

*Олимпиада «Высшая проба» проводится при поддержке Сбера, приветствуем участников соревнования!*



*Мы верим в то, что будущее зависит от стремления к самосовершенствованию каждого из нас.*

*Поздравляем – ты являешься участником заключительного этапа олимпиады «Высшая проба»!  
Желаем тебе блистательной победы!*

**Приступая к выполнению заданий, вы подтверждаете, что профиль и класс в заданиях соответствует сведениям, указанным вами при регистрации.**

**Время выполнения заданий – 240 минут  
Максимальное количество баллов – 100.**

**Напоминание: вычисления в расчетных задачах необходимо вести с точностью приведенных в условии значений**

### **Задача 1.**

Как всем известно, единственные жидкие простые вещества при нормальных условиях – это бром и ртуть, последний при этом является единственным жидким металлом. Однако, существуют сплавы металлов, которые также являются жидкими при комнатной температуре – такие смеси называют эвтектическими, при определенном составе они имеют минимальную температуру плавления. То есть, эвтектическая смесь плавится при более низкой температуре, чем отдельные компоненты смеси.



Одна из таких смесей состоит из сплава калия (66,37% мольных) с еще одним щелочным металлом. Основным применением таких смесей является использование в качестве теплоносителя ядерных реакторов. Так, например, некоторые ядерные реакторы, установленные на космических аппаратах, использовали именно такую эвтектическую смесь. Использование именно этой смеси обусловлено тем, что этот «жидкий металл» обладает колоссальными значениями теплопроводности.

Образец такого сплава объемом 23,09 мл (плотность  $866 \text{ кг/м}^3$ ) аккуратно по каплям добавляли к избытку воды (1 кг) в инертной атмосфере. При этом наблюдалось крайне бурное выделение газа объемом 7,47 л ( $23^\circ\text{C}$ , 745 мм рт. ст.).

### **Вопросы:**

1. Рассчитайте, какой металл входит в данную эвтектическую смесь и количественный состав смеси в массовых процентах.
2. Запишите 2 уравнения протекающих реакций.
3. Какой объем 1 М серной кислоты потребуется для полной нейтрализации полученного раствора?

4. Рассчитайте массовые доли всех солей в полученном после нейтрализации серной кислотой (в пункте 3) растворе. Считайте, что плотность раствора  $1000 \text{ кг/м}^3$ , а испарением воды при гашении сплава можно пренебречь.
5. Как еще можно использовать данный сплав, помимо теплоносителя в ядерных установках? Приведите еще 2 области применения и обоснуйте применение сплава развернуто.
6. Можно ли безопасно потрогать данный сплав как это указано на фотографии выше? Дайте аргументированный ответ.

### Задача 2.

Реакции с простым ярко-жёлтым газом X обычно проводят в инертных никелевых реакторах, а получение X крайне затруднено в силу его крайне высокой окислительной способности.

В никелевый сосуд закачали под давлением X и избыток газообразного простого вещества Y, а затем нагрели до  $400^\circ\text{C}$ , преимущественным продуктом в твёрдой фазе оказалось бинарное вещество  $Z_1$ . При анализе соединения оказалось, что массовая доля более легкого элемента в  $Z_1$  составляет 22,49%.

В другом опыте в реакторе нагревали смесь X и Y при  $300^\circ\text{C}$  и давлении  $2 \cdot 10^7 \text{ Па}$  при этом образовалось белое кристаллическое бинарное вещество  $Z_2$ . При анализе соединения оказалось, что массовая доля более легкого элемента в  $Z_2$  составляет 36,71%.

Если в никелевый сосуд накачать избыток X и добавить Y, а затем нагревать данную смесь продолжительное время при  $300^\circ\text{C}$  и давлении  $6 \cdot 10^6 \text{ Па}$ , то образуется бинарное вещество  $Z_3$ . При анализе соединения оказалось, что массовая доля более легкого элемента в  $Z_3$  составляет 46,53%.

### Вопросы:

1. Определите X и предложите 2 метода получения X, промышленный и лабораторный.
2. Определите вещества Y и  $Z_{1-3}$ . Укажите строение веществ  $Z_{1-3}$ .
3. Вещества  $Z_{1-3}$  также обладают сильной окислительной способностью. Приведите уравнения реакций  $Z_2$  с водным раствором сульфата марганца (II), водой и платиной.
4. Объясните, почему невозможно проводить данные синтезы в стеклянной посуде, подтвердите уравнением реакции.

### Задача 3.

Лаборант приготовил два раствора из средних солей X и Y. Для этого он взял по 200 г каждой соли и растворил каждую соль в 800 г воды. Затем при постоянном перемешивании к 65 г раствора X он медленно приливал 96,8 г раствора Y. При этом выделилось 5,3 г газа A, который при давлении 101,3 кПа и температуре  $25^\circ\text{C}$  занимает объём 2,945 л. Одновременно образовался осадок Z, который отфильтровали, промыли и прокалили. Масса красного порошка W после полного прокаливания составила 6,38 г. Лаборант подкислил раствор, оставшийся после фильтрации азотной кислотой. Выделился тот же газ A, что и при сливании X и Y, однако его объём был в 6 раз меньше, чем при предыдущем выделении газа A. При добавлении к жидкости раствора нитрата серебра выпал белый осадок.

Когда лаборант медленно и при перемешивании к 276 г раствора Y прибавил 65 г раствора X, то в итоге удалось выделить столько же порошка W, как и в первом случае, однако газ A не выделялся.

**Вопросы:**

1. Установите формулы газа A, солей X и Y, если известно, что раствор одной из солей при внесении в пламя горелки окрашивает ее в фиолетовый цвет.
2. Определите формулы веществ Z и W.
3. Объясните, почему при обратном порядке сливания растворов газ не выделялся.
4. Приведите уравнения всех описанных выше химических реакций.
5. Как изменятся результаты первого сливания, если производить его быстро, без перемешивания?

**Задача 4.**

Гидразин – жидкое бинарное вещество, которое можно использовать в качестве ракетного топлива, в частности, сейчас его применяют как однокомпонентное топливо для маломощных двигателей. Тяга создается за счет продуктов разложения гидразина в присутствии катализатора – нитрида молибдена, при этом из 1 моль гидразина получается 1,67 моль газов.

В таблице приведены значения средних энергий связи:

Связь	N-H	N-N	N=N	N≡N	H-H	N-O	H-O	O=O
$E_{св}$ , кДж/моль	389	163	418	946	431	631	498	494

**Вопросы:**

1. Нарисуйте структурную формулу гидразина, а также запишите уравнение реакции разложения гидразина в присутствии катализатора.
2. Используя данные таблицы рассчитайте энергию, которая выделится при полном разложении 1 моль гидразина.
3. Используя данные таблицы рассчитайте энергию, которая выделится при взаимодействии 1 моль гидразина с кислородом в качестве окислителя ракетного топлива.
4. Определите энтальпию образования газообразного гидразина, если известно, что энтальпия образования одного из продуктов его каталитического разложения составляет -42,7 кДж/моль.

**Задача 5.**

Некоторый сплав состоит из хрома, железа и меди. Для его анализа образец массой 2,0 г растворили в азотной кислоте, а раствор содержащий ионы  $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$  разбавили в мерной колбе на 500 мл. Из раствора отобрали аликвоту объёмом 50 мл, удалили ионы железа и меди, а затем к аликвоте добавили избыток пероксида водорода в щелочной среде (реакция 1). После к полученному раствору прилили 50 мл 0,1 М раствора  $Fe^{2+}$  в кислой среде (реакция 2). Для полного окисления избытка оставшихся в реакционной смеси ионов  $Fe^{2+}$  добавили 20 мл 0,02 М раствора  $KMnO_4$  (реакция 3).

В другом опыте половину исходного раствора (250 мл) из мерной колбы подвергли электролизу. Из-за побочных процессов выход в реакции составил 80%. После

пропускания электрического тока силой 4А в течение 21,2 мин все три металла выделились количественно.

**Вопросы:**

1. Запишите уравнения реакций 1-3 в сокращенном ионном виде.
2. Рассчитайте количественный состав сплава в массовых процентах.
3. Можно ли использовать в лабораторной практике для данного анализа в качестве источника  $\text{Fe}^{2+}$  хлорид железа (II)? Какую соль обычно используют в качестве  $\text{Fe}^{2+}$  в лаборатории и почему?

**Справочная информация:**

Постоянная Фарадея – 96 485 Кл/моль.

**Задача 6.**

Акватории морских и речных портов, места стоянки и бункеровки судов зачастую загрязняются нефтяным топливом. Особенно остро проблема сбора нефтепродуктов с поверхности воды встает в случае аварий танкеров – как, например, недавняя авария в акватории Анапы. Один из путей ликвидации таких загрязнений — высыпание на нефтяное пятно и последующий сбор легких материалов, впитывающих нефть (пенька, древесные опилки, гранулы пористых полимеров).

Поскольку нефтепродукты горючи, очистку от них водной поверхности можно было бы проводить путем сжигания нефтяной пленки. Такой способ, конечно, не экономичен, он связан с потерей топлива, но охрана природы, сохранение морской и прибрежной фауны и флоры важнее, чем экономия нефти. Трудность сжигания нефтяной пленки заключается в том, что поджечь можно только относительно толстый слой плавающей на поверхности воды нефти. Если же пленка тонкая, а в большинстве случаев так и бывает, поджечь ее не удастся.

**Вопросы:**

1. Предложите способ сжигания тонких пленок нефтепродуктов на поверхности воды. Дайте аргументированный ответ (2-3 предложения).
2. Предложите еще 2 способа для утилизации нефтепродуктов с поверхности воды.

