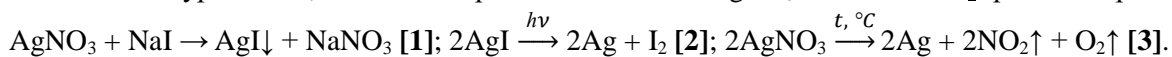
**Задание 1.** (авторы И.А. Трофимов, А.С. Романов, В.А. Емельянов).

1. Количество протонов, приходящихся на одну ф. е., в этих веществах следующее: белый фосфор (P<sub>4</sub>) – 15\*4 = 60, оксид алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – 13\*2+8\*3 = 50, азот (N<sub>2</sub>) – 7\*2 = 14, хлорид бора (BCl<sub>3</sub>) – 5+17\*3 = 56, озон (O<sub>3</sub>) – 8\*3 = 24, карбонат аммония ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) – (7+4)\*2+6+8\*3 = 52.

2. Поскольку в растворе после взаимодействия остаётся лишь нитрат натрия, следовательно, одна из искомым солей – нитрат M(NO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>, а другая соль натрия Na<sub>m</sub>X. Также из этого ясно, что в реакции mM(NO<sub>3</sub>)<sub>n</sub> + nNa<sub>m</sub>X = (n\*m)NaNO<sub>3</sub> + M<sub>m</sub>X<sub>n</sub>↓ оба вещества прореагировали полностью. Так как начальные количества веществ были одинаковые (по 0,004 моль M(NO<sub>3</sub>)<sub>n</sub> и Na<sub>m</sub>X), из этого следует, что n и m равны между собой и с очень высокой вероятностью равны единице. В этом случае вещества **A** в осадок выпало 0,004 моль, а его молярная масса равна M<sub>A</sub> = 0,94/0,004 = 235 г/моль. Цвет осадка, фоточувствительность и использование в фотографии этого бинарного вещества со степенями окисления элементов +1 и -1 наводят на мысль о бромиде либо иодиде серебра, из которых последний имеет молярную массу 107,87 + 126,9 = 234,77, что с хорошей точностью (концентрации растворов даны с одной значащей цифрой) совпадает с необходимым значением.

Таким образом, **A** – AgI – иодид серебра. Количество протонов на одну ф.е. в этом веществе, ровно 100 = 47+53. Столько же протонов на одну ф. е. будет и в веществах **B**, **C** и **D**. Судя по данным о разложении *соли I* с выделением бурого газа, *соль I* – нитрат. Тогда *соль 1* – AgNO<sub>3</sub>, *соль 2* – NaI. Уравнения реакций:



3. Внимательно изучив выданную таблицу растворимости, можно заметить, что единственный двухвалентный металл, который обладает только двумя хорошо растворимыми соединениями – это свинец. Следовательно, вещество **B** – свинцовая соль. Имея информацию о содержании 100 протонов на одну ф. е. этой соли и отнимая количество протонов в ядре свинца, получим 18 протонов на остальные ядра. Единственный разумный вариант – PbF<sub>2</sub>. Тогда **E** – Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, **F** – Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>. *соль 3* – NaF. Уравнения реакций:

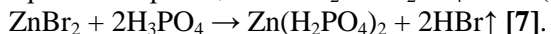
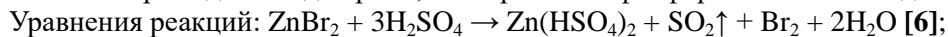


4. 70 мл 1,0 М раствора фторида натрия содержат 0,07\*1 = 0,07 моль NaF. Максимальное количество фторида свинца, которое мы сможем получить, в два раза меньше, т.е. 0,07/2 = 0,035 моль, его масса 0,035\*245 = 8,6 г. Стехиометрические количества веществ **E** и **F**, необходимые для этой цели, также по 0,035 моль, их массы 0,035\*331 = 11,6 г и 0,035\*325 = 11,4 г. Массы 10 % растворов **E** и **F** составят 11,6/0,1 = 116 г и 11,4/0,1 = 114 г, их объёмы 116/1,09 = 106,4 мл и 114/1,05 = 108,6 мл соответственно.

5. Известные всем элементы, образующие жидкие простое вещество при стандартных условиях, это бром и ртуть. Поскольку ртуть обычно образует соли ртути (II), проверим данный вариант. На один атом ртути должно приходиться 80 протонов; но тогда на остающиеся атомы содержат по 20 либо 10 протонов каждый. Таким числам соответствуют Ca и Ne, которые не образуют анионов. Тогда проверим возможность присутствия брома в **C**. При наличии двух атомов будет выполняться условие о степени окисления металла +2 – тогда остаётся 30 протонов, что соответствует цинку Zn. Тогда **C** – ZnBr<sub>2</sub>.

Кристаллогидрат бромида цинка **G** имеет состав ZnBr<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O. Найдём n расчётом: M(**E**)/M(ZnBr<sub>2</sub>) = (225+18)/225 = 1,16. Отсюда n = 2, **G** – ZnBr<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O – дигидрат бромида цинка.

По описанию реакций бромида цинка с концентрированными кислотами, можно установить, что H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> окисляет бромид-ионы до брома, в то время как фосфорная кислота выделяет бромоводород HBr.



Вещество **H**, остающееся в смеси, – Zn(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> – дигидрофосфат (дигидроортофосфат) цинка.

6. Осадок **I**, выпадающий из раствора как при действии раствора щелочи, так и аммиака – гидроксид. Нагревание **I** до 340 °С приводит к отщеплению воды, так что вещество **J** должно быть оксидом этого элемента. Чаще всего при таком нагревании гидроксидов не происходит изменения степени окисления элемента, поэтому наиболее вероятно, что формула его оксида Э<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Вычислим атомную массу Э, исходя из этого предположения и массовой доли кислорода в оксиде. 0,1727 = 48/(2M<sub>Э</sub>+48), откуда M<sub>Э</sub> = 115 а.е.м.

Тогда получается, что элемент – это индий, **I** – In(OH)<sub>3</sub> и **J** – In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Так как индий входит в состав исходной соли **D**, то на остающиеся атомы приходится 51 протон. Это может быть как атом сурьмы, так и три атома

хлора. Оба вещества существуют, однако InSb нерастворим в воде, а InCl<sub>3</sub> – растворим. Последний вариант подтверждается также тем, что **соль 1** даёт с **D** белый осадок в растворе. Тогда **D** – это InCl<sub>3</sub>.

Уравнения реакций:  $\text{InCl}_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{In}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NaCl}$  [8];  $\text{InCl}_3 + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{In}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NH}_4\text{Cl}$  [9];

$2\text{In}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{In}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}\uparrow$  [10];  $\text{InCl}_3 + 3\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{In}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{AgCl}\downarrow$  [11].

7. Элементы одного семейства – это галогены. Тогда есть ещё три таких соединения, в состав которых входят галогены: PCl<sub>5</sub>, GeCl<sub>4</sub> и DyCl<sub>2</sub> (существует в сухой инертной атмосфере).

**Система оценивания:**

1. Верные ф. е. по 0,5 б., количество протонов по 0,5 б. (если ф. е. неверна, но относится к тому же классу соединений, то за верное в ней кол-во протонов 0,5 б.)	(0,5+0,5)*6 = 6 б.
2. Формула вещества <b>A</b> , солей <b>1</b> и <b>2</b> по 1 б., уравнения реакций по 1 б.	1*3+1*3 = 6 б.
3. Формулы веществ <b>B</b> , <b>E</b> , <b>F</b> и соли <b>3</b> по 1 б., уравнения реакций по 1 б.	1*4+1*2 = 6 б.
4. Масса вещества <b>B</b> 2 б., объемы растворов <b>D</b> и <b>E</b> по 2 б.	2*3 = 6 б.
5. Формулы веществ <b>C</b> , <b>G</b> и <b>H</b> по 1 б., названия <b>G</b> и <b>H</b> по 1 б., уравнения реакций по 1 б.	1*3+1*2+1*2 = 7 б.
6. Формулы веществ <b>D</b> , <b>I</b> и <b>J</b> по 1 б., уравнения реакций по 1 б.	1*3+1*4 = 7 б.
7. Формулы двух веществ по 1 б.	1*2 = 2 б.
<b>Всего:</b>	<b>40 баллов.</b>

**Задание 2. (авторы А.И. Ушеров, В.А. Емельянов).**

1. «Кислые» газы – составная часть коксовых газов, которые образуются из каменного угля в результате пиролиза без доступа воздуха, значит, все газы образованы неметаллами, содержащимися в каменном угле. Уголь в свою очередь образовался из растительности, поэтому «кислые» газы могут содержать такие элементы, как С, Н, О, N, S, Р. Растворимость «кислых» газов в аммиачной воде и лёгкое извлечение их из нее при нагревании позволяет исключить соединения фосфора, следовательно, «кислые» газы состоят из следующих 5 элементов С, Н, О, N, S. Сера могла бы быть не очевидной, но на ее присутствие есть явное указание при описании полезного продукта. Комбинируя эти элементы попарно (газы бинарные), можно составить лишь три вещества, реагирующих с аммиаком с образованием солей, которые будут разлагаться при температуре ниже 100 °С на исходные компоненты: CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>. Однако, эти три газа суммарно образованы вовсе не 5-ю, а всего 4-мя элементами, поэтому данный перечень не удовлетворяет условию задачи. Более того, все три этих газа кислые, а в условии задачи сказано, что один из компонентов смеси проявляет основные свойства, с аммиаком не реагирует, а просто хорошо растворяется в воде, частично взаимодействуя с ней. Это позволяет включить в наш список аммиак и требует исключения из него одного из соединений. Исключив из этого списка CO<sub>2</sub>, мы снова нарушаем условие 5-ти элементов, да и отсутствие углекислого газа в продуктах пиролиза угля кажется чем-то совсем невероятным. А вот при замене на аммиак как H<sub>2</sub>S, так и SO<sub>2</sub> условие 5-ти элементов выполняется.

Проанализируем опыты, проведенные в лаборатории.

I. Концентрированным раствором натриевой щелочи могут поглощаться CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и SO<sub>2</sub> а аммиак в нем практически не растворяется. То есть, газ **A** – аммиак. Именно в реакции с аммиаком из раствора сульфата меди выпадает светло-голубой осадок гидроксида меди, который растворяется в избытке аммиака с образованием раствора аммиачного комплекса меди интенсивного темно-синего цвета.

II. Образовывать черный осадок с избытком раствора сульфата меди, подкисленного серной кислотой, может только H<sub>2</sub>S. Аммиак будет реагировать лишь с избытком кислоты, карбонаты и сульфиты в кислой среде образоваться не могут, да и цвет был бы не тот. Объективно, SO<sub>2</sub> восстанавливает медь(II), причем в этих условиях получится металлическая медь, но она не черного цвета, а красного. Следовательно, второй компонент смеси «кислых» газов – H<sub>2</sub>S. Сульфида меди получилось  $14,325/95,5 = 0,15$  моль, следовательно, сероводорода в исходной смеси «кислых» газов тоже было 0,15 моль. Через раствор пропускали  $28,95/28,95 = 1$  моль исходной смеси, следовательно, мольная доля H<sub>2</sub>S в ней составляет 0,15 или 15 %.

III. При сжигании «кислых» коксовых газов общим количеством  $55,2/55,2 = 1$  моль в избытке ( $27,6/55,2 = 0,5$  моль) кислорода получили смесь газов **Б**, **Г**, **Д**, **Е**, **Ж** в количестве  $80,04/55,2 = 1,45$  моль. Газ **Б** не сгорел, следовательно, газ **Б** – CO<sub>2</sub>, газ **В** – H<sub>2</sub>S. По условию, продуктами сгорания газа **A** (NH<sub>3</sub>) при 400 °С являются вещества **Г** и **Д** (N<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O). Тогда газы **Е** и **Ж** – SO<sub>2</sub> (второй продукт сгорания H<sub>2</sub>S, первый – H<sub>2</sub>O) и O<sub>2</sub> (был в избытке).

IV. При пропускании горячей смеси газов через трубку с оксидом кальция поглощаются CO<sub>2</sub> (**Б**), H<sub>2</sub>O (**Д**) и SO<sub>2</sub> (**Е**). После этой операции в смеси газов остаются N<sub>2</sub> (**Г**) и O<sub>2</sub> (**Ж**) общим количеством  $5,6/22,4 = 0,25$  моль. Средняя молярная масса смеси двух газов 31,2 г/моль, поэтому ее масса будет  $31,2*0,25 = 7,8$  г. Обозначив за *n* количество молей азота в смеси, составим уравнение:  $28n(\text{N}_2) + 32(0,25-n(\text{N}_2)) = 7,8$ , решив которое, получим  $n(\text{N}_2) = 0,05$ . Тогда кислорода в этой смеси  $0,25-0,05 = 0,2$  моль. Азот получался только при сгорании аммиака,

следовательно, аммиака в 1 моле исходного «кислого» газа было  $0,05 \cdot 2 = 0,1$  моль, его мольная доля составляла 0,1 (10 %).

Итак, **А** –  $\text{NH}_3$ , аммиак; **Б** –  $\text{CO}_2$ , углекислый газ (двуокись (диоксид) углерода), **В** –  $\text{H}_2\text{S}$ , сероводород; **Г** –  $\text{N}_2$ , азот; **Д** –  $\text{H}_2\text{O}$ , вода (водяной пар), **Е** –  $\text{SO}_2$ , сернистый газ (двуокись (диоксид) серы, сернистый ангидрид), **Ж** –  $\text{O}_2$ , кислород.

2. Уравнения реакций:  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$  ( $\text{NH}_3$  водн.,  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$  или «не реагируют»),

$2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ),  $2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S} = (\text{NH}_4)_2\text{S}$  ( $\text{NH}_4\text{HS}$ );

$\text{NH}_3$  водн.  $\xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$  (частично);  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{S} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S}\uparrow$ ;

$\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{H}_2\text{S} + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ ;

$2\text{NH}_3 + \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$ ;

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_3 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  или  $4\text{NH}_3 + \text{Cu}(\text{OH})_2 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ;

$2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;  $\text{H}_2\text{S} + \text{CuSO}_4 = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CuS}\downarrow$ ;

$4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ,

$\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaO} + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3$ .

3. При анализе опыта II мы установили, что мольная доля  $\text{H}_2\text{S}$  в пробе составляла 0,15 (15 %), а опыта IV – что мольная доля  $\text{NH}_3$  в пробе составляла 0,1 (10 %). Следовательно, мольная доля  $\text{CO}_2$  в этой пробе составила  $1 - 0,1 - 0,15 = 0,75$  (75 %).

4. Мы установили, что не поглощенная оксидом кальция смесь после сжигания 1 моль исходной пробы содержала 0,05 моль азота и 0,2 моль избыточного кислорода. При сжигании 0,1 моль аммиака образовалось 0,05 моль азота и 0,15 моль воды, потрачено 0,075 моль кислорода. При сжигании 0,15 моль сероводорода образуется 0,15 моль сернистого газа и 0,15 моль воды, затрачивается 0,225 моль кислорода. Всего кислорода было истрачено  $0,075 + 0,225 = 0,3$  моль, осталось 0,2 моль, что совпадает с предыдущим расчетом. Общее количество газов в смеси, полученной после сжигания 1 моль исходной пробы, составляет  $0,75$  (**Б**) +  $0,05$  (**Г**) +  $0,15 \cdot 2$  (**Д**) +  $0,15$  (**Е**) +  $0,2$  (**Ж**) = 1,45 моль, что также совпадает с расчетом по условию.

Итак, мольные доли газов в газовой смеси, полученной после сжигания исходной пробы, составляют: **Б** –  $0,75/1,45 = 0,5172$  (51,72 %), **Г** –  $0,05/1,45 = 0,0345$  (3,45 %), **Д** –  $0,3/1,45 = 0,2069$  (20,69 %), **Е** –  $0,15/1,45 = 0,1034$  (10,34 %), **Ж** –  $0,2/1,45 = 0,1379$  (13,79 %).

5. По сравнению со смесью, получающейся при сжигании «кислых» коксовых газов в избытке кислорода, в смеси газов, образующаяся в «горячей» зоне специальной печи, отсутствует газ **Ж** (кислород), но остается часть газа **В** ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Именно сероводород и реагирует с сернистым газом в «холодной» зоне печи, давая целевой продукт – серу:  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ . В соответствии с этим уравнением реакции, в «горячей» зоне должна быть окислена только треть сероводорода. Его мольная (и объемная) доля составляли 15 %, значит, требуется окислить только 5 %. На один объем сероводорода для окисления требуется 1,5 объема  $\text{O}_2$ , на 0,05 объема  $\text{H}_2\text{S}$  – 0,075 объема  $\text{O}_2$ . Содержание кислорода в воздухе 21 % по объему, следовательно, на один объем «кислых» коксовых газов потребуется  $0,075/0,21 = 0,357$  объемов воздуха.

#### Система оценивания:

1. Формулы веществ <b>А-Ж</b> по 1,5 б., названия по 0,5 б.,	$(1,5 + 0,5) \cdot 7 = 14$ б.
2. Уравнения реакций по 1 б.	$1 \cdot 17 = 17$ б.
3. Мольные доли компонентов исходной пробы по 2 б.	$2 \cdot 3 = 6$ б.
4. Мольные доли газов в смеси, полученной после сжигания, по 1 б.	$1 \cdot 5 = 5$ б.
5. Уравнение реакции 1 б., соотношение объемов 3 б.	$1 + 3 = 4$ б.
<b>Всего:</b>	<b>46 баллов.</b>

#### Задание 3. (автор Т.М. Карнаухова).

1. Для установления элемента **Х** достаточно посчитать молярную массу его водородного соединения:  $3,48 \cdot 22,4 = 78$ . Поскольку степень окисления **Х** в оксиде равна +3, наиболее вероятный состав водородного соединения  $\text{XH}_3$ . Тогда получаем  $A_r(\text{X}) = 78 - 3 = 75$  г/моль, что соответствует мышьяку. Можно было и воспользоваться данными о составе его оксида. Поскольку степень окисления **Х** равна +3, запишем формулу **В** как  $\text{X}_2\text{O}_3$ . Массовая доля кислорода в нём составляет  $1 - 0,7573 = 0,2427$ . Молярная масса оксида равна  $16 \cdot 3 / 0,2427 = 197,8$  г/моль. Вычитая массу трех моль атомов кислорода, получаем, что на 2 моль атомов **Х** приходится  $197,8 - 48 = 149,8$  г/моль, т. е.  $A_r(\text{X}) = 149,8 / 2 = 74,9$  г/моль. Элемент **Х** – мышьяк, **В** – оксид мышьяка(III). При восстановлении оксида в атмосфере водорода образуется неустойчивый двухэлементный газ арсин **А** –  $\text{AsH}_3$ , при нагревании разлагающийся на составляющие его простые вещества с образованием мышьякового зеркала. Уравнения реакций:  $\text{As}_2\text{O}_3 + 6\text{Zn} + 6\text{H}_2\text{SO}_4 = 6\text{ZnSO}_4 + 2\text{AsH}_3\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$

(или  $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$ ,  $As_2O_3 + 6H_2 = 2AsH_3\uparrow + 3H_2O$ );  $2AsH_3 \xrightarrow{t, ^\circ C} 2As + 3H_2\uparrow$ .

2. Определим атомное соотношение мышьяка и кислорода в соли **C**:

$\nu(As) : \nu(O) = 1,17/75 : 1/16 = 0,0156 : 0,0625$ . Разделив на наименьшее число, получаем  $\nu(As) : \nu(O) = 1 : 4$ .

Кроме того, зная массовую долю мышьяка, можно установить молярную массу вещества **C**, которая приходится на один атом As:  $M(C) = 75/0,3884 = 192,9$  г/моль. Вычитая массу одного моль атомов мышьяка и четырех моль атомов кислорода, получаем  $192,9 - 74,9 - 4 \cdot 16 = 54$  г/моль. Поскольку, согласно условию, соль четырехэлементная, эта масса соответствует оставшимся двум элементам. Реакция проводится в аммиачном растворе, значит, этими элементами могут быть азот и водород, а значение 54 г/моль хорошо соответствует молярной массе трех катионов аммония  $NH_4^+$ . Получаем, что соль **C** – арсенат аммония  $(NH_4)_3AsO_4$ , действительно содержащая мышьяк в высшей степени окисления +5.

Уравнение реакции растворения мышьяка:  $2As + 6NH_3 + 5H_2O_2 = 2(NH_4)_3AsO_4 + 2H_2O$ .

3. Ближайшие соседи мышьяка по подгруппе – фосфор и сурьма, по периоду – германий и селен. Кроме того, поскольку один из элементов тяжелее мышьяка, а другой – легче, в качестве **Y** и **Z** подойдут лишь пары P – Se и Ge – Sb. Установить элемент **Y** нам поможет расчёт по уравнению сгорания вещества **D**. Поскольку оно является аналогом вещества **A** – арсина, оно является бинарным водородным соединением состава  $YH_n$ . Уравнение его сгорания в общем виде может быть записано так:

$YH_n + 0,5nO_2 = YO_{n/2} + 0,5nH_2O$  или  $2YH_n + nO_2 = Y_2O_n + nH_2O$ .

4. Составим уравнение на атомную массу **Y**:

$$\frac{m(YO_{n/2})}{m(YH_n)} = \frac{M_r(YO_{n/2})}{M_r(YH_n)} = \frac{A_r(Y) + 8n}{A_r(Y) + n} = 1,364, \text{ откуда } A_r(Y) = 18,23n.$$

Так как рассуждениями мы пришли к тому, что **Y** – один из четырех элементов (P, Ge, Se, Sb), делать полный перебор по значениям  $n$  необязательно. Достаточно лишь проверить, для какого из элементов удастся получить разумное целое значение  $n$ :  $A_r(P) = 31$  г/моль,  $n = 31/18,23 = 1,7$ ;  $A_r(Ge) = 73$  г/моль,  $n = 73/18,23 = 4,0$ ;

$A_r(Se) = 79$  г/моль,  $n = 79/18,23 = 4,3$ ;  $A_r(Sb) = 122$  г/моль,  $n = 122/18,23 = 6,7$ .

Получаем, что элемент **Y** – германий. Так как он сосед мышьяка по периоду и при этом легче его, то элемент **Z** – сосед мышьяка по подгруппе и тяжелее его. Таким образом, **Z** – сурьма. Получается, что **D** – герман  $GeH_4$ , **E** – оксид германия (IV)  $GeO_2$ .

5. Уравнение реакции сгорания гидрида германия:  $GeH_4 + 2O_2 = GeO_2 + 2H_2O$ . Найдем теплоту сгорания германа:

$$Q_{сгор}^0(GeH_4) = Q_{обр}^0(GeO_2) + 2Q_{обр}^0(H_2O) - Q_{обр}^0(GeH_4) = 567,43 + 2 \cdot 285,83 - (-90,8) = 1229,89 \text{ кДж/моль.}$$

Тогда на 1 г выделится  $1229,89 \cdot 1/77 = 15,97$  кДж теплоты. Термохимическое уравнение реакции сгорания гидрида германия:  $GeH_{4\text{газ}} + 2O_{2\text{газ}} = GeO_{2\text{тв.}} + 2H_{2O\text{ж.}} + 1229,89 \text{ кДж/моль.}$

6. Рассчитаем состав соединения **F**. Так как это соединение бинарное, и молярная доля мышьяка равна 50 %, то мышьяк и второй элемент входят в соединение в атомном соотношении 1 : 1. Отношение их атомных масс может быть найдено с помощью массовой доли мышьяка:  $m_{As}/m_{\text{Э}} = M_{As}/M_{\text{Э}} = 0,517/(1-0,517) = 1,07$ , откуда  $M_{\text{Э}} = M_{As}/1,07 = 70$  г/моль, что соответствует атомной массе галлия. Таким образом, вещество **F** – арсенид галлия GaAs. Уравнения реакций:  $GaAs + 3HCl = GaCl_3 + AsH_3\uparrow$ ;  $GaAs + NaOH + 4H_2O = Ga(OH)_3 + NaAsO_2$  (или  $Na[Ga(OH)_4] + Na_3AsO_3 + 3H_2\uparrow$ );

7. Самые известные главные герои книг Астрид Линдгрэн (кроме Калле Блумквиста), это Карлсон (или Малыш), Пеппи Длинный чулок (ее слова и фото из соответствующего кинофильма приведены в начале этой задачи), Лиза (из серии «Мы все из Бюллербю»), Кати (из серии книг про Кати в разных странах), Лотта («Горластая улица»), Мадикен из одноименной серии книг, Эмиль («Эмиль из Лённеберги»).

#### Система оценивания:

1. Определение <b>X</b> с расчетом 3 б. (без расчёта 1 б.), формула и название <b>A</b> по 1 б., уравнение реакции получения арсина 2 б. (если неверно, то за формулу <b>B</b> 1 б.), уравнение реакции разложения арсина 1 б.	3+1+1+2+1 = 8 б.
2. Уравнение реакции 4 б. (если неверно, то за расчет состава <b>C</b> до 3 б.)	4 б.
3. Две пары элементов по 2 б. (неверные по -2 б., но в целом за вопрос не <0 б.), уравнение реакции сжигания <b>D</b> в общем виде 1 б.	2*2+1 = 5 б.
4. Элементы <b>Y</b> и <b>Z</b> по 1 б., подтверждение <b>Y</b> расчетом 2 б., формулы <b>D</b> и <b>E</b> по 1 б., названия по 1 б.	1*2+2+(1+1)*2 = 8 б.
5. Термохимическое уравнение 3 б. (без фаз 2 б., без теплового эффекта и фаз 1 б.), теплота реакции 2 б., тепло на 1 г 2 б.	3+2+2 = 7 б.
6. Состав вещества <b>F</b> 2 б., уравнения реакций по 1 б.	2+1*2 = 4 б.
7. Два главных героя из двух разных серий книг по 1 б.	1*2 = 2 б.
<b>Всего:</b>	<b>38 баллов.</b>