

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 соратников 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

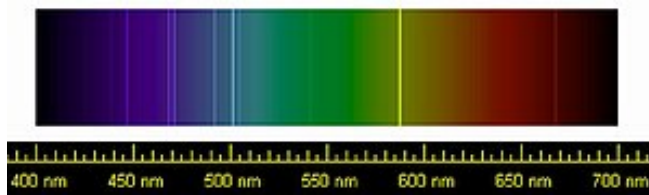


Рис. 1. Спектральные линии гелия

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.

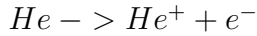
- (4) Расчитайте сколько энергии выделяется в 1 реакции термоядерного синтеза (4 балл)
Скорость света: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Массы: $m_{He} = 6.646 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $m_{proton} = 1.673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

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)

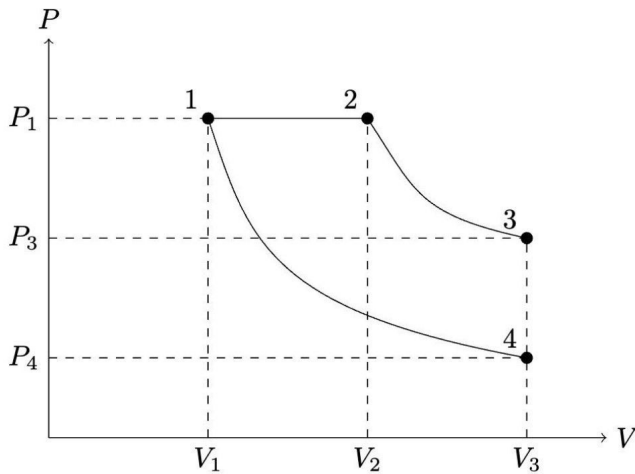


Радиус атома гелия: $r_{He} = 140 \cdot 10^{-12} m$

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

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

Задание 3. Термодинамические циклы



1. Определите, какими изопроцессами являются следующие переходы: (1 балл)

$1 \rightarrow 2, 2 \rightarrow 3, 3 \rightarrow 4, 4 \rightarrow 1.$

Подсказка: В процессах $2 \rightarrow 3$ и $4 \rightarrow 1$ не выделяется теплота.

2. Для термодинамического цикла, представленного на диаграмме выше, определите (выразите через обозначенные на осях P_n, V_n и показатель адиабаты γ) следующие величины:

- полученную теплоту $Q_{п}$ за весь цикл, (3 балл)
- совершенную работу A' за весь цикл, (4 балл)
- КПД (коэффициент полезного действия) η для данного цикла.(4 балл)

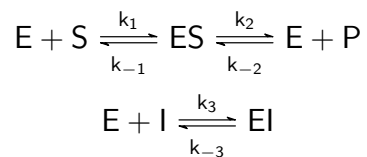
Примите:

- C_v и C_p газа соответственно,
- $C_v = \frac{3}{2}R$ Дж моль⁻¹ К⁻¹.
- $C_p = \frac{5}{2}R$ Дж моль⁻¹ К⁻¹.

Задание 4. Ингибирование

Ингибирование - это процесс уменьшения или подавления активности биологического катализатора, такого как фермент. Ингибирование может быть обратимым или необратимым

и может происходить по различным механизмам. На изображенной схеме, показано ингибирование по ферменту



- (1) Определите тип ингибирования. (1 балл)
- (2) Выразите скорость образование продукта через максимальную скорость, константу Михаэлиса, если константа неустойчивости для EI равно K_I , а начальная концентрация ферменто-субстратного комплекса равна нулю. (7 балл)
- (3) Рассчитайте значение концентрации ингибитора I (в г/мл) которая имеет молекулярную массу 184 г/моль в крови, если $K_M = 4.8 \cdot 10^{-4}$, $K_I = 3 \cdot 10^{-3}$, $[S] = 2.78 \cdot 10^{-3}$, которая необходима для подавления на 70% реакции биосинтеза продукта ферментами. (4 балл)