

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2015-2016 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

11 класс

Часть 1. Разминка (общая оценка 20 баллов).

*Решение.*

- 1.1. Для водородных соединений элементов VIA группы  $H_2E$  с увеличением порядкового номера кислотные свойства **возрастают**, а восстановительные свойства **тоже возрастают**.
- 1.2. При взаимодействии карбида алюминия с водой образуется продукт, относящийся к классу **алканов**, а при взаимодействии карбида кальция с водой – к классу **алкинов**.
- 1.3. Степень диссоциации уксусной кислоты с увеличением температуры **увеличивается**, а с увеличением концентрации **уменьшается**.
- 1.4. В газофазной реакции  $2NO + O_2 = 2NO_2 + Q$  установилось химическое равновесие. Если увеличить температуру, то равновесие сместится **влево**, а если внести катализатор – **равновесие сохранится**.
- 1.5. Фосфористая кислота  $H_3PO_3$  имеет основность, равную **2**, а фосфорноватистая кислота  $H_3PO_2$  – **1**.
- 1.6. Среда водного раствора  $CuCl_2$  **кислая**, а водного раствора  $(NH_4)_2SO_4$  – **тоже кислая**.
- 1.7. В соединении  $K_2Cr_2O_7$  степень окисления хрома **+6**, а в соединении  $K_3[Cr(OH)_6]$  **+3**.
- 1.8. Агрегатное состояние  $I_2$  при комнатной температуре и атмосферном давлении **твердое**, а его кристаллическая решетка в твердом состоянии **молекулярная**.
- 1.9. Органический продукт, образующийся при взаимодействии алкенов с перманганатом калия в щелочной среде относится к классу **двухатомных спиртов (гликолей, диолов)**, а происходящий процесс называется реакцией **Вагнера**.
- 1.10. Продуктом реакции внутримолекулярной дегидратации спиртов являются **алкены**, межмолекулярной дегидратации – **простые эфиры**.

*Система оценивания:*

*Каждый правильный ответ по 1 б*

*всего  $1 \cdot 2 \cdot 10 = 20$  баллов.*

*Итого 20 баллов*

Часть 2. Качественные задания (общая оценка 40 баллов).

2.1. Имеется семь водных растворов, содержащих следующие соединения в одинаковой молярной концентрации: уксусная кислота, формиат натрия, муравьиная кислота, ацетат натрия, гидросульфат натрия, сульфат натрия, серная кислота.

Расположите эти растворы в ряд в порядке возрастания значений pH. Ответ поясните.

*Решение.*

Самые высокие концентрации  $H^+$  и, как следствие, самые маленькие значения pH (поскольку это **отрицательный** десятичный логарифм  $[H^+]$ ) будут в растворах сильной по двум ступеням кислоты  $H_2SO_4$  и ее кислой соли  $NaHSO_4$ . Поскольку серная кислота при диссоциации дает два протона, а гидросульфат натрия один, самый низкий pH будет в растворе  $H_2SO_4$ . Кислая среда будет еще в двух растворах слабых кислот – муравьиной и уксусной. Из-за индуктивного эффекта метильной группы муравьиная кислота сильнее уксусной кислоты, поэтому в ее растворе pH будет меньше. В растворе  $Na_2SO_4$  – соли сильной кислоты и сильного основания – среда будет нейтральная, а в растворах солей сильного основания и слабых кислот  $CH_3COONa$  и  $HCOONa$  среда будет слабощелочной

(за счет гидролиза по аниону). Поскольку муравьиная кислота сильнее уксусной, то ее соль будет подвержена гидролизу в меньшей степени, и pH в растворе формиата натрия будет меньше, чем в растворе ацетата натрия. Получаем следующий порядок возрастания значений pH:



**Система оценивания:**

**Правильное положение каждого раствора в ряду по 1 б, верное пояснение места каждого раствора в ряду по 1 б (если перепутано направление ряда, то снимается 4 б; если сумма получается < 0, то выставляется 0)** **1\*7+1\*7 = 14 баллов.**

**Итого 14 баллов**

**2.2.** Произойдет ли химическое взаимодействие с растворителем при раздельном помещении твердых веществ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , Ag, ZnS, Al,  $\text{FeSO}_4$ :

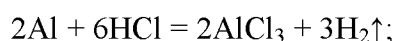
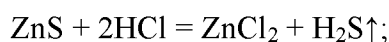
а) в хлороводородную кислоту; б) в водный раствор гидроксида натрия;

в) в концентрированную азотную кислоту?

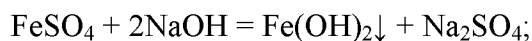
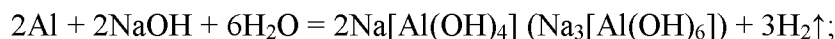
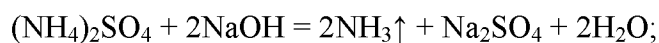
Ответы подтвердите уравнениями реакций. Если вещество не взаимодействует с растворителем, то обязательно укажите это.

**Решение.**

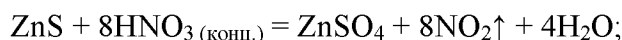
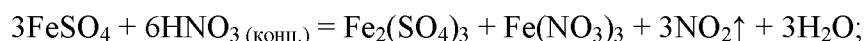
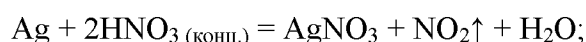
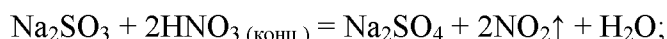
а) Не взаимодействуют с HCl:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , Ag,  $\text{FeSO}_4$ .



б) Не взаимодействуют с NaOH:  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , Ag, ZnS.



в) Не взаимодействуют с  $\text{HNO}_3$  (конц.):  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , Al.



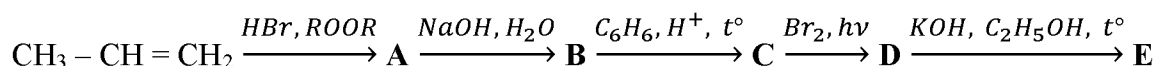
**Система оценивания:**

**За верное указание об отсутствии взаимодействия по 0,5 балла, за уравнения реакций по 1 баллу**

**0,5\*8+1\*10 = 14 баллов.**

**Итого 14 баллов**

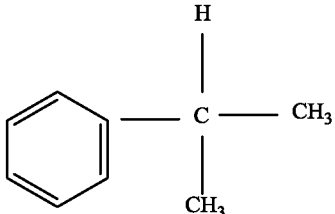
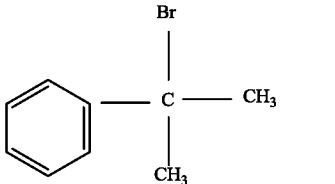
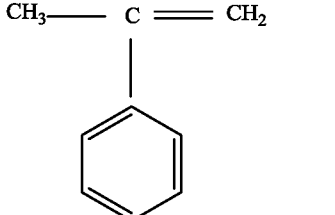
**2.3.** Расшифруйте схему превращений (изобразите структурные формулы и напишите названия органических соединений **A – E**).



**Назовите механизмы реакций превращения B в C и C в D**

**Решение.**

<b>A</b>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Br}$	1-бромпропан
<b>B</b>	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$	пропанол-1

C		изопропилбензол, кумол, 1-метилэтилбензол, 2-фенилпропан
D		2-бром-2-фенилпропан
E		2-фенилпропен

B → C – электрофильное замещение

C → D – свободно-радикальное замещение

**Система оценивания:**

**Структурные формулы соединений А-Е по 1 баллу, названия по 1 баллу**

*1\*5+1\*5 = 10 баллов;*

**Названия механизмов по 1 баллу**

*1\*2 = 2 балла.*

**Итого 12 баллов.**

### Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 40 баллов).

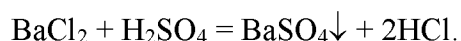
**3.1.** К раствору, содержащему 7,74 г смеси сульфата калия и сульфата натрия, добавили 152,4 мл 10 %-ного раствора хлорида бария (концентрация раствора 10 масс. %, плотность 1,092 г/мл). Выпавший осадок отфильтровали. К фильтрату (профильтрованному раствору) добавили 16 мл серной кислоты с концентрацией 2 моль/л, получив еще одну порцию такого же осадка, масса которого составила 6,99 г. Определите массовые доли солей в исходной смеси и массу оксида серы(VI), необходимую для приготовления израсходованной серной кислоты.

**Решение.**

а) Выпавший осадок – сульфат бария, по условию задачи его отделяют фильтрованием:  
 $K_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 \downarrow + 2KCl$ ;  $Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 \downarrow + 2NaCl$ .

В фильтрате могут присутствовать: непрореагировавшие сульфат калия и сульфат натрия (если хлорид бария в недостатке), хлорид бария (если он взят в избытке) и образовавшиеся хлорид калия и хлорид натрия.

В реакции с серной кислотой получился такой же осадок:



**(3 балла: по 1 баллу за каждое уравнение реакции).**

б) Определим массу оксида серы(VI), необходимую для приготовления раствора серной кислоты:  $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$ , то есть из 1 моль оксида получается 1 моль кислоты. Количество  $H_2SO_4$  равно  $0,016 \cdot 2 = 0,032$  моль, следовательно, количество оксида серы(VI) равно 0,032 моль. Масса оксида серы (VI) составит  $0,032 \cdot 80 = 2,56$  г.

**(3 балла. 1 балла за уравнение реакции + 2 балла за определение массы оксида).**

в) Количество  $\text{BaCl}_2$ , содержащегося в исходном растворе:

$$n(\text{BaCl}_2) = 0,1 \cdot 152,4 \cdot 1,092 / 208 = 0,08 \text{ моль.}$$

**(2 балла).**

В реакции с серной кислотой получился осадок сульфата бария, следовательно, хлорид бария был взят в избытке, а сульфаты при первом сливании прореагировали полностью.

**(2 балла за установление избытка хлорида бария)**

Количество сульфата бария получившегося в результате реакции с серной кислотой:

$$n(\text{BaSO}_4) = 6,99 / 233 = 0,03 \text{ моль.}$$

Количество  $\text{H}_2\text{SO}_4$  посчитано в п. б и равно 0,032 моль, следовательно, серная кислота взята в избытке по отношению к оставшемуся в растворе хлориду бария.

$$\text{Тогда } n(\text{BaCl}_2_{\text{(ост)}}) = n(\text{BaSO}_4) = 6,99 / 233 = 0,03 \text{ моль.}$$

Следовательно, 0,03 моль хлорида бария оставалось в фильтрате, а в реакцию с сульфатами вступило  $n(\text{BaCl}_2) = 0,08 - 0,03 = 0,05$  моль.

**(6 баллов: 2 балла за расчет количества сульфата + 2 балла за вывод об избытке серной кислоты + 2 балла за количество хлорида бария, вступившего в реакцию с сульфатами).**

Суммарное количество сульфатов калия и натрия равно количеству прореагировавшего с ними хлорида бария (0,05 моль), а их общая масса по условию составляет 7,74 г.

Пусть  $x - n(\text{K}_2\text{SO}_4)$ ,  $y - n(\text{Na}_2\text{SO}_4)$ , тогда  $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174x$ ,  $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142y$ .

Решаем систему из двух уравнений:

$$174x + 142y = 7,74;$$

$$x + y = 0,05.$$

$$x = 0,05 - y; \Rightarrow 174(0,05 - y) + 142y = 7,74; \Rightarrow 8,7 - 174y + 142y = 7,74; \Rightarrow 32y = 0,96; \Rightarrow$$

$$y = 0,03 \text{ моль; } x = 0,02 \text{ моль.}$$

Количество солей:  $n(\text{K}_2\text{SO}_4) = 0,02$  моль,  $n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,03$  моль

Массы солей:  $m(\text{K}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0,02 \cdot 174 = 3,48$  г;

$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n \cdot M = 0,03 \cdot 142 = 4,26$  г.

Массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 3,48 / 7,74 = 45,0 \%; \omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 4,26 / 7,74 = 55,0 \%.$$

**(5 баллов. 3 балла за составление и решение системы уравнений, 1 балл за расчет масс солей, 1 балл за расчет массовых долей).**

Ответ:  $\omega(\text{K}_2\text{SO}_4) = 45,0 \%$ ,  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 55,0 \%$ ,  $m(\text{SO}_3) = 2,56$  г.

**Итого 21 балл**

**3.2.** На 170 г раствора гидросульфата анилина с концентрацией 15 % (по массе) подействовали 90 мл 15 % (по массе) раствора гидроксида калия (плотность 1,14 г/мл). Органический продукт выделили из смеси и ввели в реакцию ацилирования с 15 г хлорангидрида уксусной кислоты.

а) Напишите уравнения протекающих реакций.

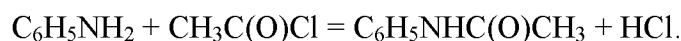
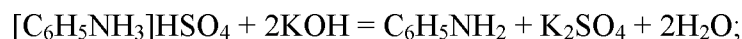
б) Определите массовую долю анилина в смеси, полученной после проведения реакции с гидроксидом калия.

в) Вычислите массу ацетанилида, образовавшегося в реакции с хлорангидридом уксусной кислоты.

г) Изобразите структурные формулы всех органических веществ, упомянутых в условии задачи и вопросах к ней.

**Решение.**

а) Уравнения реакций:



б) Определим массовую долю анилина в смеси, полученной после проведения реакции с гидроксидом калия.

$$M([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HSO}_4) = 191 \text{ г/моль};$$

$$m([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HSO}_4) = 170 * 0,15 = 25,5 \text{ г}; n([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HSO}_4) = 25,5/191 = 0,13 \text{ моль}.$$

$$M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль}; m_{\text{р-р}}(\text{KOH}) = 90 * 1,14 = 102,6 \text{ г}; m(\text{KOH}) = 102,6 * 0,15 = 15,39 \text{ г};$$

$$n(\text{KOH}) = 15,39/56 = 0,27 \text{ моль} - \text{избыток};$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 93 \text{ г/моль}; n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,13 \text{ моль}; m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,13 * 93 = 12,1 \text{ г};$$

$$w(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 12,1/(170 + 102,6) * 100\% = 4,44 \%;$$

в) Вычислим массу ацетанилида, образовавшегося в реакции с уксусным ангидридом.

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,13 \text{ моль};$$

$$M(\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{Cl}) = 78,5 \text{ г/моль}; n(\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{Cl}) = 15/78,5 = 0,19 \text{ моль} - \text{избыток}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3) = 135 \text{ г/моль}; m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3) = 0,13 * 135 = 17,55 \text{ г}.$$

в) Структурные формулы:

Гидросульфат анилина –  $[\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]^+ \text{HSO}_4^-$ ;

Хлорангидрид уксусной кислоты –  $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{Cl}$ ;

Анилин –  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ;

Ацетанилид –  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3$ .

**Система оценивания:**

**Уравнения реакций по 2 балла**

**2\*2 = 4 балла**

**Вывод об избытке щелочи 2 балла, расчет массовой доли 3 балла**

**2+3 = 5 баллов**

**Вывод об избытке ангидрида 2 балла, расчет массы продукта 2 балла**

**2+2 = 4 балла**

**Структурные формулы органических веществ по 1,5 балла**

**1,5\*4 = 6 баллов**

**Итого 19 баллов**

Заключительный этап межрегиональной межвузовской олимпиады школьников

Сибирского федерального округа «Будущее Сибири» 2015-2016 г.

Решения олимпиадных заданий по химии

11 класс

2 вариант

**Часть 1. Разминка (общая оценка 20 баллов).**

- 1.1. Для водородных соединений элементов VIIA группы НЭ с уменьшением порядкового номера кислотные свойства **возрастают**, а восстановительные свойства **тоже возрастают**.
- 1.2. При взаимодействии карбида кальция с водой образуется продукт, относящийся к классу **алкинов**, а при взаимодействии карбида алюминия с водой – к классу **алканов**.
- 1.3. Степень диссоциации муравьиной кислоты с уменьшением концентрации **увеличивается**, а с увеличением температуры **тоже увеличивается**.
- 1.4. В газофазной реакции  $2\text{NO}_2 = 2\text{NO} - Q$  установилось химическое равновесие. Если увеличить температуру, то равновесие сместится **вправо**, а если внести катализатор – **равновесие сохранится**.
- 1.5. Фосфорная кислота  $\text{H}_3\text{PO}_4$  имеет основность, равную **3**, а фосфорноватистая кислота  $\text{H}_3\text{PO}_2$  – **1**.
- 1.6. Среда водного раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$  **кислая**, а водного раствора  $\text{FeSO}_4$  – **тоже кислая**.
- 1.7. В соединении  $\text{CrHPO}_4$  степень окисления хрома **+2**, а в соединении  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  **+6**.
- 1.8. Агрегатное состояние  $\text{Br}_2$  при комнатной температуре и атмосферном давлении **жидкость**, а его кристаллическая решетка в твердом состоянии **молекулярная**.
- 1.9. Процесс, происходящий при взаимодействии алкенов с перманганатом калия в щелочной среде называется реакцией **Вагнера**, а органический продукт, образующийся в этой реакции, относится к классу **двухатомных спиртов (гликолей, диолов)**.
- 1.10. Продуктом реакции межмолекулярной дегидратации спиртов являются **простые эфиры**, внутримолекулярной дегидратации – **алкены**.

**Система оценивания:**

*Каждый правильный ответ по 1 б*

*всего  $1 \cdot 2 \cdot 10 = 20$  баллов.*

*Итого 20 баллов*

**Часть 2. Качественные задания (общая оценка 40 баллов).**

2.1. Имеется семь водных растворов, содержащих следующие соединения в одинаковой молярной концентрации: уксусная кислота, пропионат натрия, серная кислота, пропионовая кислота, ацетат натрия, гидросульфат натрия, сульфат натрия.

Расположите эти растворы в ряд в порядке убывания значений рН. Ответ поясните.

**Решение.**

Самые высокие концентрации  $\text{H}^+$  и, как следствие, самые маленькие значения рН (поскольку это **отрицательный** десятичный логарифм  $[\text{H}^+]$ ) будут в растворах сильной по двум ступеням кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и ее кислой соли  $\text{NaHSO}_4$ . Поскольку серная кислота при диссоциации дает два протона, а гидросульфат натрия один, самый низкий рН будет в растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Кислая среда будет еще в двух растворах слабых кислот – пропионовой и уксусной. Из-за большего индуктивного эффекта этильной группы пропионовая кислота слабее уксусной кислоты, поэтому в ее растворе рН будет больше. В растворе  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – соли сильной кислоты и сильного основания – среда будет нейтральная, а в растворах солей сильного основания и слабых кислот  $\text{CH}_3\text{COONa}$  и  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$  среда будет слабощелочной (за счет гидролиза по аниону). Поскольку

пропионовая кислота слабее уксусной, то ее соль будет подвержена гидролизу в большей степени, и pH в растворе пропионата натрия будет больше, чем в растворе ацетата натрия. Получаем следующий порядок убывания значений pH:  
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa} > \text{CH}_3\text{COONa} > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} > \text{CH}_3\text{COOH} > \text{NaHSO}_4 > \text{H}_2\text{SO}_4$

**Система оценивания:**

**Правильное положение каждого раствора в ряду по 1 б, верное пояснение места каждого раствора в ряду по 1 б (если перепутано направление ряда, то снимается 4 б; если сумма получается < 0, то выставляется 0)** **1\*7+1\*7 = 14 баллов.**

**Итого 14 баллов**

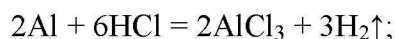
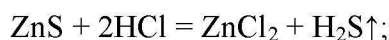
**2.2.** Произойдет ли химическое взаимодействие с растворителем при раздельном помещении твердых веществ  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ :

- а) в разбавленную хлороводородную кислоту; б) в водный раствор гидроксида калия; в) в концентрированную азотную кислоту?

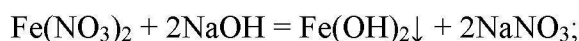
Ответы подтвердите уравнениями реакций. Если вещество не взаимодействует с растворителем, то обязательно укажите это.

**Решение.**

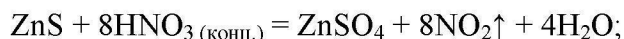
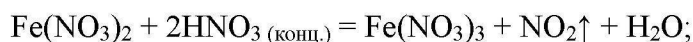
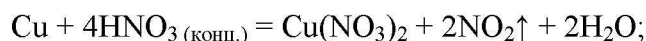
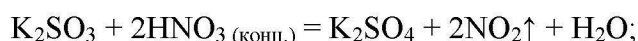
а) Не взаимодействуют с разбавленной HCl:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ .



б) Не взаимодействуют с NaOH:  $\text{K}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{ZnS}$ .



в) Не взаимодействуют с  $\text{HNO}_3$  (конц.):  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Al}$ .



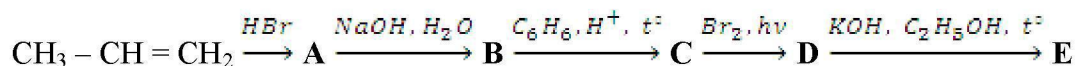
**Система оценивания:**

**За верное указание об отсутствии взаимодействия по 0,5 балла, за уравнения реакций по 1 баллу**

**0,5\*8+1\*10 = 14 баллов.**

**Итого 14 баллов**

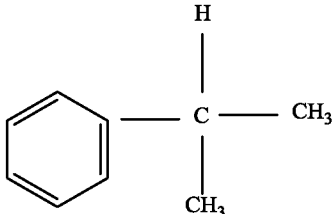
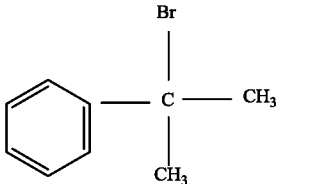
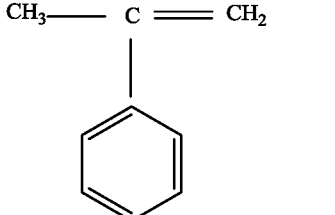
**2.3.** Расшифруйте схему превращений (изобразите структурные формулы и напишите названия органических соединений **A – E**).



**Назовите механизмы реакций превращения B в C и C в D**

**Решение.**

<b>A</b>	$\text{CH}_3 - \text{CHBr} - \text{CH}_3$	2-бромпропан
<b>B</b>	$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$	пропанол-2, изопропанол

C		изопропилбензол, кумол, 1-метилэтилбензол, 2-фенилпропан
D		2-бром-2-фенилпропан
E		2-фенилпропен

В → С – электрофильное замещение

С → Д – свободно-радикальное замещение

**Система оценивания:**

**Структурные формулы соединений А-Е по 1 баллу, названия по 1 баллу**

**Названия механизмов по 1 баллу**

**Итого 12 баллов.**

**1\*5+1\*5 = 10 баллов;**

**1\*2 = 2 балла.**

### Часть 3. Расчетные задачи (общая оценка 40 баллов).

**3.1.** К раствору, содержащему 3,245 г смеси хлорида калия и хлорида натрия, добавили 124,8 мл 10 %-ного раствора нитрата серебра (плотность раствора равна 1,09 г/мл). Выпавший осадок отфильтровали. К фильтрату (профильтрованному раствору) добавили 16 мл соляной кислоты с концентрацией 2 моль/л, получив еще одну порцию такого же осадка, масса которого составила 4,305 г.

а) Напишите уравнения проведенных реакций.

б) Вычислите массу и объем хлороводорода (при н.у.), необходимый для приготовления израсходованной соляной кислоты.

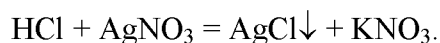
в) Установите массовые доли солей в исходной смеси.

**Решение.**

а) Выпавший осадок – хлорид серебра, по условию задачи его отделяют фильтрованием:  
 $\text{KCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{KNO}_3$ ;  $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$ .

В фильтрате могут присутствовать: непрореагировавшие хлорид калия и хлорид натрия (если нитрат серебра в недостатке), нитрат серебра (если он взят в избытке) и образовавшиеся нитрат калия и нитрат натрия.

В реакции с соляной кислотой получился такой же осадок:



**(3 балла: по 1 баллу за каждое уравнение реакции).**



б) Определим массу и объем хлороводорода, необходимый для приготовления израсходованной соляной кислоты. Количество  $\text{HCl}$  равно  $0,016 \cdot 2 = 0,032$  моль, следовательно, масса хлороводорода составит  $0,032 \cdot 36,5 = 1,168 \approx 1,17$  г, его объем при н.у.  $0,032 \cdot 22,4 = 0,7168 \approx 0,72$  л.

**(3 балла. По 1,5 балла за определение массы и объема хлороводорода).**

в) Количество  $\text{AgNO}_3$ , содержавшегося в исходном растворе:

$$n(\text{AgNO}_3) = 0,1 \cdot 124,8 \cdot 1,09 / 170 = 0,08 \text{ моль.}$$

**(2 балла).**

В реакции с соляной кислотой получился осадок хлорида серебра, следовательно, нитрат серебра был взят в избытке, а хлориды при первом сливании прореагировали полностью.

**(2 балла за установление избытка нитрата серебра)**

Количество хлорида серебра, получившегося в результате реакции с соляной кислотой:

$$n(\text{AgCl}) = 4,305 / 143,5 = 0,03 \text{ моль.}$$

Количество  $\text{HCl}$  посчитано в п. б и равно 0,032 моль, следовательно, соляная кислота взята в избытке по отношению к оставшемуся в растворе нитрату серебра.

$$\text{Тогда } n(\text{AgNO}_3_{\text{(ост)}}) = n(\text{AgCl}) = 4,305 / 143,5 = 0,03 \text{ моль.}$$

Следовательно, 0,03 моль нитрата серебра оставалось в фильтрате, а в реакцию с хлоридами вступило  $n(\text{AgNO}_3) = 0,08 - 0,03 = 0,05$  моль.

**(6 баллов: 2 балла за расчет количества хлорида серебра + 2 балла за вывод об избытке соляной кислоты + 2 балла за количество нитрата серебра, вступившего в реакцию с хлоридами).**

Суммарное количество хлоридов калия и натрия равно количеству прореагировавшего с ними нитрата серебра (0,05 моль), а их общая масса по условию составляет 3,245 г.

Пусть  $x - n(\text{KCl})$ ,  $y - n(\text{NaCl})$ , тогда  $m(\text{KCl}) = 74,5x$ ,  $m(\text{NaCl}) = 58,5y$ .

Решаем систему из двух уравнений:

$$74,5x + 58,5y = 3,245;$$

$$x + y = 0,05.$$

$$x = 0,05 - y; \Rightarrow 74,5(0,05 - y) + 58,5y = 3,245; \Rightarrow 3,725 - 74,5y + 58,5y = 3,245; \Rightarrow$$

$$16y = 0,48; \Rightarrow y = 0,03 \text{ моль; } x = 0,02 \text{ моль.}$$

Количество солей:  $n(\text{KCl}) = 0,02$  моль,  $n(\text{NaCl}) = 0,03$  моль

Массы солей:  $m(\text{KCl}) = n \cdot M = 0,02 \cdot 74,5 = 1,49$  г;

$m(\text{NaCl}) = n \cdot M = 0,03 \cdot 58,5 = 1,755$  г.

Массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(\text{KCl}) = 100 \cdot 1,49 / 3,245 = 45,9 \%; \quad \omega(\text{NaCl}) = 100 \cdot 1,755 / 3,245 = 54,1 \%.$$

**(5 баллов. 3 балла за составление и решение системы уравнений, 1 балл за расчет масс солей, 1 балл за расчет массовых долей).**

Ответ:  $\omega(\text{KCl}) = 45,9 \%$ ,  $\omega(\text{NaCl}) = 54,1 \%$ ,  $m(\text{HCl}) = 1,17$  г,  $V(\text{HCl}) = 0,72$  л.

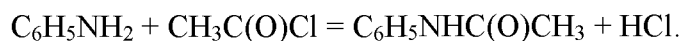
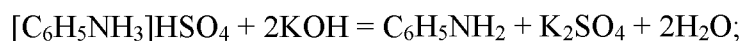
**Итого 21 балл**

**3.2.** На 191 г раствора гидросульфата анилина с концентрацией 15 % (по массе) подействовали 102 мл 15 % (по массе) раствора гидроксида калия (плотность 1,14 г/мл). Органический продукт выделили из смеси и ввели в реакцию ацилирования с 16 г хлорангидрида уксусной кислоты.

- а) Напишите уравнения протекающих реакций.  
 б) Определите массовую долю анилина в смеси, полученной после проведения реакции с гидроксидом калия.  
 в) Вычислите массу ацетанилида, образовавшегося в реакции с хлорангидридом уксусной кислоты.  
 г) Изобразите структурные формулы всех органических веществ, упомянутых в условии задачи и вопросах к ней.

**Решение.**

а) Уравнения реакций:



б) Определим массовую долю анилина в смеси, полученной после проведения реакции с гидроксидом калия.

$$M([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HSO}_4) = 191 \text{ г/моль};$$

$$m([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HSO}_4) = 191 * 0,15 = 28,65 \text{ г}; n([\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]\text{HSO}_4) = 28,65/191 = 0,15 \text{ моль}.$$

$$M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль}; m_{\text{р-р}}(\text{KOH}) = 102 * 1,14 = 116,28 \text{ г};$$

$$m(\text{KOH}) = 116,28 * 0,15 = 17,442 \text{ г};$$

$$n(\text{KOH}) = 17,442/56 = 0,31 \text{ моль} - \text{избыток};$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 93 \text{ г/моль}; n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,15 \text{ моль}; m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,15 * 93 = 13,95 \text{ г};$$

$$w(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 13,95 / (191 + 116,28) * 100\% = 4,54 \%;$$

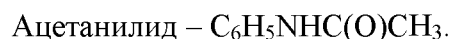
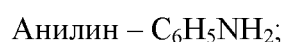
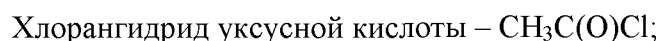
в) Вычислим массу ацетанилида, образовавшегося в реакции с уксусным ангидридом.

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,15 \text{ моль};$$

$$M(\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{Cl}) = 78,5 \text{ г/моль}; n(\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{Cl}) = 16/78,5 = 0,204 \text{ моль} - \text{избыток}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3) = 135 \text{ г/моль}; m(\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}(\text{O})\text{CH}_3) = 0,15 * 135 = 20,25 \text{ г}.$$

в) Структурные формулы:



**Система оценивания:**

**Уравнения реакций по 2 балла**

**2\*2 = 4 балла**

**Вывод об избытке щелочи 2 балла, расчет массовой доли 3 балла**

**2+3 = 5 баллов**

**Вывод об избытке ангидрида 2 балла, расчет массы продукта 2 балла**

**2+2 = 4 балла**

**Структурные формулы органических веществ по 1,5 балла**

**1,5\*4 = 6 баллов**

**Итого 19 баллов**