

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.

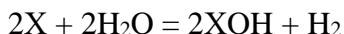
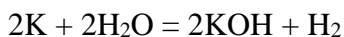
Образец такого сплава объемом 23,09 мл (плотность 866 кг/м^3) аккуратно по каплям добавляли к избытку воды (1 кг) в инертной атмосфере. При этом наблюдалось крайне бурное выделение газа объемом 7,47 л (23°C , 745 мм рт. ст.).

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 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.

Решения:

1. Имеется сплав двух щелочных металлов калия и другого щелочного металла, обозначим его за X. Следовательно при взаимодействии с водой происходят следующие реакции:



Рассчитаем количество вещества выделившегося водорода по уравнению

Менделеева-Клапейрона: $n = pV/RT = (745 \text{ мм. рт. ст.}/760 \text{ мм. рт. ст.} \cdot 101,325 \text{ кПа}) \cdot 7,47 \text{ л} / (8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 300 \text{ К}) = 0,2975 \text{ моль водорода.}$

Рассчитаем из указанных данных массу образца сплава $m = 23,09 \cdot 0,866 = 19,996 \text{ г}$

Обозначим количество вещества калия в смеси за a и молярную массу

неизвестного металла X за x . При этом нам известно, что мольная доля калия

составляет 66,67%, значит мольная доля второго металла составляет 33,33%, то есть количество вещества X составляет 0,5 a . Исходя из этого составим систему из

двух уравнений:

$$39a + x \cdot 0,5a = 19,996$$

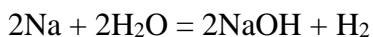
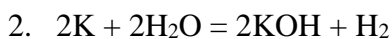
$$0,5a + 0,5 \cdot 0,5a = 0,2975$$

Отсюда находим, что $a = 0,397$ моль, а $x = 22,82$ г/моль, что соответствует молярной массе натрия. Таким образом неизвестный металл X – натрий.

Рассчитаем массовую долю натрия в полученном сплаве. $m(K) = 0,397 \cdot 39 = 15,47 \text{ г}$,

массовая доля калия составляет $w(K) = 15,47/20 \cdot 100\% = 77,35\%$, массовая доля

натрия тогда равна $w(Na) = 100\% - 77,35\% = 22,65\%$.



3. Общее количество вещества гидроксидов натрия и калия составляет $n(OH^-) = 0,397 + 0,397/2 = 0,5955$ моль. Для нейтрализации потребуется $n(H_2SO_4) = 0,5955/2 = 0,29775$ моль, то есть объем 1М серной кислоты составит 0,29775 литра.

4. Масса раствору можно рассчитать сложив массы изначальной воды, добавленного сплава и серной кислоты за вычетом выделившегося из реакции водорода. Масса водорода выделившегося из реакции составляет $0,2975 \cdot 2 = 0,595 \text{ г}$. $m_{p-pa} = 1000 + 19,996 + 297,5 - 0,595 = 1316,9$ грамма. Масса сульфата калия составляет $m(K_2SO_4) = 174 \cdot 0,397 \cdot 0,5 = 34,539 \text{ г}$, а масса сульфата натрия $m(Na_2SO_4) = 142 \cdot 0,1985 \cdot 0,5 = 14,094 \text{ г}$. Массовая доля сульфата калия $w(K_2SO_4) = 34,539/1316,9 \cdot 100\% = 2,63\%$, массовая доля сульфата натрия $w(Na_2SO_4) = 14,094/1316,9 \cdot 100\% = 1,07\%$.

5. Натрий-калиевый сплав в силу высоких восстановительных способностей может использоваться как сильный восстановитель в органической и неорганической химии. Из-за высоких показателей электропроводности он также может быть использован в качестве жидкометаллического контакта, например, в электрических машинах между стационарной и вращающейся частью токопровода.

6. Сплав нельзя трогать, так как он бурно реагирует с влагой кожи, выделяя водород и вызывая ожоги. Реакция может привести к воспламенению.

Критерии оценивания

Вещества		
Установление натрия и его массовой доли	4 балла	2 балла за установление натрия и 2 балла за расчет массовых долей
Уравнения реакций	2 балла	По 1 баллу (в случае неверных коэффициентов в уравнении по 0,5 баллов)
Расчет объема серной кислоты	3 балла	

Расчет массовой доли солей в растворе	4 балла	3 балла в случае отсутствия учета выделения водорода
Использование натрий-калиевого сплава	2 балла	По 1 баллу за каждую область с аргументацией
Безопасность сплава	1 балл	Аргументированный ответ, что потрогать сплав нельзя по причине воспламеняемости сплава
Всего	16 баллов	

Задача 2.

Реакции с простым 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°C, преимущественным продуктом в твёрдой фазе оказалось бинарное вещество Z₁. При анализе соединения оказалось, что массовая доля более легкого элемента в Z₁ составляет 22,49%.

В другом опыте в реакторе нагревали смесь X и Y при 300°C и давлении 2*10⁷ Па при этом образовалось белое кристаллическое бинарное вещество Z₂. При анализе соединения оказалось, что массовая доля более легкого элемента в Z₂ составляет 36,71%.

Если в никелевый сосуд накачать избыток X и добавить Y, а затем нагревать данную смесь продолжительное время при 300°C и давлении 6*10⁶ Па, то образуется бинарное вещество Z₃. При анализе соединения оказалось, что массовая доля более легкого элемента в Z₃ составляет 46,53%.

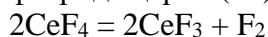
Вопросы:

1. Определите X и предложите 2 метода получения X, промышленный и лабораторный.
2. Определите вещества Y и Z₁₋₃. Укажите строение веществ Z₁₋₃.
3. Вещества Z₁₋₃ также обладают сильной окислительной способностью. Приведите уравнения реакций Z₂ с водным раствором сульфата марганца (II), водой и платиной.
4. Объясните, почему невозможно проводить данные синтезы в стеклянной посуде, подтвердите уравнением реакции.

Решения:

1. Решение задачи можно начать с простого описание X, простых газообразных веществ не так много, особенно имеющих желтый цвет, вдобавок использование этого газа затруднено в стеклянной посуде в связи с тем, что он реагирует с ней, поэтому синтезы проводят в никелевой посуде, исходя из этого однозначно можно заключить, что X – это фтор F₂.
Промышленный способ получения фтора – электролиз расплава гидрофторида калия:
$$2\text{KHF}_2 = 2\text{KF} + \text{H}_2 + \text{F}_2$$
Лабораторный способ получения фтора – разложение высших фторидов некоторых

металлов или фторидных комплексов в высоких степенях окисления, например, фторида церия (IV):



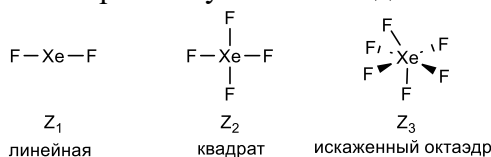
2. Если фтор реагирует с простым газообразным веществом Y с образованием различных твердых продуктов – то Y тяжелее фтора, поскольку простые вещества газы, которые легче фтора не могут привести к образованию трех различных кристаллических веществ. Исходя из этого можем составить уравнение для расчета фторида Z₁ (запишем его в виде YF_n) и других:

$$w(\text{F}) = 22,49\% = \frac{19 * n}{19 * n + M(\text{Y})}$$

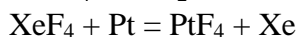
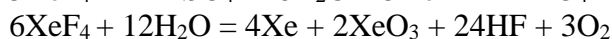
Отсюда получается, что M(Y) = 65,48n, при n = 2 M(Y) = 130,96 получаем разумное решение Y – ксенон Xe с молярной массой 131 г/моль, то есть Z₁ – XeF₂.

Тогда рассчитаем составы остальных фторидов ксенона, для Z₂ n(Xe) : n(F) = (100-36,71)/131 : 36,71/19 = 0,483 : 1,93 = 1 : 4, то есть Z₂ – XeF₄ и для Z₃ n(Xe) : n(F) = (100-46,53)/131 : 46,53/19 = 0,408 : 2,448 = 1 : 6, то есть Z₃ – XeF₆.

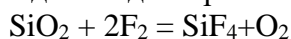
Геометрия полученных соединений следующая:



3. Уравнения реакций:



4. Причина непригодности стеклянной посуды заключается в том, что фтор реагирует с диоксидом кремния (основным компонентом стекла):



Это приводит к разрушению стекла.

Критерии оценивания

Определение X	2 балла	
Способы получения фтора	4 балла	По 2 балла за каждый
Определение Y	1 балл	
Определение Z ₁₋₃ и указание их структуры	6 баллов	Формулы по 1 баллу, строение по 1 баллу. Для Z ₃ октаэдрическое строение считать верным.
Уравнения реакций	3 балла	По 1 баллу. При неправильных коэффициентах по 0,5 балла.
Объяснение причины неиспользования стекла	2 балла	За объяснение без уравнения реакции – 1 балл.
Всего	18 баллов	

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°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?

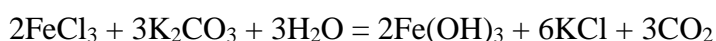
Решения:

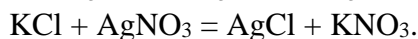
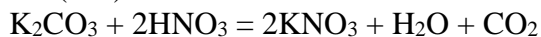
Зная объём, давление и температуру мы можем рассчитать количество вещества газа A, оно составит $n = (101,3 \cdot 2,945) / (8,314 \cdot 298) = 0,12$ моль, следовательно, можно рассчитать молярную массу газа $M = 5,3 / 0,12 = 44$ г/моль. Газ A с такой молярной массой – диоксид углерода CO_2 , а одна из солей содержит карбонат-анион. При этом суммарное выделение углекислого газа (после подкисления азотной кислотой) составляет $0,12 + 0,12/6 = 0,14$ моль, а значит можно перебором рассчитать молярную массу соли, пускай карбонат-анион находится в соли Y. Массовая доля соли в изначальных растворах составляет $200/(800+200) \cdot 100\% = 20\%$ тогда $M(Y) = 96,8 \cdot 0,2/0,14 = 138$ г/моль, на катион тогда приходится 78 г/моль – формула Y – K_2CO_3 . Дополнительно известно, что раствор одной из солей при внесении в пламя горелки окрашивает ее в фиолетовый цвет, что очевидно намекает на присутствие ионов калия. Осадок осаждаемый нитратом серебра – скорее всего хлорид, соответственно соль X – это хлорид. Выпадение осадка при добавлении карбоната калия говорит о гидролизе и выпадении нерастворимого гидроксида металла Z, последующее прокаливание с образованием красного порошка W намекает на образование красного оксида – оксида железа Fe_2O_3 , тогда соль X – это хлорид железа 3FeCl_3 . Подтвердим при помощи расчетов: $n(\text{FeCl}_3) = 65 \cdot 0,2/162,3 = 0,08$ моль, следовательно, количество образовавшегося оксида в 2 раза меньше = 0,04 моль, а масса тогда составит $m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 6,384$ г, что совпадает с данными в задаче. Итак, Z – это Fe_2O_3 , а W – $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

При обратном порядке добавления растворов K_2CO_3 находится в избытке и при условии интенсивного перемешивания CO_2 выделяться не будет, поскольку будет образовываться кислая соль – гидрокарбонат калия: $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{KHCO}_3$

Если приливать карбонат калия быстро и без перемешивания, то не весь карбонат калия будет успевать реагировать с хлоридом железа, то есть будет создаваться локальный избыток карбоната калия, а следовательно он будет частично снижать выделение CO_2 из раствора.

Уравнения реакций:



**Критерии оценивания**

Определение А, Х и Y	6 баллов	По 2 балла за каждое вещество
Определение Z и W	4 балла	По 2 балла за каждое вещество
Верное объяснение	4 балла	
Уравнение реакций	4 балла	По 1 балла за каждую (в случае неверных коэффициентов в уравнении по 0,5 баллов)
Верное объяснение	4 балла	За объяснение без уравнения реакции – 1 балл.
Всего	22 балла	

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:

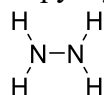
Связь	N-H	N-N	N=N	N≡N	H-H	N-O	H-O	O=O
$E_{\text{св}}$, кДж/моль	389	163	418	946	431	631	498	494

Вопросы:

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

Решения:

- Структурная формула гидразина N_2H_4 :



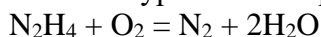
Каталитическое разложение гидразина происходит как реакция

диспропорционирования $3\text{N}_2\text{H}_4 = \text{N}_2 + 4\text{NH}_3$. Остальные варианты не подходят по условию количества вещества, выделившихся газов.

2. Для удобства запишем реакцию на 1 моль гидразина $1\text{N}_2\text{H}_4 = 0,33\text{N}_2 + 1,33\text{NH}_3$
Выделение энергии можно рассчитать из энергий связей исходя из разницы между образованными связями и разорвавшимися

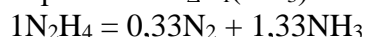
$$Q = E_{\text{св.обр.}} - E_{\text{св.разр.}} = 1/3 * E_{\text{св.}}(\text{N}\equiv\text{N}) + 4/3 * 3 * E_{\text{св.}}(\text{N-H}) - E_{\text{св.}}(\text{N-N}) - 4 * E_{\text{св.}}(\text{N-H}) = 1/3 * E_{\text{св.}}(\text{N}\equiv\text{N}) - E_{\text{св.}}(\text{N-N}) = 1/3 * 946 - 163 = 152,3 \text{ кДж/моль.}$$

3. Запишем уравнение горения гидразина в кислороде



$$Q = E_{\text{св.}}(\text{N}\equiv\text{N}) + 2 * 2 * E_{\text{св.}}(\text{H-O}) - E_{\text{св.}}(\text{N-N}) - 4 * E_{\text{св.}}(\text{N-H}) - E_{\text{св.}}(\text{O=O}) = 946 + 2 * 2 * 498 - 163 - 4 * 389 - 494 = 725 \text{ кДж/моль.}$$

4. Энтальпия образования простых веществ равна нулю, таким образом энтальпия образования $\Delta H_f(\text{NH}_3) = -42,7 \text{ кДж/моль.}$



$$\Delta H_f = \sum \Delta H_f(\text{продукты}) - \sum \Delta H_f(\text{реагенты})$$

$$-152,3 = (4/3 * (-42,7) + 0) - \Delta H_f(\text{N}_2\text{H}_4)$$

$$\Delta H_f(\text{N}_2\text{H}_4) = 95,4 \text{ кДж/моль.}$$

Критерии оценивания

Структура гидразина	2 балла	
Уравнение реакции разложения	2 балла	
Расчет теплоты разложения гидразина	4 балла	
Расчет теплоты реакции сгорания гидразина	4 балла	
Расчет энтальпии образования гидразина	4 балла	
Всего	16 баллов	

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 Fe^{2+} хлорид железа (II)? Какую соль обычно используют в качестве Fe^{2+} в лаборатории и почему?

Справочная информация:

Постоянная Фарадея – 96 485 Кл/моль.

Решения:

- $$2\text{Cr}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 10\text{OH}^- = 2\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}_2\text{O}$$

$$\text{CrO}_4^{2-} + 3\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ = \text{Cr}^{3+} + 3\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$$

$$\text{MnO}_4^- + 5\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + 5\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$$
- Рассчитаем количество Cr^{3+} в аликвоте из данных о титровании. На титрование избытка Fe^{2+} израсходовано $20 \cdot 0,02 : 1000 = 0,0004$ моль KMnO_4 , тогда избыток Fe^{2+} составляет $0,0004 \cdot 5 = 0,002$ моль. Исходно было добавлено $0,005$ моль Fe^{2+} , а значит прореагировало с хромат-анионом $0,005 - 0,002 = 0,003$ моль. Таким образом, количество образовавшегося хромат-аниона составляет $0,003 : 3 = 0,001$ моль. Объем аликвоты в 10 раз меньше исходного объема образца, значит в образце сплава содержалось $0,01$ моль хрома.

Теперь используем данные электролиза, исходя из закона электролиза Фарадея можно рассчитать общее количество электронов, которые восстановили все металлы целиком. $F = I \cdot t / n$, следовательно $n = I \cdot t / F = 0,8 \cdot 4 \cdot 21,2 \cdot 60 / 96485 = 0,0421$ моль. Такое количество вещества электронов необходимо для восстановления половины исходного раствора, для восстановления всего образца сплава потребуется в два раза больше – $0,0843$ моль.

Обозначим количества железа и меди за y и z , соответственно, тогда можем составить систему из двух уравнений:

$$3 \cdot 0,01 + 3y + 2z = 0,0843 \text{ – из данных электролиза}$$

$$52 \cdot 0,01 + 56y + 64z = 2 \text{ – из данных о массе сплава}$$

Решив систему уравнений находим, что $y = n(\text{Fe}) = 0,00644$ моль, а $z = n(\text{Cu}) = 0,01749$ моль. Для определения массовой концентрации рассчитаем массы каждого из металлов:

$$m(\text{Cr}) = 0,01 \cdot 52 = 0,52 \text{ грамма}$$

$$m(\text{Fe}) = 0,00644 \cdot 56 = 0,36 \text{ грамма}$$

$$m(\text{Cu}) = 0,01749 \cdot 64 = 1,12 \text{ грамма, тогда массовые доли:}$$

$$w(\text{Cr}) = 0,52 / 2 \cdot 100\% = 26\%$$

$$w(\text{Fe}) = 0,36 / 2 \cdot 100\% = 18\%$$

$$w(\text{Cu}) = 1,12 / 2 \cdot 100\% = 56\%$$
- Использовать хлорид железа (II) в качестве первичного стандарта нельзя, поскольку он легко подвержен окислению кислородом, входящим в состав воздуха, что будет искажать результаты титрования. Именно поэтому в качестве стандартного источника ионов Fe^{2+} используют более устойчивые на воздухе соли, например, соль Мора $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Критерии оценивания

Уравнения полуреакций	6 баллов	По 2 балла каждая (в случае неверных коэффициентов в уравнении по 1 баллу)
Определение массовых долей металлов в сплаве	8 баллов	Если удалось определить только содержание хрома – 3 балла. При расчете количества вещества электронов в электролизе 2 балла.
Объяснение неустойчивости солей двухвалентного железа	2 балла	

Предложение более стабильного источника двухвалентного железа	2 балла	Помимо соли Мора оцениваются и другие стабильные соли
Всего	18 баллов	

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.

Решения:

1. Существует оригинальный способ сжигания тонких пленок нефти. Под загрязненную поверхность подводят форсунку, из которой под давлением вырывается горючий газ — метан, пропан-бутановая смесь или просто природный газ. Газовый факел поджигают и в пламени газа сгорают и нефтепродукты из пленки. Как видите, ликвидация нефтяных загрязнений — дело дорогое и хлопотное.
2. Механический способ сбора нефти заключается в использовании скиммеров. Специальные устройства скиммеры отделяют нефть от воды, благодаря использованию олеофильных материалов к которым прилипают маслянистые вещества, после чего нефть стекает в емкость для хранения. Метод экологичен, однако требует времени и оборудования.
Биологическая очистка с помощью бактерий-нефтедеструкторов. Микроорганизмы разлагают нефтепродукты на безопасные соединения. Данный метод подходит для труднодоступных зон и минимизирует вторичное загрязнение, однако также дорог и довольно времязатратен.

Критерии оценивания

Предложение способа сжигания пленок нефтепродуктов с обоснованием	4 балла	Оцениваются также и другие разумные и реалистичные варианты
---	---------	---

Предложение 2 способов сбора для утилизации нефтепродуктов	6 баллов	По 3 балла за каждый разумный и реалистичный вариант с объяснением
Всего	10 баллов	