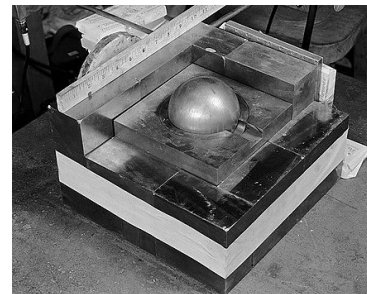


Задание 1. Заряд-демон

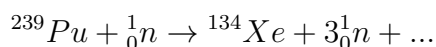
Заряд-демон - плутониевый заряд, который использовали во всеми нами известном Манхэттенском проекте. Свое прозвище заряд получил из-за двух несчастных случаев в лаборатории Лос-Аламоса.



Инцидент 1945 года

Молодой физик, Гарри Даглян, проводя эксперимент с зарядом, с целью доведения сферы до почти критического состояния, использовал блоки из вещества X , как отражатель нейтронов. Накладывая блоки вокруг ядра, росло количество делений ядер. В один момент, случайно уронив последний блок непосредственно на ядро, Даглян вызвал самоподдерживающуюся реакцию деления, что в итоге привело к выбросу нескольких смертельных доз радиации, впоследствии физик скончался в больнице через 25 дней после инцидента.

- (1) Найдите вещество X , если известно, что X - бинарное соединение, с массовой долей углерода равной 6.1335%. (2 балл)
- (2) Напишите пропущенный изотоп в записи цепной реакции:



(3 балл)

Как говорилось выше, блоки служат тражателями нейтронов для самоподдерживающейся реакции деления, т.е. растет количество нейтронов, которые продолжают цепную реакцию, а во сколько возросло количество нейтронов во времени помогает определить коэффициент размножения нейтронов.

- (3) Рассчитайте во сколько раз возрастает количество нейтронов при ядерном взрыве за 10^{-6} секунд, если для чистогоделящегося плутония время нейтронного цикла составляет 10^{-8} секунд, а $k = 1.1$, по формуле:

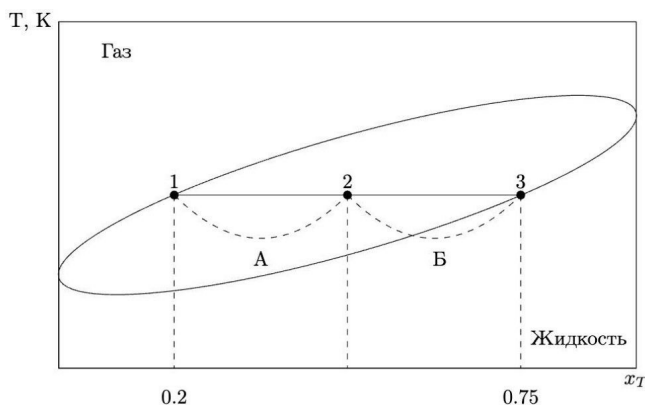
$$\frac{dn}{dt} = \frac{n(k-1)}{\tau},$$

где n - число нейтронов, τ - время нейтронного цикла, k - коэффициент размножения нейтронов, t - время.

(7 балл)

Задание 2. Ох уж эти фазы

Предисловие: Вещества, образующие термодинамическую систему, могут находиться в различных агрегатных состояниях - твердом, жидком и газообразном. Система, между частями которой нет поверхностей раздела, называется гомогенной (т.е. однородной). Области изменения термодинамических параметров, при которых устойчивы те или иные фазы, изображают на фазовых диаграммах. Отличный пример одной из них приведен ниже:



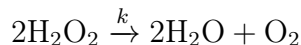
Точки 1 и 3 описывают состав гомогенной смеси в жидкой и газовой фазе. Однако точка 2 находится в равновесии двух фаз.

- (1) Опишите состав смеси в жидкой и газовой фазе. (4 балл)
- (2) Используя метод рычага и зная отношение длин отрезков $A:B = 3:2$ и исходное число моль смеси равное 2-ум моль, определите число моль толуола и бензола, как в жидкой, так и в газовой фазе. (8 балл)

Задание 3. Основы кинетики

Химическая кинетика возникла в XIX веке как отдельная научная дисциплина благодаря работам таких ученых, как Жан Батист Августин Дюма и Йозеф Лосчмидт. Ее появление было необходимой точкой для понимания скорости химических реакций и факторов, влияющих на эту скорость. Эта наука играет ключевую роль в промышленных процессах, фармацевтике, экологии и других областях, где важно контролировать и оптимизировать химические процессы. Понимание кинетики реакций позволяет разрабатывать новые материалы, улучшать катализаторы и повышать эффективность производственных процессов. В данной задаче вам предстоит ознакомиться с базовыми концептами химической кинетики

Рассмотрим реакцию превращения вещества А в вещество В:



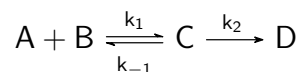
Для данной реакции примем что порядок по перекиси водорода - первый. Тогда закон действующих масс принимает вид:

$$-\frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt} = k[\text{H}_2\text{O}_2]$$

В данном случае реакция не обратима, поэтому тратятся только реагенты, следовательно закон действующих масс включает только продукты и скорость затраты H_2O_2 прямо пропорциональна концентрации H_2O_2 , а так же константе скорости реакции.

- (1) Напишите уравнение реакции разложения 1 моль озона до кислорода, а так же запишите закон действующих масс для данной реакции, взяв константу скорости, как k_1 (3 балл)

Для не особо стабильных частиц можно применить квазистационарное равновесие и приравнять закон действующих масс к нулю. Таким образом можно выразить концентрацию не стабильных частиц через концентрации стабильных частиц, а так же константы скорости. Рассмотрим схему:

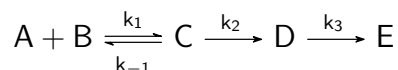


- (2) Применив квазистационарное приближение для вещества С, выведите закон действующих масс для вещества D. (3 балл)

Для случаев когда k_1 и k_{-1} больше чем k_2 можно применить квазиравновесное приближение, приняв что скорость образования С из А и В равна скорости образования А и В из С

- (3) Используя квазиравновесное приближение, выведите закон действующих масс для скорости образования (3 балл)

Теперь рассмотрим цепочку реакций



- (4) Выведите закон действующих масс для скорости образования E используя подходящие квазистационарные и квазиравновесные приближения. (3 балл)

Задание 4. Что за х....

Литий принадлежит к группе щелочных металлов и имеет только один электрон в валентной оболочке. При допировании или ионизации лития электрон может легко переходить из валентной зоны в зону проводимости, создавая электронную проводимость. Делокализация этого электрона также приводит к тому, что зазор между валентной зоной и зоной проводимости становится относительно небольшим, что способствует высокой электропроводности. Эту проводимость можно смоделировать с помощью модели частицы в ящике. Можно показать, что различные уровни энергии частицы, такой как электрон, в одномерном ящике, определяются выражением:

$$E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$$

где n это энергетический уровень, который может быть лишь целым числом (1,2,3,...), m - масса частицы, L - длина ящика.

- (1) Какому принципу соответствует закон о том, что в одном энергетическом уровне два электрона не могут иметь одинаковые наборы квантовых чисел? (1 балл)
- (2) Напишите квантовый набор чисел для каждого электрона в атоме лития. (1 балл)

Рассмотрим длинную цепочку, состоящую ровно из 50000 атомов лития, расположенных по прямой линии. Лития имеет атомный радиус 152 пм. Предположим, что электроны могут свободно перемещаться между ядрами атомов лития, но не за их пределами. Масса электрона $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}$ кг.

- (3) Определите энергию высшей заполненной молекулярной орбитали в кэВ. (3 балл)

- (4) Напишите выражение энергии для перехода электрона с ВЗМО на НСМО через квантовое число самого высокого занятого энергетического уровня, а затем вычислите его численно.
(3 балл)

Приблизительная термическая энергия частицы в системе выражается уравнением $E = k_B T$, где k_B - константа Больцмана

- (5) Достаточно ли при 50К термической энергии для перехода электрона на другую орбиталь?
(3 балл)