

Задание 1. Изумруд

Одним из главных составляющих экономики майнкрафта является изумруд, который можно найти в биомах гор и холмов. За счёт изумрудов можно торговать с жителями и менять драгоценный камень на зачарованные книжки и предметы экипировки.

В этой задаче вам предстоит понять из каких элементов состоит изумруд.

Стив изначально знал, что изумруд состоит из 4 элементов: А, Б, В и кислород. Известно, что А и Б это металлы, В - нет.

Элемент А химическими свойствами очень отличается от своих саратников по группе. При реакции А с водой (**реакция 1**), образуется безцветный газ и нерастворимый гидроксид Г. Г реагируя дальше с избытком NaOH растворяется и образует (**реакция 2**) комплекс Д с тетраэдрической структурой аниона, массовая доля А в Д равна 7.32%. Примечательно, что в результате сопропорционирования (обратного диспропорционирования) высший оксид А и сам металл А реагируют и образуют (**реакция 3**) летучий оксид Е, который очень нестабилен.

- (1) Напишите все упомянутые выше реакции, найдите элемент А, и формулы Г, Д и Е.
(4 балл)

Элемент Б, хоть и находясь в другой группе очень похож на А своими свойствами. Например он тоже вступает в реакцию с водой образуя Г2 (**реакция 4**). При добавлении избытка NaOH Г2 растворяется (**реакция 5**) в Д2 с массовой долей металла 22.9%.

- (2) Напишите упомянутые выше реакции, найдите элемент Б, и формулы Г2 и Д2.
(3 балл)

В свою очередь, вступая с хлором в реакцию образует И (**реакция 6**). При последующем восстановлении И с $\text{Li}[\text{AlH}_4]$ образуется (**реакция 7**) гидрид Л (массовая доля В = 87.45%) вдобавок к хлориду лития и алюминия. Интересно то, что данный гидрид мог бы быть основой жизни на нашей планете, если бы не относительно слабая связь между атомами элемента В.

- (3) Напишите упомянутые выше реакции, найдите элемент В, и формулы И и Л.
(3 балл)

Зелёный окрас в изумруде на самом деле придают примеси хрома и ванадия. Чтобы количественно определить состав изумруда, у жителя взяли 2 грамма чистого минерала и обработали серной кислотой (**реакция 8**). После выпаривания воды

образовалось 1.17 г. сульфата А, 1.27 г. сульфата Б и 1.34 г. оксида В из которого в майнкрафте делают стекло, обрабатывая его в печи.

- (4) Найдите формулу изумруда и напиши реакцию изумруда с серной кислотой.
(2 балл)

Задание 2. Считая звезды

"No more counting dollars we'll be counting stars"

Звёзды в нашей вселенной бывают разные, но принцип их работы одинаковый. Внутри происходят реакции термоядерного синтеза которые "толкают звезду" наружу, а внутрь действует гравитация самой звезды.

- (1) Посчитайте напряжённость гравитационного поля (ускорение свободного падения) на поверхности солнца. (1 балл)
Масса солнца: $M_s = 1.989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Радиус солнца: $R_s = 6.963 \cdot 10^8 \text{ m}$
Гравитационная постоянная: $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

Смотря на спектральные линии солнца во время солнечного затмения в 1868, французский астроном Жюль Жансен нашёл необычный спектр. Этот спектр излучал гелий, неизвестный на тот момент элемент (от греческого helios - солнце). Эти

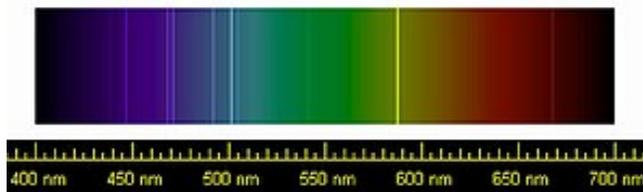


Рис. 1. Спектральные линии гелия

спектральные линии образованы из-за переходов электронов с верхних орбиталей на нижние.

- (2) Какой разнице по энергии соответствует жёлтый ($\lambda = 588 \cdot 10^{-9} \text{ m}$) цвет спектральной линии? (1 балл)
Константа планка: $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-1}$
Скорость света: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

В звезде гелий образуется из 4 атомов водорода в реакции термоядерного синтеза.

- (3) Напишите эту реакцию (1 балл)

Основное количество энергии термоядерного синтеза выделяется за счёт потери массы.

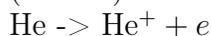
- (4) Расчитайте сколько энергии выделяется в 1 реакции термоядерного синтеза (4 балл)
Скорость света: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Массы: $m_{He} = 6.646 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $m_{proton} = 1.673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Гелий считается самым пассивным элементом из всей таблицы менделеева. Учёным

удалось синтезировать соединения гелия только недавно и под давлением свыше 1000 атмосфер, а всё из-за высокой энергии ионизации гелия.

- (5) Расчитайте энергию ионизации гелия, то есть энтальпию реакции (дайте свой ответ в кДж/моль):

(5 балл)



$$r_{\text{He}} = 140 \cdot 10^{-12} \text{ м}$$

$$\text{Электрическая постоянная: } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.992 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$$

$$\text{Элементарный заряд: } e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Задание 3. Сера, кислород и еще раз сера (*Махмутов Мансур, Полетаев Данил*)

Полиотионовые кислоты — соединения серы с общей формулой $H_2S_nO_6$, при $n \geq 2$. Их соли называются полиотионатами.

1. Нарисуйте общую структурную формулу для этого вида кислот. Нарисуйте структурные формулы первых 4-х гомологов и дайте им названия. (4 балл)
2. Рассчитайте pH 0.2M гидротетратионата натрия, если $pK_{a,1} = 2$, $pK_{a,2} = 4.6$. Как будут меняться значения $pK_{a,1}$ и $pK_{a,2}$ с ростом n ? (4 балл)
3. Существуют специальные методы синтеза тионат-ионов, различные друг от друга:

- (1) Дитионат-ион получают окислением раствора газа с запахом загорающей спички суспензиями пиролюзита или гематита. Подсказка: гематит является причиной красного цвета планеты Марс.
- (2) Тритионат-ион синтезируют окислением серноватистокислого иона при помощи соединения водорода и кислорода, находящегося в нетипичной степени окисления.
- (3) Тетратионат-ион получают окислением серноватистокислого иона галогеном, спиртовой раствор которого все мы так не любили в детстве.

Напишите все упомянутые уравнения синтеза тионат-ионов. (4 балл)

Задание 4. Игла Бюффона (*Махмутов Мансур*)

Задача Бюффона о бросании иглы — задача геометрической вероятности. Задача была сформулирована Бюффоном в 1777 году. А также стало возможным нахождения числа π методами теории вероятности. Суть задачи состояла в том, чтобы определить вероятность попадания иглы на линию, причем расстояние между линиями было больше, чем длина иглы. Юный химик решил повторить эту задачу вживую, но, к сожалению, пока он подкидывал иглы на стол, часть из них попала в стакан с разбавленной серной кислотой. Объем выделившегося газа составил 74.33 л при 298K и 1 бар. Найдите массу растворившихся игл, если известно, что они сделаны из металла с кубической гранецентрированной решеткой (т.е. центры атомов металла располагаются в каждой вершине куба и в центре каждой грани), плотностью равной 2.7 г см⁻³, и параметром ячейки 4.050 Å (12 балл)