 = \frac{1}{3}$ и $E_{a1} = 3 E_{a2}$.

Задача №6

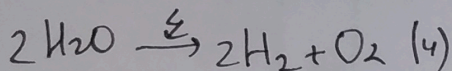
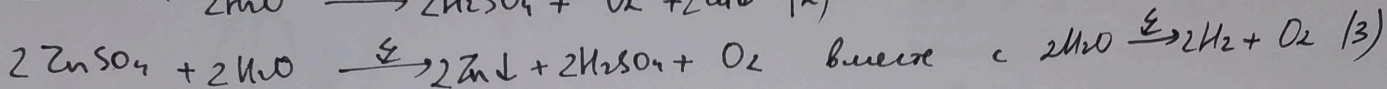
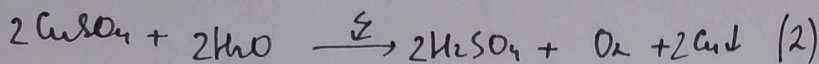
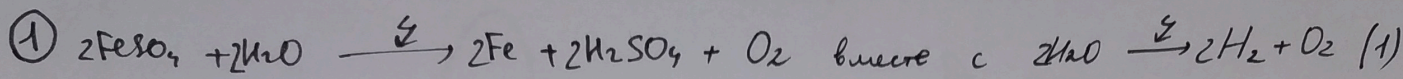
4 из 5

$$n(\text{FeSO}_4) = \frac{60,8}{56+32+16 \cdot 4} = 0,4 (\text{моль})$$

$$n(\text{CuSO}_4) = \frac{64}{64+32+16 \cdot 4} = 0,4 (\text{моль})$$

$$n(\text{ZnSO}_4) = \frac{62}{65,0+32+16 \cdot 4} = 0,385 (\text{моль})$$

$$m(\text{моль}) = M \cdot z / nF \Rightarrow n = \frac{z}{nF}$$



Сначала пойдет окисл. Cu^{II} (процесс ②), т.к. Cu стоит правее водорода, это не активный металл. Затем пойдет процесс ① окисл. $\text{Fe}^{II} \rightarrow \text{Fe}^0$, т.к. это второй по активности металл. Далее идет окисл. $\text{Zn}^{II} \rightarrow \text{Zn}^0$ (③). После $\downarrow$ всех солей в р-ре будет проходить обратный $\downarrow$ H_2O (процесс ④)

$$② n(\text{e}) = \frac{3 \cdot (10 \cdot 60 \cdot 60 + 43 \cdot 60)}{96500 \cdot 2} = 0,6 (\text{моль}) \text{ (даны на 2, т.к. все Me двухвалентны).}$$

Такого объема, полностью восстановится Cu , частично окисл. Fe^{II} (ост. $0,4 - 0,2 = 0,2$ моля)

Осталось: ~~0,4 моля Fe^{II} ; 0,385 моля Zn^{II} ; 0,6 моля H_2SO_4 и вода~~ 0,2 моля Fe^{II} ; 0,385 моля Zn^{II} ; 0,6 моля H_2SO_4 и вода

$$③ \text{ Требуется восстановить } 0,2 \text{ моля } \text{Fe}^{II} : \frac{3 \cdot t}{96500 \cdot 2} = 0,2 (\text{моль}), \text{ отсюда}$$

$$t = 12866,6 (\text{с}) \text{ или } 3,57 \text{ часа. Ответ: } 3,57 \text{ часа}$$

④ Продолжение №2. Ост. 0,2 моля Fe^{II} ; 0,385 моля Zn^{II} ; 0,6 молей H_2SO_4 и вода $\Rightarrow$ во всем объеме р-ра. Т.к. ~~было~~ было 1250,6 г р-ра изначально и из него ушло 0,4 моля Cu^0 ; 0,2 моля Fe^0 и $(0,2+0,4):2 = 0,3$ молей O_2 , то масса стала $1250,6 - m(\text{Fe}) - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2) = 1204,2$ г. р-ра. Взяли 20 г, что есть $20/1204,2$ ^{часть} от всего. $n_1 = n_0 \cdot \frac{20}{1204,2}$

Ответ: во всем р-ре: 0,2 моля FeSO_4

+
0,385 моля ZnSO_4

+
0,6 моля H_2SO_4

+
 H_2O (ост. р-ра)

в отобранной аликвоте:

$3,3217 \cdot 10^{-3}$ моля FeSO_4 + $6,3943 \cdot 10^{-3}$ моля ZnSO_4

+ $9,965 \cdot 10^{-3}$ моля H_2SO_4 + H_2O (ост.)

5 из 5

④ $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$ можно считать, что pH отвечает лишь
 $\text{HSO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ диссоциации второй степени (не учитывали
первую ступень и автопротолиз). В этом случае:

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$$

$$[\text{H}^+] = 2 [\text{SO}_4^{2-}]$$

Для удобства $\rho_{\text{р-ра}} = 1 \text{ г/см}^3$. Тогда в 200 мл р-ра содержится $9,965 \cdot 10^{-3}$
моль H_2SO_4 . $[\text{H}^+] = \frac{9,965 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{0,2} = 0,09965 \left(\frac{\text{моль}}{\text{л}} \right)$

$$\text{pH} = -\lg (0,09965) = 1$$

Ответ: $\text{pH} = 1$.

≠ Учесть вторую ступень можно, т.к. р-р достаточно разбавленный