

# Tallinna XX koolinoorte keemiaolümpiaadi koolivoor

2019 / 2020 õ. a 9. detsembril 2019 kell 12.00 – 15.00

Перед началом работы на титульном листе чистовика заполните таблицу по образцу:

<b>10. klass</b>		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Σ</b>
<b>Õpilase nimi</b>						
<b>Õpetaja nimi</b>						
<b>KOOL</b>						

Можно пользоваться таблицей периодической системы химических элементов, таблицей растворимости солей и калькулятором.

## 1. (10)

Был резкий, бурный вечер, где-то в ноябре. На улице был слышан вой ветра вдоль *Baker Street*, дождь с силой колотил в окна. Когда я вошел в комнату, Холмс сидел за столом, одетый в утренний халат, и исследовал какую-то химическую проблему. Мой друг даже не поднял глаз. Увидев, что у него по - видимому важное дело, я сел в кресло и стал ждать... «*Вы пришли в критический момент, Ватсон*». сказал он. *Если объем выделившегося газа превышает 22 кубических дюйма, тогда все по - видимому хорошо. А если остается в пределах 100 кубических дюймов, то это значит смерть одного человека*». Я закивал участливо и пододвинулся к огню.

«*Мм! Так я и предполагал!*», воскликнул он. Выделилось 100 кубических дюйма с небольшим. «*Через секунду я к вашим услугам, Ватсон. Табак в персидской туфле.*» Он подошел к письменному столу и написал несколько телеграмм. «*Очень банальное дело, убийство*», сказал он.

Выяснилось, что Холмс исследовал смертный случай *Sir Smallwood*, и его внимание приковывала банка покойника из-под лекарства против повышенной кислотности желудка. Или вернее, содержимое этой банки, из которой он половину унции растворил в кислоте и измерил объем выделяющегося газа.

Помогите доктору Ватсону понять этот случай.

Воспользуйтесь уравнением идеального газа:

$$pV = nRT$$

R – универсальная газовая постоянная; в системе SI-  $8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$

Единицы измерения:

1 атм = 101 325 Па = 760 ммHg

1 унция = 28,350 г

1. Какой объем ровно одного моль газа при 0 °С и давлении 1 атм? Докажите расчетами. **(1)**

2. Вычислите величину универсальной газовой постоянной R в единицах  $\frac{\text{л}\cdot\text{атм}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$ . **(1)**

3. В квартире Холмса и др. Ватсона на *Baker Street* преобладает приятная температура 24 °С и барометр показывает 732 ммHg. Вычислите молярный объем газа в этих условиях. **(1,5)**

4. Шерлок Холмс растворил в соляной кислоте 0,500 унции лекарства против повышенной кислотности. Вычислите объем образовавшегося углекислого газа в условиях квартиры *Baker Street*, если лекарство содержало бы только карбонат кальция. **(2)**

5. Если бы Холмс проводил свой опыт вместо уютной квартиры на *Baker Street* в своей лаборатории университетских времен, то объем газа, образовавшегося в пункте 4. (при том же давлении 732 ммHg) был бы 3,49 л. Вычислите температуру в лаборатории университета. **(1)**

6. Из опыта Шерлока Холмса выяснилось, что при реакции соляной кислоты с половиной унции вещества, находящегося в банке с лекарством против повышенной кислотности, образовался в условиях квартиры на *Baker Street* углекислый газ объемом 1,82 литра.

i) Вычислите молярную массу реагирующего вещества при условии, что это был карбонат щелочноземельного металла (металлического элемента группы IIA). **(2)**

ii) Определите соль, которую анализировал Холмс. Напишите химическую формулу этой соли. **(1)**

7. Назовите еще одну возможность, в добавлении к описанному, при помощи которой Шерлок Холмс мог бы определить состав исследуемого твердого вещества. **(0,5)**

**2. (10)**

Монета, массой 1,20 г состоит в основном из металла **A** в атоме, которого содержится 29 электрона. Чтобы определить содержание металла **A**, в монетке использовали метод электролиза. Для этого монетку растворили в концентрированной серной кислоте, при этом образовалась соль **B**, и выделился газ **C**. Избыток кислоты нейтрализовали раствором гидроксида натрия (вещество **D**) и через получившийся раствор пропускали ровно 1 час и 8 минут электрический ток, силой 855 мА. В результате выделился металл **A**, массу которого можно

рассчитать, используя закон Фарадея ( $m = \frac{M \cdot I \cdot t}{z \cdot F}$ ;  $F = 96485 \frac{\text{А}\cdot\text{с}}{\text{моль}}$ ).

1. Напишите название металла **A** и его реакцию с концентрированной серной кислотой. **(2)**
2. Назовите продукты реакции **B** и **C**. **(1)**
3. Напишите формулу вещества **D** и реакцию нейтрализации. **(1,5)**
4. Напишите реакцию электролиза, укажите, какое вещество выделяется на катоде, а какое на аноде. **(2)**
5. Рассчитайте массу металла **A**, выделившегося при электролизе и массовый процент этого металла в монете. **(2,5)**
6. Рассчитайте объём выделившегося газа **C** (в см<sup>3</sup>). **(1)**

### 3. (10)

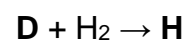
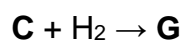
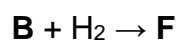
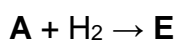
Для определения содержания металлов **A** и **B** в латунном кране, взяли образец сплава, массой 3,200 г. Этот образец сплава обработали 20,92 см<sup>3</sup> 10,00% раствором соляной кислоты ( $\rho = 1,047 \text{ г/см}^3$ ) в избытке, при этом выделяющийся газ собирали в отдельный сосуд. Во время собирания газа **C**, порвалась газоотводная трубка и по этой причине произошла утечка газа **C**. В результате удалось собрать ровно 336,0 см<sup>3</sup> газа **C**.

Из полученного раствора извлекли не прореагировавший металл **B** и довели объём раствора до 100,0 см<sup>3</sup>. Для определения концентрации не прореагировавшей соляной кислоты из 100,0 см<sup>3</sup> раствора взяли 10,00 см<sup>3</sup> пробы, которую перенесли в отдельную колбу и титровали 0,07547 М раствором гидроксида натрия из бюретки. Начальный уровень в бюретке был 11,50 см<sup>3</sup>, а после титрования стал 38,00 см<sup>3</sup>.

1. Назовите металлы **A**, **B** и газ **C**. **(1,5)**
2. Напишите реакцию растворения металла **A** в соляной кислоте и реакцию нейтрализации избытка соляной кислоты раствором гидроксида натрия. **(1)**
3. Рассчитайте количество вещества израсходованного раствора гидроксида натрия. **(1)**
4. Рассчитайте количество вещества соляной кислоты, пошедшее на реакцию с гидроксидом натрия и с металлом **A**. **(2,5)**
5. Рассчитайте массу металла **A** и его массовый процент в сплаве. **(2)**
6. Рассчитайте объём газа **C**, который выделился в результате реакции. Сколько процентов газа **C** удалось собрать? **(2)**

### 4. (10)

Вещества **A**, **B**, **C** и **D** являются простыми веществами и состоят из элементов, которые находятся в одной группе периодической системы. При реакции веществ **A**, **B**, **C** и **D** (масса каждого 1,00 г) с водородом образуются вещества **E**, **F**, **G** и **H** по следующей схеме:



Вещества **E**, **F**, **G** и **H** являются газами при комнатной температуре. Каждый из этих четырех газов растворили отдельно в 100г воды, затем объём каждого раствора довели до 1000 мл. Вещества **A**, **B**, **C** и **D** реагируют с растворами веществ **E**, **F**, **G** и **H** согласно таблице (+ реакция происходит, - реакция не происходит):

	Вещество <b>A</b>	Вещество <b>B</b>	Вещество <b>C</b>	Вещество <b>D</b>
Раствор вещества <b>E</b>	-	+	-	-
Раствор вещества <b>F</b>	-	-	-	-
Раствор вещества <b>G</b>	+	+	-	+
Раствор вещества <b>H</b>	+	+	-	-

1. Напишите химические формулы веществ **A**, **B**, **C** и **D** и назовите их. **(1,0)**
2. Напишите уравнения реакций получения веществ **E**, **F**, **G** и **H** и назовите эти вещества. **(2,0)**
3. Рассчитайте молярную концентрацию образовавшихся растворов веществ **E**, **F**, **G**, **H** и значение pH растворов **E**, **G** и **H**.  
(Значение pH растворов рассчитывается по формуле:  $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ ). **(2,5)**
4. Напишите уравнения реакций веществ: **A**, **B**, **C** и **D** с растворами веществ: **E**, **F**, **G** и **H** (см. таблицу). **(3,0)**
5. Расположите вещества **E**, **F**, **G** и **H** в порядке возрастания их температур кипения. **(1,0)**
6. Объясните аномально высокую температуру кипения вещества **F**. **(0,5)**