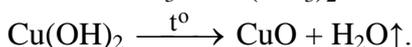
**Задание 1.** (Авторы Сапарбаев Э.С., Емельянов В.А.).

1. В условии задачи сказано, что обязательный компонент бронзы это медь. Медь в азотной кислоте растворяется, а при обработке полученного раствора щелочью дает голубой осадок гидроксида, который при последующем прокаливании превращается в оксид:



Количество исходной меди равняется количеству образовавшегося оксида: $n(\text{Cu}) = n(\text{CuO})$, следовательно, $m(\text{Cu}) = (M_r(\text{Cu}) \cdot m(\text{CuO})) / M_r(\text{CuO}) = 63,55 \cdot 6,053 / 79,55 = 4,836 \text{ г}$.

$$\omega(\text{Cu}) = 4,836 / 4,986 = 0,9699 \text{ или } 96,99 \%, \text{ металл А - медь.}$$

При растворении сплава в концентрированной азотной кислоте один из металлов превратился в белый осадок, прокалив который, Андрей получил оксид массой 0,032 г. По отношению к исходной навеске это составляет $0,032 / 4,986 = 0,00642$ или 0,642 %. Следовательно, это тот металл, доля которого в сплаве составляла 0,5 % (металл **В**). Значит, самого металла было в сплаве $0,005 \cdot 4,986 = 0,025 \text{ г}$. Количество металла, входившего в состав сплава, равно количеству металла, вошедшего в состав оксида. Пусть формула оксида B_2O_x , где 2 - степень окисления кислорода, а x - степень окисления металла, тогда схема превращения $2\text{B} \rightarrow \text{B}_2\text{O}_x$. $n(\text{B}) = 2n(\text{B}_2\text{O}_x)$, $n(\text{B}) = 0,025 / M_r(\text{B})$, $n(\text{B}_2\text{O}_x) = 0,032 / (2 \cdot M_r(\text{B}) + x \cdot 16)$.

Составляем уравнение $0,025 / M_r(\text{B}) = 2 \cdot 0,032 / (2 \cdot M_r(\text{B}) + x \cdot 16)$, откуда $M_r(\text{B}) = 29x$. Поскольку этого металла было очень мало и для массы оксида приведены всего 2 значащие цифры (0,032 г = $3,2 \cdot 10^{-2}$ г), мы получим молярную массу металла с очень низкой точностью. При $x = 4$ получается $M_r(\text{B}) = 116$, что относительно близко к молярной массе олова.

Действительно, олово – единственный металл из перечисленных, способный давать осадок в реакции с HNO_3 : $\text{Sn} + 4\text{HNO}_3 + (x-2)\text{H}_2\text{O} = \text{SnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} (\text{Sn}(\text{OH})_4)\downarrow + 4\text{NO}_2\uparrow$, $\text{SnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} \text{SnO}_2 + x\text{H}_2\text{O}\uparrow$.

$$\text{Проведем проверку: } m(\text{Sn}) = (M_r(\text{Sn}) \cdot m(\text{SnO}_2)) / M_r(\text{SnO}_2) = 0,032 \cdot 118,71 / 150,71 = 0,025 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{Sn}) = 0,025 / 4,986 = 0,005 \text{ или } 0,5 \%, \text{ металл В - олово.}$$

Поскольку в осадках третьего металла не оказалось, это значит, что гидроксид третьего металла амфотерен, и растворяется в щелочи. Из перечисленных металлов только гидроксиды алюминия, цинка и бериллия способны растворяться в растворе гидроксида натрия.

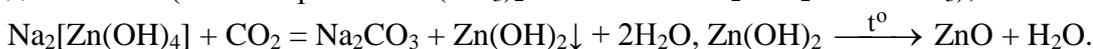
$$\text{Масса неизвестного металла В составляет } m(\text{B}) = 0,025 \cdot 4,986 = 0,1247 \text{ г.}$$

После пропуска углекислого газа через раствор, очищенный от SnO_2 и $\text{Cu}(\text{OH})_2$, выпадает осадок гидроксида амфотерного металла (Al, Zn или Be). А после прокалывания гидроксид амфотерного металла превратится в оксид, т.е. $2\text{B} \rightarrow \text{B}_2\text{O}_x$, где 2 - степень окисления кислорода, а x - степень окисления металла.

$$n(\text{B}) = 2n(\text{B}_2\text{O}_x), n(\text{B}) = 0,1247 / M_r(\text{B}), n(\text{B}_2\text{O}_x) = 0,155 / (2 \cdot M_r(\text{B}) + x \cdot 16).$$

Составляем уравнение: $0,1247 / M_r(\text{B}) = 2 \cdot 0,155 / (2 \cdot M_r(\text{B}) + x \cdot 16)$, $1,995x = 0,0606 M_r(\text{B})$, откуда $M_r(\text{B}) = 32,9x$, где x - степени окисления металла. Единственное разумное решение получается при $x = 2$, $M_r(\text{B}) = 63,8 \approx 63,4 \text{ г/моль}$, металл **Б** - цинк.

Уравнения реакций, в которых участвовал цинк: $\text{Zn} + 4\text{HNO}_3 = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (можно принять и N_2 и N_2O); $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + 2\text{NaNO}_3$ или те же реакции последовательно (можно принять $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + 2\text{NaNO}_3$);



2. Плотность сплава медали будем искать по формуле $\rho(\text{сплава}) = m/V(\text{медали})$.

$$V(\text{медали}) = S(\text{медали}) \cdot h(\text{медали}), S(\text{медали}) = \pi R^2, R = d/2.$$

$$\rho = 4m / \pi d^2 h = 4 \cdot 412 / (3,14 \cdot (8,5)^2 \cdot 0,7) = 10,38 \text{ г/см}^3.$$

$$\rho(\text{сплава}) = \omega(\text{Ag}) \cdot \rho(\text{Ag}) + \omega(\text{Cu}) \cdot \rho(\text{Cu}), \omega(\text{Ag}) = 1 - \omega(\text{Cu}).$$

Задание 3. (Авторы Задесенец А.В., Емельянов В.А.).

1. В задаче описаны элементы главной подгруппы VII группы ПС (группы VIIA или 17). Общее название этой подгруппы элементов галогены, что означает «рождающие соли».

2. Безусловно, речь идет о поваренной соли: NaCl - хлорид натрия.

3. Самые известные фторидные минералы: CaF₂ – флюорит (плавиковый шпат), Ca₅(PO₄)₃F – фторапатит; хлоридные: NaCl – галит (каменная соль), KCl·NaCl – сильвинит, KCl·MgCl₂ – карналлит. Бром и иод добывают из морской воды.

4. Еще один галоген – астат, не имеющий стабильных изотопов. Все его изотопы неустойчивы (радиоактивны), вследствие чего он не накапливается в природе.

5. а) в 1-й и 3-й ампулах содержимое полностью газообразное – следовательно, там фтор и хлор.

б) элементы из 2-й и 3-й ампул – F и I.

Таким образом, в 3-й ампуле фтор, в 1-й – хлор, во 2-й – иод, в 4-й – бром.

6. Понятно, что плотность больше, чем у воды (1 г/см³), имеют только бром и иод, а никак не газы. У твердого иода, имеющего более тяжелые атомы, плотность должна быть больше, чем у жидкого брома. $m(\text{Br}_2) = V \cdot \rho = 5 \cdot 3,12 = 15,6 \text{ г}$, $m(\text{I}_2) = 5 \cdot 4,93 = 24,65 \text{ г}$. $v(\text{Br}_2) = m/M = 15,6/160 = 0,0975 \text{ моля}$, $v(\text{I}_2) = 24,65/254 = 0,0970 \text{ моля}$. Для Cl₂ и F₂: $v = 5 \cdot 10^{-3}/22,4 = 2,23 \cdot 10^{-4} \text{ моля}$. $m(\text{Cl}_2) = v \cdot M = 2,23 \cdot 10^{-4} \cdot 71 \approx 0,016 \text{ г}$, $m(\text{F}_2) = 2,23 \cdot 10^{-4} \cdot 38 \approx 0,0085 \text{ г}$.

Система оценивания:

1. Номер подгруппы 0,5 б, ее название 0,5 б, перевод 0,5 б

3 * 0,5 б = 1,5 б;

2. Формула и химическое название соли 0,5 б * 2

1 б;

3. Отнесение элемента к правильной паре 4 * 1 б, формулы и названия минералов 1 б * 2 * 2, морская вода 1 б

4 б + 4 б + 1 б = 9 б;

4. Название 0,5 б, нестабильность (радиоактивность) изотопов 1 б

0,5 б + 1 б = 1,5 б;

5. Правильное соотнесение вещества и номера 1 б * 4

4 б;

6. Расчет масс хлора и фтора 2 б * 2, количества брома и иода 2 б * 2

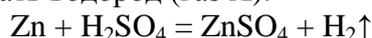
4 б + 4 б = 8 б;

Итого 25 б.

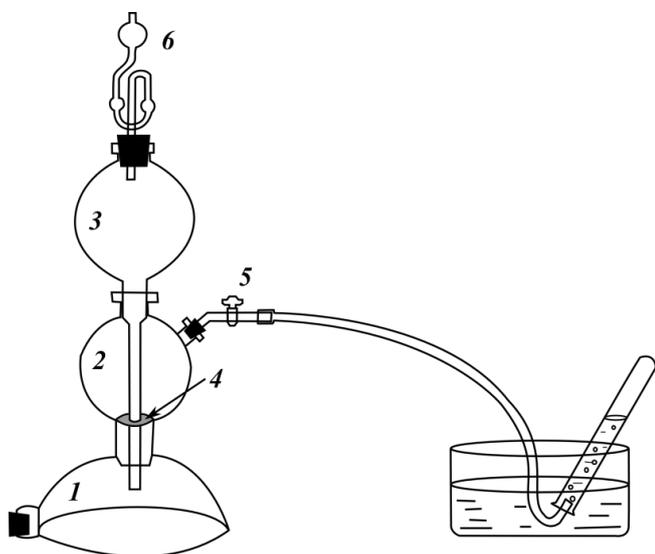
Задание 4. (Автор Коваленко К.А.).

1. Энергия ниоткуда не берётся и никуда не исчезает, а лишь переходит из одного вида в другой.

2. Миша и Маша собрались получать водород (газ А):



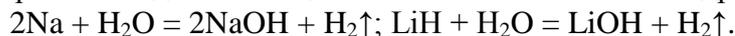
Аппарат Киппа используют в лабораториях для получения газообразных веществ. Его устройство схематично изображено на рисунке.



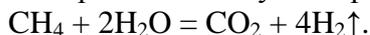
В резервуар 2 на фарфоровую перегородку 4 с отверстиями помещается цинк. В резервуар 1 по внутренней трубке из резервуара 3 заливается кислота до тех пор, пока не покроет гранулы цинка. Выделяющийся водород будет при открытом кране 5 выходить через газоотводную трубку, а если кран закрыть, то будет накапливаться в резервуаре 2, создавая повышенное давление. Под действием этого давления кислота будет через внутреннюю трубку выдавливаться обратно в резервуар 3. Склянка 6 служит для предохранения от перелива кислоты. Таким образом, аппарат Киппа является весьма удобным для дозированной подачи газа: при открытом кране 5 газ поступает через газоотводную трубку, а стоит кран закрыть, как реакция прекращается и газ больше не образуется.

3. Кристаллизатор с водой нужен для того, чтобы собирать газ методом вытеснения воды. Для этого пробирку заполняют водой, помещают в кристаллизатор и направляют газ из газоотводной трубки в пробирку (см. рис.). Поступающий газ вытесняет из пробирки воду. Таким способом возможно собирать только те газы, которые нерастворимы или плохо растворимы в воде, например, водород, кислород, азот.

Водород получается при взаимодействии щелочных металлов или их гидридов с водой:



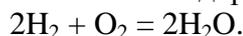
В промышленности для получения водорода используют паровую конверсию метана:



Для получения водорода можно также использовать электролиз растворов солей, например, при электролизе водного раствора хлорида натрия получают важные промышленные продукты: гидроксид натрия, водород и хлор



4. Газ, занимающий пятую часть от объёма воздуха — это кислород O_2 (газ Б). Объём цилиндра находим по формуле: $V = \pi r^2 \cdot h = 3,14 \cdot 4^2 \cdot 10 = 502,4 \text{ см}^3 = 502,4 \text{ мл}$. При заполнении банки водородом объёмом $V(\text{H}_2)$, объём оставшегося кислорода составит: $V(\text{O}_2) = (502,4 - V(\text{H}_2))/5$. Для реакции горения водорода необходимо, чтобы соотношение объёмов водорода и кислорода было 2:1:



Тогда $V(\text{O}_2) = \frac{1}{2}V(\text{H}_2)$. Получили уравнение:

$$(502,4 - V(\text{H}_2))/5 = \frac{1}{2}V(\text{H}_2)$$

$$V(\text{H}_2) = 2 \cdot 502,4 / 7 \approx 143,5 \text{ мл}$$

5. Итак в банке 143,5 мл водорода и 71,7 мл кислорода, остальной объём занимают прочие газы, составляющие воздух: главным образом азот, а также аргон и др. газы.

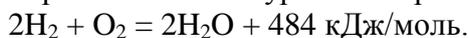
Рассчитаем количество вещества водорода (обратите внимание, что молярный объём газов равен 24,4 л/моль):

$$n(\text{H}_2) = V / V_M = 0,1435 \text{ л} / 24,4 \text{ л/моль} = 0,00588 \text{ моль}$$

Известно, что при сгорании 1 г водорода, что составляет 0,5 моль, выделяется 121 кДж теплоты, значит при сгорании 0,00588 моль количество выделяющейся теплоты составит:

$$Q = 0,00588 \cdot 121\,000 / 0,5 = 1423 \text{ Дж}$$

Термохимическое уравнение реакции (можно с полуцелыми коэффициентами):



Только 1% этой теплоты превращается в кинетическую энергию, значит

$$E_{\text{кин}} = 1423 \text{ Дж} \cdot 0,01 = 14,23 \text{ Дж}$$

При полёте банки вертикально вверх кинетическая энергия в верхней точке траектории полностью превратится в потенциальную, т.е. $E_{\text{кин}} = E_{\text{пот}} = mgh$. Таким образом, максимально возможная высота полёта банки составляет $h = E_{\text{пот}} / mg = 14,23 \text{ Дж} / (0,2 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2) = 7,1 \text{ м}$.

Система оценивания:

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Верная, не искажающая смысл, формулировка закона 1 б | 1 б; |
| 2. Описание или иллюстрация аппарата Киппа 3 б, использование 1 б | 3 б + 1 б = 4 б; |
| Газ А 1 б, уравнение реакции 1 б | 1 б + 1 б = 2 б; |
| 3. Объяснение метода сбора газов вытеснением воды 1 б | 1 б; |
| Два верных уравнения реакции получения водорода по 1 б | 1 б * 2 = 2 б; |
| 4. Газ Б 1 б, объём банки 2 б, объём замещаемого воздуха (водорода) 3 б | 1 б + 2 б + 3 б = 6 б; |
| 5. Расчёт количества H_2 в банке и в 1 г 1 б * 2, расчёт теплоты 2 б, $E_{\text{кин}}$ 2 б, высоты 2 б, термохимическое уравнение 1 б | 2 б + 2 б + 2 б + 2 б + 1 б = 9 б; |
| | Итого 25 б. |