

## Задание 1

При гидрировании 1 моль пропена выделяется 124,5 кДж теплоты, а при сгорании 1 моль водорода выделяется 286 кДж.

- 1) Докажите, что при сгорании 1 моль пропана выделяется больше теплоты, чем при сгорании 1 моль пропена.
- 2) Рассчитайте тепловые эффекты сгорания пропена и пропана, учитывая, что при сгорании 1 моль графита выделяется 394 кДж, а при образовании 1 моль пропена из простых веществ поглощается 20,4 кДж.
- 3) Рассчитайте, какой минимальный объем пропана (н.у.) нужно сжечь, чтобы довести до кипения воду, исходная температура которой 0°C, масса 1 кг, находящуюся в алюминиевой кастрюле, масса которой 400 г.

Теплоемкость воды  $C_p(H_2O) = 4182 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$ , алюминия  $C_p(Al) = 897 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$

## Задание 2

В химической кинетике принято классифицировать реакции по величине общего порядка реакции.

Порядок реакции может принимать значения от 0 до 3, включая дробные величины.

К реакциям нулевого порядка относят большинство гетерогенных реакций.

Скорость реакций *нулевого порядка* не зависит от концентраций веществ. Тогда  $V_p = k_0$ , где  $k_0$  - константа скорости реакции нулевого порядка.

Скорость реакций *первого порядка*  $A \rightarrow B$  прямо пропорциональна концентрации реагента.

Выражение для константы скорости первого порядка:

$$k_1 = \frac{1}{\tau} \ln \frac{C_0}{C_\tau}; [\text{мин}^{-1}] \quad \text{Где } \tau - \text{время превращения, } C_0 - \text{исходная концентрация реагента, } C_\tau -$$

концентрация реагента, оставшегося в реакции по истечении времени  $\tau$ .

Скорость реакций *второго порядка* пропорциональна произведению концентраций A и B.

Выражение для константы скорости второго порядка:  $k_2 = \frac{1}{\tau} \left( \frac{1}{C_\tau} - \frac{1}{C_0} \right); \left[ \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{мин}} \right]$

Выражение константы скорости *третьего порядка* при равенстве начальных концентраций реагентов:

$$k_3 = \frac{1}{2\tau} \left( \frac{1}{C_\tau^2} - \frac{1}{C_0^2} \right); \left[ \frac{\text{л}^2}{\text{моль}^2 \cdot \text{мин}} \right]$$

Время, за которое расходуется половина вещества A называют периодом полураспада (полупревращения)  $\tau_{1/2}$ .

## Задание

Реакцию целого порядка, описываемую уравнением  $2A \rightarrow B + D$ , провели при двух температурах – при 30°C и 50°C – и получили следующие кинетические данные, представленные в таблице:

| t °C  | Время, мин | 0     | 2     | 4     | 6     | 8      |
|-------|------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 30 °C | [A]        | 5,000 | 2,500 | 1,667 | 1,250 | 1,000  |
| 50 °C | [A]        | 5,000 | 0,500 | 0,264 | 0,179 | 0,1351 |

Определите:

- а) порядок реакции;
- б) константы скорости реакции при 30°C и 50°C;
- в) температурный коэффициент реакции  $\gamma$ .
- г) период полупревращения A при заданной исходной концентрации 5 моль/л при двух температурах;
- д) как изменилась скорость реакции при 30°C через четыре минуты после начала реакции по сравнению с исходной скоростью реакции?

## Задание 3

Безводный хлорид алюминия имеет важное значение при проведении многих органических реакций в качестве катализатора (кислота Льюиса). В промышленности его получают действием смеси CO и Cl<sub>2</sub> на обезвоженный каолин или боксит в шахтных печах.

В отличие от хлоридов других активных металлов, безводный AlCl<sub>3</sub> при нагревании и обычном давлении не плавится, а при достижении 183°C возгоняется, причем в газовой фазе его молярная масса возрастает в два раза.

В воде хорошо растворим:  $S_{25^\circ\text{C}}(AlCl_3) = \frac{44,4\text{г}}{100\text{ г}(H_2O)}$ . При 25°C из водных растворов осаждается в форме

гексагидрата. Однако, при прокаливании кристаллов гексагидрата, в отличие от безводной формы соли, образуется твердый невозгоняющийся остаток.

Продолжение см на обороте →

#### Задание

- 1) Объясните причину способности б/в  $\text{AlCl}_3$  возгоняться. Составьте структурную формулу этого соединения в газовой фазе и объясните характер химических связей.
- 2) Напишите уравнение описанного промышленного процесса получения б/в  $\text{AlCl}_3$ . Возможно ли получение б/в  $\text{AlCl}_3$  по реакции :  $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$  ?
- 3) Рассчитайте, какую массу б/в  $\text{AlCl}_3$  следует взять, чтобы приготовить 100г насыщенного при  $25^\circ\text{C}$  раствора?
- 4) Объясните, почему гексагидрат  $\text{AlCl}_3$  при прокаливании не возгоняется подобно б/в  $\text{AlCl}_3$ , а дает твердый остаток? Составьте общее уравнение процесса прокалывания гексагидрата  $\text{AlCl}_3$ .
- 5) Объясните механизм действия  $\text{AlCl}_3$  как катализатора при хлорировании бензола.
- 6) Возможно ли в органическом синтезе использование гексагидрата  $\text{AlCl}_3$  в качестве катализатора? Почему?

#### **Задание 4**

Вещество А – газ с неприятным запахом массой 80 г разделили на две равные части. Первую часть пропустили с помощью барботёра через подкисленный серной кислотой водный раствор сульфата ртути. Образовавшееся при этом вещество D отогнали из водного раствора. Все вещество D, а также 22,4 л (н.у.) водорода поместили в автоклав, содержащий скелетный никель, нагрели до  $77^\circ\text{C}$ , по окончании реакции получили жидкое вещество Е, которое прибавили к нагретой до  $180^\circ\text{C}$  серной кислоте, получив газ (н.у.) G. Газ G смешали с 22,4 л (н.у.) хлора, и, нагрев до  $500^\circ\text{C}$ , получили после прохождения реакции и охлаждения жидкое вещество L, обладающее резким запахом и раздражающими свойствами.

Вторую часть вещества А пропустили через раствор, полученный прибавлением 24 г металлического магния (в виде стружки) к раствору 94 г бромметана в диэтиловом эфире. В результате реакции образовалось и улетучилось газообразное (н.у.) вещество Q с плотностью по водороду равной 8. После упаривания эфира получили твердое вещество M.

При взаимодействии всего вещества M и всего вещества L образовалось органическое вещество R, которое при взаимодействии с бромом массой 160 г, растворенным в четыреххлористом углероде привело к образованию органического вещества T. Известно, что при сжигании на воздухе всего количества полученного вещества G образуется 67,2 л (н.у.) углекислого газа и 54 мл воды.

#### Задание

1. Определите вещества D, E, G, L, Q и M, R, T и напишите уравнения реакций их получения, используя структурные формулы веществ.
2. Определите массу полученного вещества T. Приведите структурную формулу вещества T и назовите его и вещество R по номенклатуре ИЮПАК.

#### **Задание 5**

Кристаллическое органическое вещество А с брутто-формулой  $\text{C}_{13}\text{H}_{11}\text{NO}$  внесли в реакционную колбу, добавили избыток разбавленной соляной кислоты и прокипятили, в результате вещество А растворилось. В колбу поместили барботер паровика и провели перегонку с водяным паром, после чего остаток в реакционной колбе упарили досуха, получив бесцветное кристаллическое органическое вещество Б, растворимое в воде. Дистиллят упарили, получив бесцветное кристаллическое ароматическое органическое вещество Г.

При кипячении с азеотропной отгонкой воды вещества Г с этанолом в присутствии каталитических количеств серной кислоты получили жидкое кислородсодержащее вещество Д с цветочно-фруктовым запахом, элементный анализ которого показал следующее содержание углерода, водорода и азота: С - 72,00 %; Н – 6,67 %, N – 0 %. Переведенное из соли в органическое основание вещество Б при взаимодействии с бромной водой получают белое азотсодержащее органическое кристаллическое вещество Е, не растворимое в воде и имеющее молярную массу 330 г/моль.

#### Задание

1. Определите структурную формулу вещества А, назовите его по номенклатуре ИЮПАК.
2. Напишите уравнения всех описанных реакций, указав структурные формулы веществ Б, Г, Д, Е.
3. Предложите уравнение реакции синтеза вещества А из веществ Б и Д.



Периодическая система элементов Д.И. Менделеева

| I |                                       | II                                   |                                        | III                                  |                                      | IV                                    |                                       | V                                    |                                        | VI                                   |  | VII |  | VIII |  |  |  |    |                               |  |  |
|---|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|--|-----|--|------|--|--|--|----|-------------------------------|--|--|
| 1 | 1<br><b>H</b><br>1,00797<br>Водород   |                                      |                                        |                                      |                                      |                                       |                                       |                                      |                                        |                                      |  |     |  |      |  |  |  | 2  | <b>He</b><br>4,0026<br>Гелий  |  |  |
| 2 | 3<br><b>Li</b><br>6,939<br>Литий      | 4<br><b>Be</b><br>9,0122<br>Бериллий | 5<br><b>B</b><br>10,811<br>Бор         | 6<br><b>C</b><br>12,01115<br>Углерод | 7<br><b>N</b><br>14,0067<br>Азот     | 8<br><b>O</b><br>15,9994<br>Кислород  | 9<br><b>F</b><br>18,9984<br>Фтор      |                                      |                                        |                                      |  |     |  |      |  |  |  | 10 | <b>Ne</b><br>20,183<br>Неон   |  |  |
| 3 | 11<br><b>Na</b><br>22,9898<br>Натрий  | 12<br><b>Mg</b><br>24,312<br>Магний  | 13<br><b>Al</b><br>26,9815<br>Алюминий | 14<br><b>Si</b><br>28,086<br>Кремний | 15<br><b>P</b><br>30,9738<br>Фосфор  | 16<br><b>S</b><br>32,064<br>Сера      | 17<br><b>Cl</b><br>35,453<br>Хлор     |                                      |                                        |                                      |  |     |  |      |  |  |  | 18 | <b>Ar</b><br>39,948<br>Аргон  |  |  |
| 4 | 19<br><b>K</b><br>39,102<br>Калий     | 20<br><b>Ca</b><br>40,08<br>Кальций  | 21<br><b>Sc</b><br>44,956<br>Скандий   | 22<br><b>Ti</b><br>47,90<br>Титан    | 23<br><b>V</b><br>50,942<br>Ванадий  | 24<br><b>Cr</b><br>51,996<br>Хром     | 25<br><b>Mn</b><br>54,938<br>Марганец | 26<br><b>Fe</b><br>55,847<br>Железо  | 27<br><b>Co</b><br>58,9332<br>Кобальт  | 28<br><b>Ni</b><br>58,71<br>Никель   |  |     |  |      |  |  |  |    |                               |  |  |
|   | 29<br><b>Cu</b><br>63,546<br>Медь     | 30<br><b>Zn</b><br>65,37<br>Цинк     | 31<br><b>Ga</b><br>69,72<br>Галлий     | 32<br><b>Ge</b><br>72,59<br>Германий | 33<br><b>As</b><br>74,9216<br>Мышьяк | 34<br><b>Se</b><br>78,96<br>Селен     | 35<br><b>Br</b><br>79,904<br>Бром     |                                      |                                        |                                      |  |     |  |      |  |  |  | 36 | <b>Kr</b><br>83,80<br>Криптон |  |  |
| 5 | 37<br><b>Rb</b><br>85,47<br>Рубидий   | 38<br><b>Sr</b><br>87,62<br>Стронций | 39<br><b>Y</b><br>88,905<br>Иттрий     | 40<br><b>Zr</b><br>91,22<br>Цирконий | 41<br><b>Nb</b><br>92,906<br>Ниобий  | 42<br><b>Mo</b><br>95,94<br>Молибден  | 43<br><b>Tc</b><br>[99]<br>Технеций   | 44<br><b>Ru</b><br>101,07<br>Рутений | 45<br><b>Rh</b><br>102,905<br>Родий    | 46<br><b>Pd</b><br>106,4<br>Палладий |  |     |  |      |  |  |  | 54 | <b>Xe</b><br>131,30<br>Ксенон |  |  |
|   | 47<br><b>Ag</b><br>107,868<br>Серебро | 48<br><b>Cd</b><br>112,40<br>Кадмий  | 49<br><b>In</b><br>114,82<br>Индий     | 50<br><b>Sn</b><br>118,69<br>Олово   | 51<br><b>Sb</b><br>121,75<br>Сурьма  | 52<br><b>Te</b><br>127,60<br>Теллур   | 53<br><b>I</b><br>126,9044<br>Иод     |                                      |                                        |                                      |  |     |  |      |  |  |  |    |                               |  |  |
| 6 | 55<br><b>Cs</b><br>132,905<br>Цезий   | 56<br><b>Ba</b><br>137,34<br>Барий   | 57<br><b>La *</b><br>138,81<br>Лантан  | 72<br><b>Hf</b><br>178,49<br>Гафний  | 73<br><b>Ta</b><br>180,948<br>Тантал | 74<br><b>W</b><br>183,85<br>Вольфрам  | 75<br><b>Re</b><br>186,2<br>Рений     | 76<br><b>Os</b><br>190,2<br>Осмий    | 77<br><b>Ir</b><br>192,2<br>Иридий     | 78<br><b>Pt</b><br>195,09<br>Платина |  |     |  |      |  |  |  | 86 | <b>Rn</b><br>[222]<br>Радон   |  |  |
|   | 79<br><b>Au</b><br>196,967<br>Золото  | 80<br><b>Hg</b><br>200,59<br>Ртуть   | 81<br><b>Tl</b><br>204,37<br>Таллий    | 82<br><b>Pb</b><br>207,19<br>Свинец  | 83<br><b>Bi</b><br>208,980<br>Висмут | 84<br><b>Po</b><br>[210]<br>Полоний   | 85<br><b>At</b><br>210<br>Астат       |                                      |                                        |                                      |  |     |  |      |  |  |  |    |                               |  |  |
| 7 | 87<br><b>Fr</b><br>[223]<br>Франций   | 88<br><b>Ra</b><br>[226]<br>Радий    | 89<br><b>Ac **</b><br>[227]<br>Актиний | 104<br><b>Db</b><br>[261]<br>Дубний  | 105<br><b>Jl</b><br>[262]<br>Жолотий | 106<br><b>Bh</b><br>[263]<br>Беркелий | 107<br><b>Bh</b><br>[262]<br>Борий    | 108<br><b>Hn</b><br>[265]<br>Гангий  | 109<br><b>Mt</b><br>[266]<br>Мейтнерий |                                      |  |     |  |      |  |  |  |    |                               |  |  |

\*.ЛАНТАНОИДЫ

|                                    |                                         |                                     |                                      |                                      |                                      |                                        |                                      |                                        |                                       |                                    |                                     |                                       |                                      |
|------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 58<br><b>Ce</b><br>140,12<br>Церий | 59<br><b>Pr</b><br>140,907<br>Прозероид | 60<br><b>Nd</b><br>144,24<br>Неодим | 61<br><b>Pm</b><br>[145]<br>Прометий | 62<br><b>Sm</b><br>150,35<br>Самарий | 63<br><b>Eu</b><br>151,96<br>Европий | 64<br><b>Gd</b><br>157,25<br>Гадолиний | 65<br><b>Tb</b><br>158,924<br>Тербий | 66<br><b>Dy</b><br>162,50<br>Диспрозий | 67<br><b>Ho</b><br>164,930<br>Гольмий | 68<br><b>Er</b><br>167,26<br>Эрбий | 69<br><b>Tm</b><br>168,934<br>Тулий | 70<br><b>Yb</b><br>173,04<br>Иттербий | 71<br><b>Lu</b><br>174,97<br>Лютеций |
|------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|

\*\*АКТИНОИДЫ

|                                     |                                         |                                  |                                      |                                      |                                      |                                   |                                     |                                        |                                        |                                     |                                        |                                      |                                        |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| 90<br><b>Th</b><br>232,038<br>Торий | 91<br><b>Pa</b><br>[231]<br>Протактиний | 92<br><b>U</b><br>238,03<br>Уран | 93<br><b>Np</b><br>[237]<br>Нептуний | 94<br><b>Pu</b><br>[242]<br>Плутоний | 95<br><b>Am</b><br>[243]<br>Америций | 96<br><b>Cm</b><br>[247]<br>Кюрий | 97<br><b>Bk</b><br>[247]<br>Берклий | 98<br><b>Cf</b><br>[249]<br>Калифорний | 99<br><b>Es</b><br>[254]<br>Эйнштейний | 100<br><b>Fm</b><br>[253]<br>Фермий | 101<br><b>Md</b><br>[256]<br>Менделеев | 102<br><b>No</b><br>[255]<br>Нобелий | 103<br><b>Lr</b><br>[257]<br>Лоренсвий |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|

Примечание: Образцы таблицы напечатан из современного курса для поступающих в ВУЗы Н.Е. Кузнецов и др. «Начала химии» М., «Эксмо», 2000





# РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

↑  
активность металлов уменьшается

## РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

|                                             | H <sup>+</sup> | Li <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Ba <sup>2+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Sr <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | Cr <sup>3+</sup> | Fe <sup>2+</sup> | Fe <sup>3+</sup> | Ni <sup>2+</sup> | Co <sup>2+</sup> | Mn <sup>2+</sup> | Zn <sup>2+</sup> | Ag <sup>+</sup> | Hg <sup>2+</sup> | Pb <sup>2+</sup> | Sn <sup>2+</sup> | Cu <sup>2+</sup> |   |
|---------------------------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---|
| OH <sup>-</sup>                             |                | P               | P              | P               | P                            | P                | M                | H                | M                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H               | —                | —                | H                | H                | H |
| F <sup>-</sup>                              | P              | M               | P              | P               | P                            | M                | H                | H                | H                | M                | H                | H                | H                | P                | P                | P                | P                | P               | P                | —                | H                | P                | P |
| Cl <sup>-</sup>                             | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P               | H                | P                | M                | P                | P |
| Br <sup>-</sup>                             | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P               | H                | M                | M                | P                | P |
| I <sup>-</sup>                              | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | P                | ?                | P                | ?                | P                | P                | P                | P                | P               | H                | H                | H                | M                | ? |
| S <sup>2-</sup>                             | P              | P               | P              | P               | P                            | —                | —                | —                | H                | —                | —                | H                | —                | H                | H                | H                | H                | H               | H                | H                | H                | H                | H |
| HS <sup>-</sup>                             | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | ?                | ?                | ?                | ?                | ?                | H                | H                | ?                | ?               | ?                | ?                | ?                | ?                | ? |
| SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>               | P              | P               | P              | P               | P                            | H                | H                | M                | H                | ?                | —                | H                | ?                | H                | H                | H                | ?                | M               | H                | H                | H                | ?                | ? |
| HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>               | P              | ?               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | ?                | ?                | ?                | ?                | ?                | ?                | ?                | ?                | ?               | ?                | ?                | ?                | ?                | ? |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>               | P              | P               | P              | P               | P                            | H                | M                | P                | H                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P               | M                | —                | H                | P                | P |
| HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>               | P              | P               | P              | P               | P                            | ?                | ?                | ?                | —                | ?                | ?                | ?                | ?                | ?                | ?                | ?                | ?                | ?               | ?                | ?                | H                | ?                | ? |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P                | P               | P                | P                | P                | —                | P |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>                | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | ?                | ?                | ?                | ?                | P                | M                | ?                | ?                | ?               | M                | ?                | ?                | ?                | ? |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>               | P              | H               | P              | P               | —                            | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H                | H               | H                | H                | H                | H                | H |
| HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>              | P              | ?               | P              | P               | P                            | H                | H                | M                | H                | ?                | ?                | H                | ?                | ?                | ?                | ?                | H                | ?               | ?                | ?                | M                | H                | ? |
| H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | ?                | ?                | P                | ?                | ?                | ?                | ?                | P                | P               | P                | ?                | —                | ?                | ? |
| CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>               | P              | P               | P              | P               | P                            | H                | H                | H                | H                | ?                | ?                | H                | —                | H                | H                | H                | H                | H               | H                | H                | H                | ?                | H |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>               | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | ?                | ?                | P                | ?                | ?                | ?                | ?                | ?                | ?               | ?                | ?                | P                | ?                | ? |
| CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>            | P              | P               | P              | P               | P                            | P                | P                | P                | P                | —                | P                | P                | —                | P                | P                | P                | P                | P               | P                | P                | P                | —                | P |
| SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>              | H              | H               | P              | P               | ?                            | H                | H                | H                | H                | ?                | ?                | H                | ?                | ?                | ?                | ?                | H                | H               | ?                | ?                | H                | ?                | ? |

“P” – растворяется (> 1 г на 100 г H<sub>2</sub>O)

“M” – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H<sub>2</sub>O)

“H” – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды)

“—” – в водной среде разлагается

“?” – нет достоверных сведений о существовании соединений

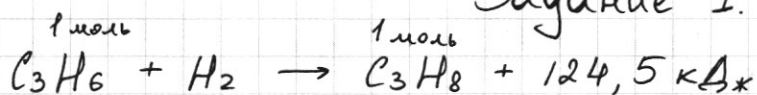
Примечание: Электрохимический ряд напряжений металлов и таблица «Растворимость кислот, солей и оснований в воде» напечатаны из современного курса для поступающих в ВУЗы Н.Е. Кузьменко и др. «Начала химии» М., «Экзамен», 2000 (с. 241, форзац)



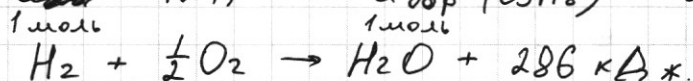


## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

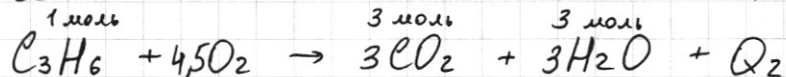
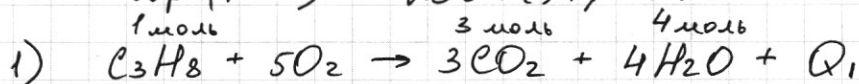
## Задание 1.



$$124,5 = Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_8) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_6)$$



$$Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) = 286 \text{ кДж/моль}$$



$$Q_1 = 3 Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) + 4 Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_8)$$

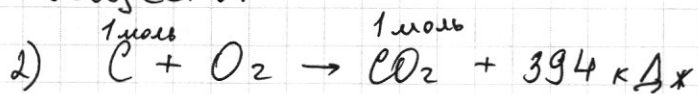
$$Q_2 = 3 Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) + 3 Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_6)$$

$$Q_1 - Q_2 = Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_8) + Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_6) =$$

$$= Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - (Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_8) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_6)) = 286 \text{ кДж} -$$

$$- 124,5 \text{ кДж} = 161,5 \text{ кДж} > 0 \Rightarrow Q_1 > Q_2 \quad \text{з.т.г.}$$

$Q_{\text{обр}}$  — теплота образования вещества из простых веществ.



$$Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) = 394 \text{ кДж/моль}$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_6) = -20,4 \text{ кДж/моль} \quad (\text{т.к. тепло поглощается})$$

$$Q_2 = 3 Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) + 3 Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_6) =$$

$$= 3 \text{ моль} \cdot 394 \text{ кДж/моль} + 3 \text{ моль} \cdot 286 \text{ кДж/моль} + 1 \text{ моль} \cdot 20,4 \text{ кДж/моль} =$$

$$= 2060,4 \text{ кДж}$$

$$Q_1 = Q_2 + 161,5 = 2221,9 \text{ кДж}$$

$$\text{Ответ: } Q_1 = 2221,9 \text{ кДж}; \quad Q_2 = 2060,4 \text{ кДж}$$

$$3) Q = c_p(H_2O) \cdot m(H_2O) \cdot \Delta t + c_p(Al) \cdot m(Al) \cdot \Delta t =$$

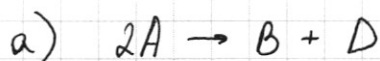
$$= 4182 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К} \cdot 1 \text{ кг} \cdot (100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) + 897 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К} \cdot 0,4 \text{ кг} \cdot (100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 454080 \text{ Дж} = 454,08 \text{ кДж}.$$

- нужно, чтобы нагреть воду и кастрюлю до  $100^\circ\text{C}$  (температура кипения воды).

$$V_m \cdot \frac{Q}{Q_1} \cdot 1 \text{ моль} = \frac{454,08 \text{ кДж}}{2221,9 \text{ кДж}} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 4,578 \text{ л}$$

Ответ:  $V = 4,578 \text{ л}.$

## Задание 2.



Очевидно, что ~~порядок реакции не нулевой~~. Константа скорости одинакова в любой момент времени. Нужно найти порядок реакции, подставляя величины из таблицы в формулу константы скорости этого порядка, пока не получим одинаковые значения констант для разных моментов времени. Если ни один порядок не подойдёт, то это нулевой порядок.

Если порядок первый, то  $k_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{c_0}{c_t}$

$$\frac{1}{2 \text{ мин}} = \ln \frac{5}{2,5} = \frac{1}{8 \text{ мин}} \cdot \ln \frac{5}{1}$$

$0,3466 = 0,2012$  - неверно, значит, это реакция не первого порядка.

Если порядок третий, то  $k_3 = \frac{1}{2t} \left( \frac{1}{c_t^2} - \frac{1}{c_0^2} \right)$

$$\frac{1}{2 \cdot 2 \text{ мин}} \cdot \left( \frac{1}{(2,5)^2} - \frac{1}{5^2} \right) = \frac{1}{2 \cdot 8} \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{5^2} \right)$$

$0,03 = 0,06$  - неверно  $\Rightarrow$  это не третий

Если реакция второго порядка, то  $k_2 = \frac{1}{t} \left( \frac{1}{c_t} - \frac{1}{c_0} \right)$  <sup>порядок.</sup>

$$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{2,5} - \frac{1}{5} \right) = \frac{1}{4} \left( \frac{1}{1,667} - \frac{1}{5} \right) = \frac{1}{6} \left( \frac{1}{1,25} - \frac{1}{5} \right) = \frac{1}{8} \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{5} \right) = 0,1$$

Таким образом, второй порядок подходит нам.

Ответ: порядок реакции второй.

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned}
 \delta) \quad k_2 &= \frac{1}{2 \text{ мин}} \left( \frac{1}{2,5 \text{ м}} - \frac{1}{5 \text{ м}} \right) = 0,1 \text{ л/моль} \cdot \text{мин} \quad \text{для } 30^\circ\text{C} \\
 k_2' &= \frac{1}{2 \text{ мин}} \left( \frac{1}{0,5 \text{ м}} - \frac{1}{5 \text{ м}} \right) = 0,9 \text{ л/моль} \cdot \text{мин} \quad \text{для } 50^\circ\text{C}.
 \end{aligned}$$

Ответ: при  $30^\circ\text{C}$   $k_2 = 0,1 \text{ л/моль} \cdot \text{мин}$ , при  $50^\circ\text{C}$   $k_2' = 0,9 \text{ л/моль} \cdot \text{мин}$ .

$$\begin{aligned}
 \text{в) По правилу Вант-Гоффа } v &= v_0 \cdot \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}} \\
 \frac{v}{v_0} &= \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}} = \frac{k_2}{k_2'} \quad (\text{т.к. } v \text{ обратно пропорциональна } k_2) \\
 \gamma^{\frac{50 - 30}{10}} &= \frac{0,1}{0,9} \\
 \gamma^2 &= \frac{1}{9} \Rightarrow \gamma = \frac{1}{3} \quad (\text{т.к. } \gamma > 0)
 \end{aligned}$$

Ответ:  $\gamma = \frac{1}{3}$ .

г) За период полупревращения расходуется половина вещества  $A \Rightarrow C_{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{1}{2} C_0 = 2,5 \text{ моль/л}$ .

Для  $30^\circ\text{C}$   $T_{\frac{1}{2}} = 2 \text{ мин}$  (как видно из таблицы)

Для  $50^\circ\text{C}$   $k_2' = \frac{1}{T_{\frac{1}{2}}} \left( \frac{1}{C_T} - \frac{1}{C_0} \right)$

$$0,9 = \frac{1}{T_{\frac{1}{2}}} \left( \frac{1}{2,5} - \frac{1}{5} \right)$$

$$\begin{aligned}
 T_{\frac{1}{2}}' &= \frac{1}{0,9 \text{ л/моль} \cdot \text{мин}} \cdot \left( \frac{1}{2,5 \text{ м}} - \frac{1}{5 \text{ м}} \right) = \frac{2}{9} \text{ мин} \approx \\
 &\approx 0,22 \text{ мин}.
 \end{aligned}$$

Ответ: при  $30^\circ\text{C}$   $T_{\frac{1}{2}} = 2 \text{ мин}$ , при  $50^\circ\text{C}$   $T_{\frac{1}{2}}' = 0,22 \text{ мин}$

г)  $[v] = 1 \text{ моль/л} \cdot \text{мин}$

$[k_2] = 1 \text{ л/моль} \cdot \text{мин}$

Как видно из размерностей,  $v$  обратно пропорциональна  $k_2$ .

$$v = \frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{t^2} \cdot \alpha, \text{ где } t - \text{время превращения (мин)},$$

$\alpha$  — коэффициент пропорциональности.

$v_0 = \frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{t_0^2} \cdot \alpha$  в начальный момент времени.

$v = \frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{t^2} \cdot \alpha$ , где  $t = 4$  мин.

Т.к. в начальный момент времени  $t_0 = 0$  (или  $t_0$  очень маленькое)  $\Rightarrow \frac{1}{t_0^2} \rightarrow +\infty \Rightarrow$  скорость реакции  $v_0 \rightarrow +\infty$  (очень большая).

В момент времени  $t = 4$  мин  $v = \frac{1}{k_2} \cdot \frac{1}{16} \cdot \alpha =$   
 $= \frac{1}{0,1} \cdot \frac{1}{16} \cdot \alpha = 0,625 \alpha$ , что меньше, чем  $v_0 \rightarrow \infty$ .

$\frac{v_0}{v} = \frac{t^2}{t_0^2} \rightarrow \infty$ , т.к.  $t_0$  близко к нулю

$v_0 > v \Rightarrow$  скорость реакции уменьшилась.

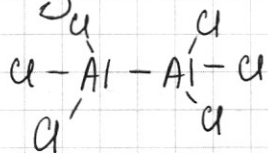
Ответ: уменьшилась.

### Задание 3.

Ответ:

1) Т.к. молярная масса при возгонке увеличивается в 2 раза, образуется димер  $Al_2Cl_6$ .

Алюминий проявляет амфотерные свойства, поэтому и потому что у него достаточная электроотрицательность, он может образовывать ковалентные связи. При возгонке у алюминия проявляются неметаллические свойства и образуется связь  $Al - Al$ .



Характер связей: ковалентный, а не ионный, т.к. димер летучий, а для ионных соединений это не характерно.

2) Ответ:  $Al_2O_3 + 3CO + 3Cl_2 \rightarrow 3CO_2 + 2AlCl_3$ .

Получить безводный  $AlCl_3$  по реакции

$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$  невозможно, т.к. максимальная концентрация раствора  $HCl$  не превышает



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

50% , то есть её раствор будет содержать воду, это не даст получить безводный  $AlCl_3$

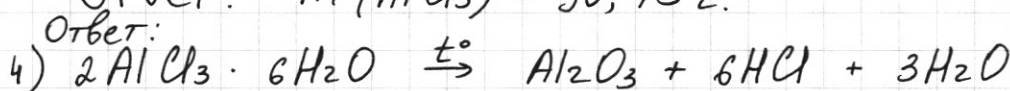
3)  $m_{р-ра} = 100г$

$$S_{25^{\circ}C}(AlCl_3) = \frac{44,4г}{100г(H_2O)}$$

$$W(AlCl_3) = \frac{44,4г}{100г + 44,4г} = \frac{44,4}{144,4} \text{ в насыщенном растворе}$$

$$m(AlCl_3) = 100г \cdot \frac{44,4}{144,4} = 30,75г$$

Ответ:  $m(AlCl_3) = 30,75г$ .

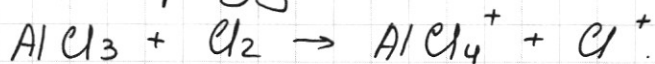


При разложении гексагидрата образуется устойчивый  $Al_2O_3$ , который не возгоняется.

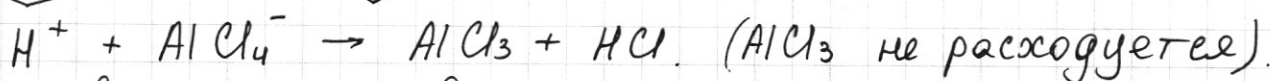
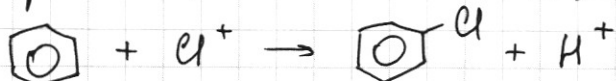
$Al_2O_3$  – твёрдый остаток.

5)  $AlCl_3$  – кислота Льюиса, то есть способен предоставить пустую орбиталь для образования связи по донорно-акцепторному механизму.

Так образуется  $AlCl_4^-$  из  $AlCl_3$  и  $Cl_2$ :



В бензольном кольце сосредоточена большая электронная плотность, которая притягивает  $Cl^+$ .



б) Ответ: нет, невозможно, т.к. действие катализатора основано на образовании связи по донорно-



акцепторному механизму ( $AlCl_3 + Cl^- \rightarrow AlCl_4^-$ ).  
 Для этого алюминию нужна пустая орбиталь.  
 В гексагидрате молекулы воды окружают алюминий. У кислорода в воде есть неподелённые электронные пары, которые он предоставляет алюминию и занимает его свободные орбитали.  
 После этого алюминий не сможет образовать связь с  $Cl^-$ , т.к. у него не будет для этого пустых орбиталей  $\Rightarrow$  гексагидрат нельзя использовать как катализатор.

#### Задание 4.

1. Реакция в подкисленном растворе  $HgSO_4$  - характерная реакция гидратации алкинов  $\Rightarrow A$  - алкин.

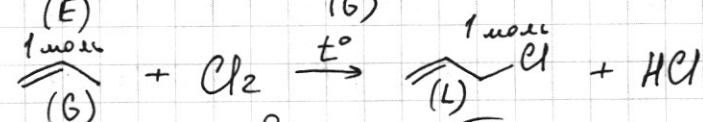
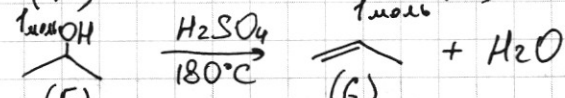
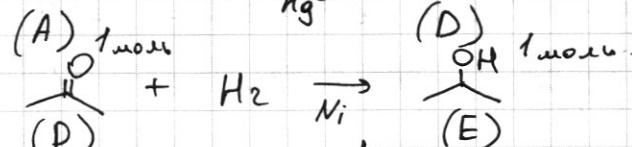
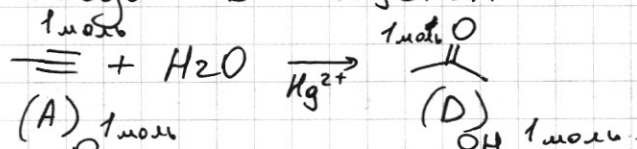
При этом образуется кетон или альдегид, который реагирует с водородом в соотношении 1:1 с образованием спирта (E).

$$V(H_2) = \frac{22,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1 \text{ моль} = V(D) = V(A)$$

$$m(A) = \frac{1}{2} \cdot 80 \text{ г} = 40 \text{ г} \Rightarrow M(A) = \frac{40 \text{ г}}{1 \text{ моль}} = 40 \text{ г/моль}, \text{ что}$$

соответствует пропину  $\equiv (C_3H_4)$ .

Тогда D - ацетон , E - изопропанол .



При нагревании будет радикальное хлорирование

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

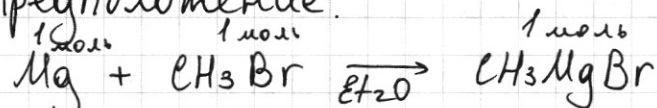
в аллильное положение (т.к. аллильный радикал устойчивее остальных возможных).

При сжигании В образуется  $\nu(\text{CO}_2) = \frac{67,21}{22,41/\text{моль}} = 3 \text{ моль}$   
 $\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{54 \text{ мл} \cdot 1/\text{мл}}{18 \text{ г/моль}} = 3 \text{ моль}$

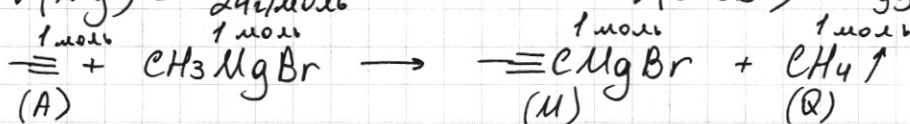
$\nu(\text{C}) = 3 \text{ моль}, \quad \nu(\text{H}) = 6 \text{ моль}$

$\nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) = 1 : 2$

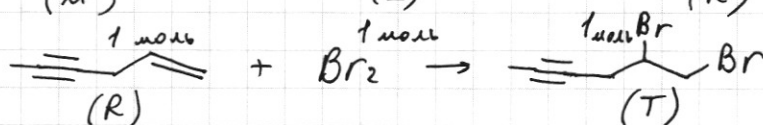
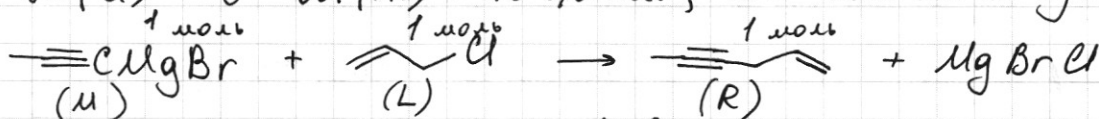
По нашему предположению вещества В был 1 моль, значит, формула В —  $\text{C}_3\text{H}_6$ , что соответствует пропену. Это подтверждает изначальное предположение.



$\nu(\text{Mg}) = \frac{24}{24 \text{ г/моль}} = 1 \text{ моль} \quad \nu(\text{CH}_3\text{Br}) = \frac{94}{94 \text{ г/моль}} = 1 \text{ моль}$



$M(Q) = 8 \cdot M(\text{H}_2) = 16 \text{ г/моль}$ , что соответствует метану.



$\nu(\text{Br}_2) = \frac{160}{160 \text{ г/моль}} = 1 \text{ моль}$

$m(T) = 1 \text{ моль} \cdot 240 \text{ г/моль} = 240 \text{ г}$

2. Ответ:  $m(T) = 240 \text{ г}$ ; Т — гекс-1-ен-4-ин;

R — ~~4,2-дибромгексин-4~~. 5,6-дибромгексин-2.

## Задание 5.

2. Вещество А получено из Г взаимодействием со спиртом в подкисленной среде. Это похоже на реакцию этерификации. А имеет цветочно-фруктовый запах, что указывает на сложный эфир. Значит А - сложный эфир кислоты Г и этанола.

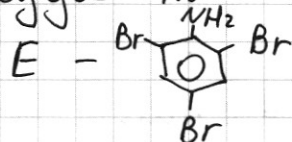
Определим молекулярную формулу А, учитывая, что третий элемент в нём - кислород (его массовая доля -  $100\% - 72\% - 6,67\% = 21,33\%$ ):

$$\nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) : \nu(\text{O}) = \frac{72}{12} : \frac{6,67}{1} : \frac{21,33}{16} = 9 : 10 : 2$$

$\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$  - это  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$  (этилбензоат).

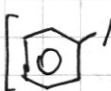
Тогда Г - -COOH.

Судя по описанию и молярной массе (330 г/мол),



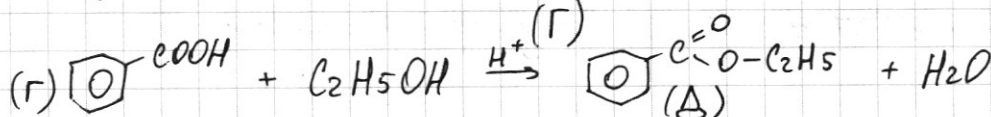
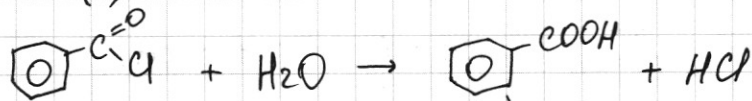
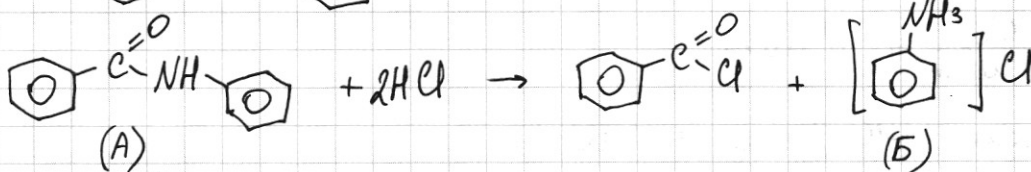
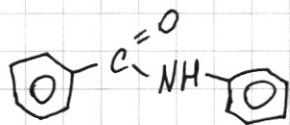
, значит Б - анилин, точнее его

соль (т.к. по условию Б перевели из соли в основание, то есть в анилин).

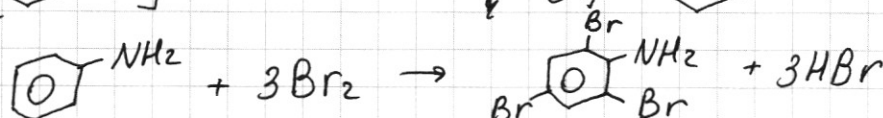
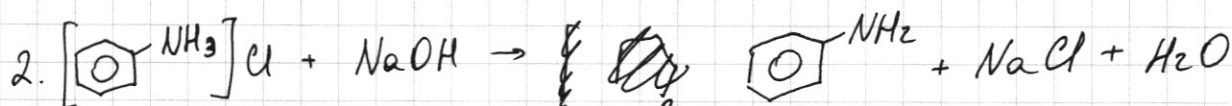
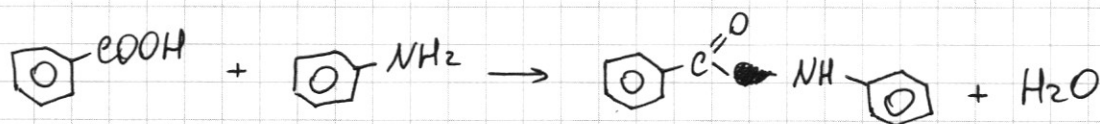
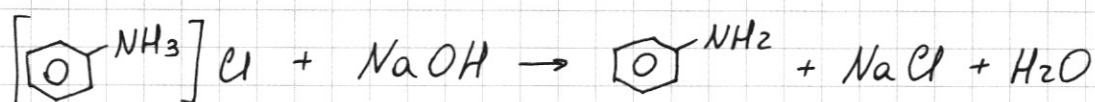
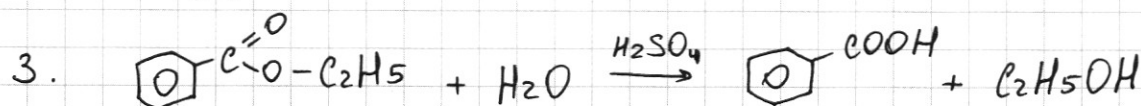
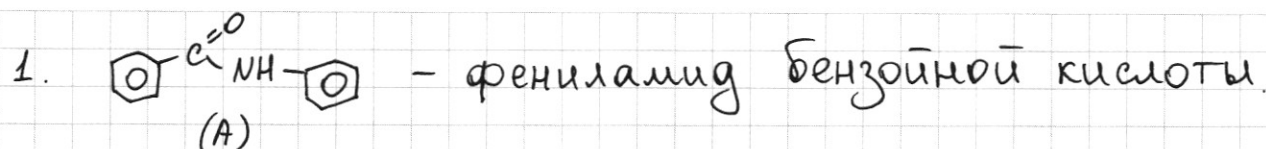
Б - Cl, т.к. первая реакция была с HCl.

Зная формулы Б и Г, можно найти формулу

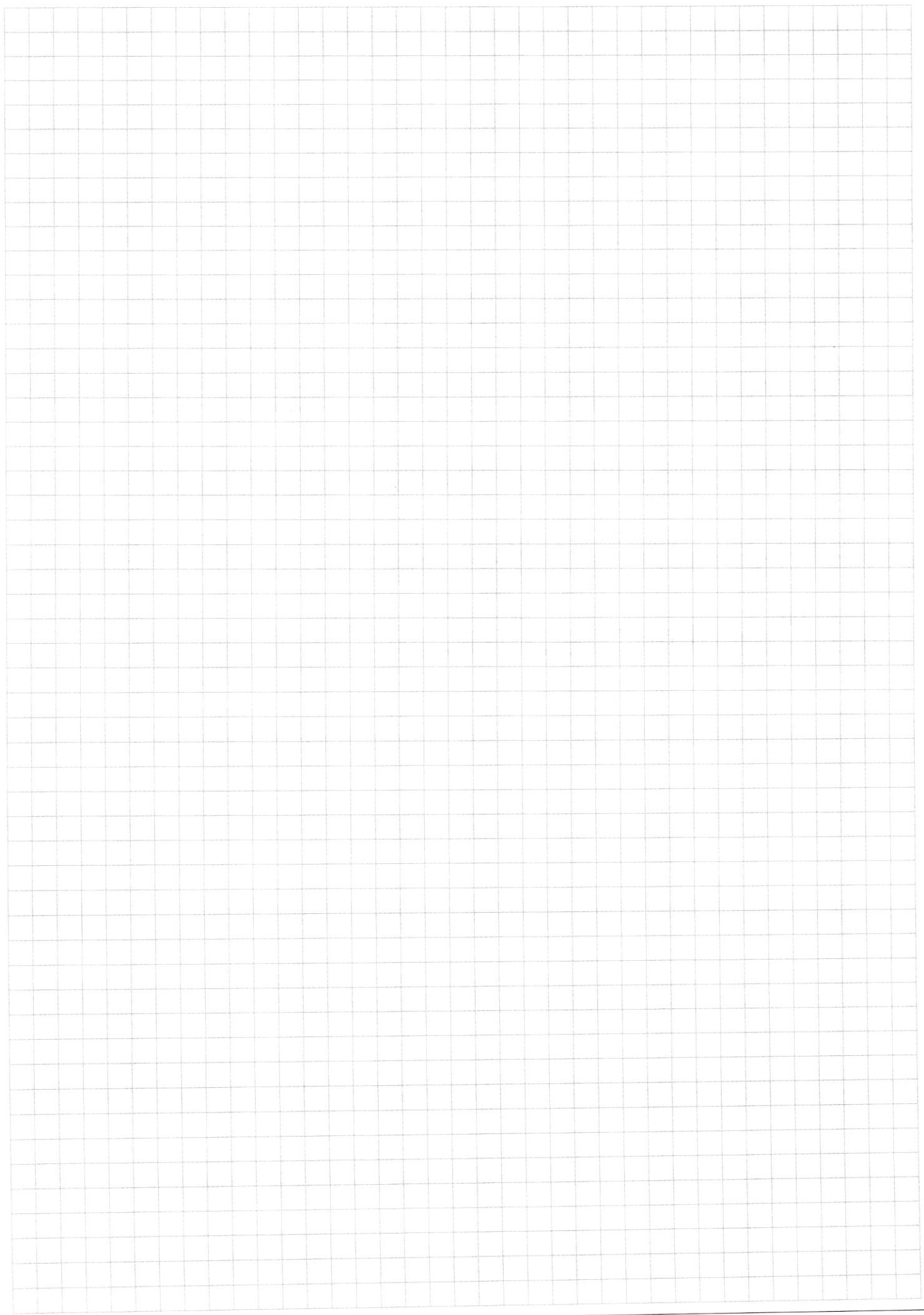
А:



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



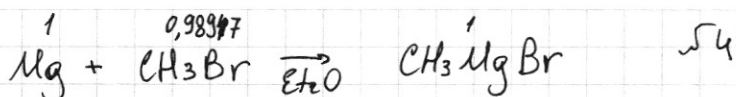




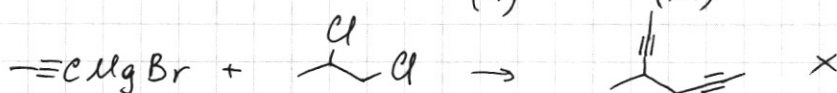
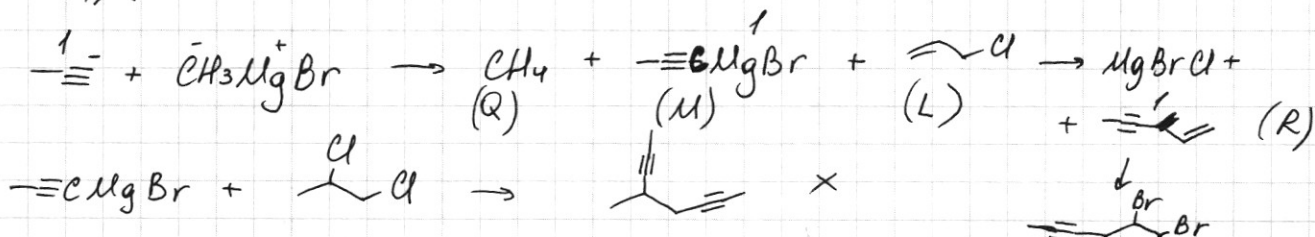
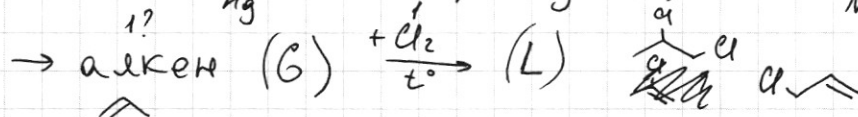
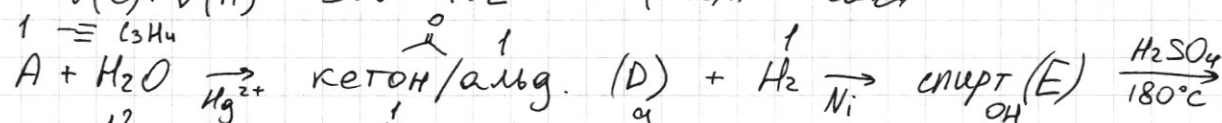
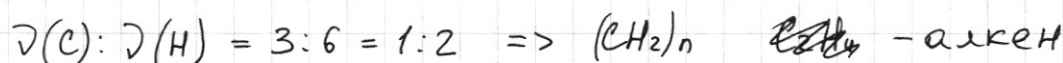
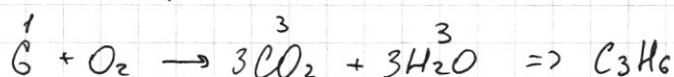
☐ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

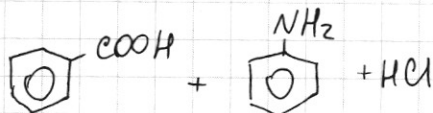
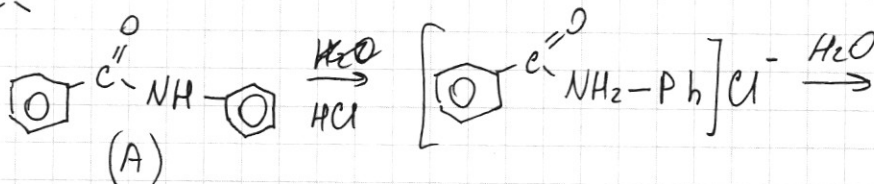
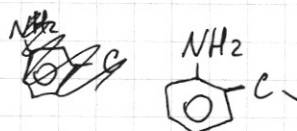
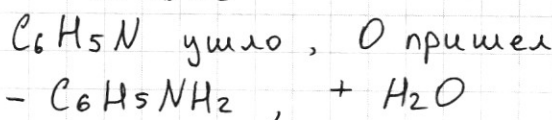
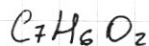
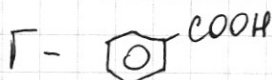
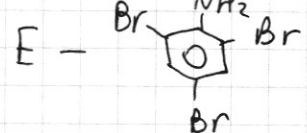
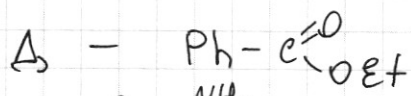
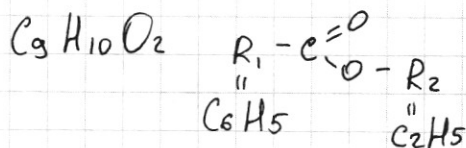
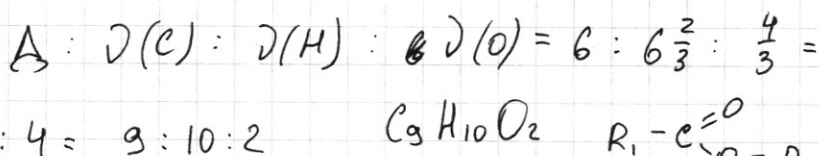


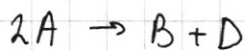
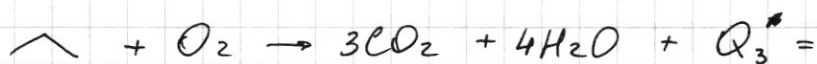
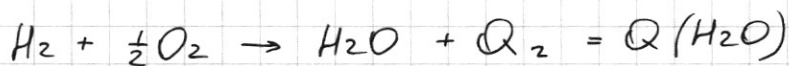
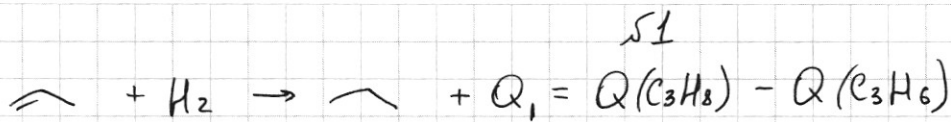
Q - CH<sub>4</sub>



55

C<sub>13</sub>H<sub>8</sub>NH<sub>2</sub>OH A - амин





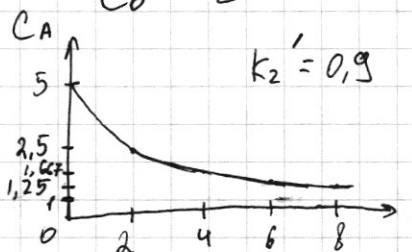
$$k_0 = v_0$$

$$k_1 = \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{C_0}{C_t}$$

$$k_2 = \frac{1}{t} \left( \frac{1}{C_t} - \frac{1}{C_0} \right)$$

$$k_3 = \frac{1}{2t} \left( \frac{1}{C_t^2} - \frac{1}{C_0^2} \right)$$

$$C_0 = 5$$



$$k_2' = 0,9$$

$$k_2 = 0,1 \text{ (2 мин)}$$

$$k_2 = 0,1 \text{ (8 мин)} \quad \checkmark$$

$$k_2 = 0,1 \text{ (6 мин)}$$

$$k_2 = 0,1 \text{ (4 мин)}$$

$$k_{31} = 0,03$$

$$k_{32} = 0,04 \quad k_3 =$$

$$v_1 = v_2 \cdot k^{\frac{A^+}{10}}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{k_1}{k_2} = \gamma^2 \Rightarrow \gamma = \sqrt{\frac{k_1}{k_2}} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{t} \left( \frac{1}{C_t} - \frac{1}{C_0} \right) = \frac{1}{t'} \left( \frac{1}{C_t'} - \frac{1}{C_0} \right)$$

$$[v] = 1 \frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{мин}}$$

$$[k_2] = 1 \frac{1}{\text{моль} \cdot \text{мин}}$$

$$v_0 = \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{t_0^2}$$

$$v_1 = \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{t_1^2}$$

