

**8 класс**

8-1.

В начале XVIII века процессы горения объясняли выходящим из горючего флогистон – сверхтонкой материей с отрицательным весом.

- 1) Сравните содержание флогистона (где его больше, где – меньше) в одном фунте сухого дерева, нефти и каменного угля.
- 2) Какова роль зеленых растений в теории флогистона?
- 3) Какая теория горения сменила флогистонную? Когда это произошло?

8-1. Решение

1) Средние теплоты сгорания:

Сухое дерево - 12500 кДж/кг; нефть - 42000 кДж/кг; каменный уголь - 30000 кДж/кг.

Вывод – флогистона больше всего в нефти. Можно пересчитать на 1 фунт (453,6 г), но для ответа не обязательно.

2) По Шталю (Шталь (Stahl), Георг Эрнст 1660 г. – 1734 г.), флогистон выделяется при горении в воздух, откуда «воспринимается» растениями и от них переходит к животным. Здесь он участвует в процессах дыхания, брожения, гниения. Из древесины флогистон возвращается телу (например, «металлической извести» (оксид металла), нагреваемой на куске древесного угля и восстанавливаемой до металла).

3) В 1770-х годах теория флогистона была опровергнута и заменена кислородной теорией горения благодаря работам Антуана Лавуазье.

Подробности из Фигуровского: <http://www.biografia.ru/arhiv/himia30.html>

Баллы по пунктам: 2 + 2 + 1 = 5

8-2.

В древности золотые изделия пытались подделать, заменяя золото позолоченным свинцом. Однако такую подделку легко разоблачить, используя способ, который изобрел, согласно легенде, Архимед.

- 1) Как Архимед мог отличить золото от позолоченного свинца?
- 2) Какой металл надо покрыть золотом, чтобы способ Архимеда не смог разоблачить подделку?
- 3) Возможно ли было существование таких подделок при жизни Архимеда?

8-2. Решение

1) Один из вариантов легенды (<http://sebulfin.com/dobryie-istorii/istoriya-zakona-arhimeda>): Однажды, сиракузский царь Гиерон II поручил своему ювелиру изготовить золотую корону. После изготовления Гиерон подумал: "А не обманул ли меня мой ювелир? Не подмешал ли он в корону значительную часть серебра вместо золота и не прибрал ли ювелир золотишко к рукам?"

Проверить это было поручено Архимеду. Нужно было выяснить, содержит ли корона серебро вместо золота, не разрушая при этом само ювелирное изделие.

Великий математик пришел к Гиерону II и попросил предоставить ему слиток золота и слиток серебра точно такого же веса, что и корона. Потом он наполнил доверху сосуд и положил в него слиток серебра. Вполне понятно, что каков был объем серебряного слитка, такое количество воды и вытекло.

Затем, вынув слиток, он долил в этот сосуд точное количество вытесненной воды, измеряя этот объем секстарием. Таким образом, Архимед определил, какой вес серебра соответствует какому количеству воды.

Затем, он опустил золотой слиток в сосуд и тем же способом, при помощи секстариев, великий математик выяснил, насколько меньший объем занимает слиток золота по сравнению с со слитком серебра аналогичного веса.

После чего, опять наполнив сосуд и опустив в него корону, Архимед определил, что при погружении короны вытекло больше воды, чем при погружении в сосуд золотой массы того же веса.

Заключение "криминалистической экспертизы" Архимеда было следующим. Так как короной вытеснялось большее количество воды, чем золотым слитком, то в золоте, из которого изготовлена корона, содержится примесь серебра.

Для того чтобы установить, выполнил ли ювелир условия договора или уменьшил содержание золота в короне, необходимо знать, о каком составе сплава вначале договорились царь и ювелир.

Плотность золота -  $19,32 \text{ г/см}^3$ , плотность серебра -  $10,49 \text{ г/см}^3$ , свинца  $11,34 \text{ г/см}^3$ .

2) Плотности металлов ( $\text{г/см}^3$ ): золото 19,32, вольфрам 19,30, уран 18,95, плутоний 19,84, платина 21,45, осмий 22,61, иридий 22,57. Таким образом, золотом можно покрыть вольфрам, смесь урана с плутонием (!), или сплав металлов платиновой группы с более легким свинцом. Есть данные, что в настоящее время подделывают золотые слитки, заменяя их покрытым золотом вольфрамом.

3) При жизни Архимеда перечисленные тяжелые металлы не были известны, но была вероятность нахождения самородной платины (например, на Урале). В то же время металлы платиновой группы тугоплавки: температуры плавления платины  $1768^\circ\text{C}$ , осмия  $3033^\circ\text{C}$ , иридия  $2466^\circ\text{C}$ . Поэтому их сплавы вряд ли можно было использовать для подделки ювелирных изделий в Древней Греции.

Баллы по пунктам:  $1 + 2 + 2 = 5$

## 9 класс

9-1.

В романе Жюль Верна «Из пушки на Луну» экипаж «космического корабля» использовал для получения кислорода хлорат калия, а для поглощения углекислого газа – гидроксид натрия.

1) Сколько нужно взять на борт хлората калия, чтобы обеспечить кислородом экипаж из трех человек в течение 96 ч 20 мин и поддерживать пламя ацетиленовой горелки, которая за это время израсходует 6,4 кг карбида кальция?

2) Какое минимальное количество гидроксида натрия потребуется, чтобы поглотить выделяющийся  $\text{CO}_2$ ? Считайте, что человек потребляет 30 л кислорода (н.у.) в час и выделяет столько же  $\text{CO}_2$ .

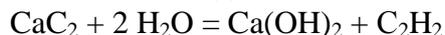
3) Напишите уравнения реакций.

9-1. Решение

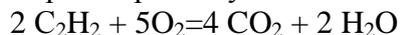
1) Объем потребляемого экипажем кислорода  $3 \cdot 30 \text{ л/ч} \cdot 96,33 \text{ ч} = 8670 \text{ л}$ .

Количество потребляемого экипажем кислорода  $8670 / 22,4 = 387 \text{ моль}$ .

Количество выделяемой экипажем углекислоты 387 моль.



Карбида расходуется  $6400 \text{ г} / (64 \text{ г/моль}) = 100 \text{ моль}$ , ацетилена выделяется 100 моль.



На горение ацетилена кислорода расходуется  $100 \cdot 5/2 = 250 \text{ моль}$ .

Количество потребляемого горелкой кислорода 250 моль.

Количество выделяемой горелкой углекислоты 200 моль.

Общее потребление кислорода  $387 + 250 = 637 \text{ моль}$ .

Разложение хлората без катализатора:



Разложение с катализатором:  $2 \text{KClO}_3 = 2 \text{KCl} + 3 \text{O}_2$  Объем кислорода тот же.

На получение 1 моля кислорода требуется  $2/3$  моль хлората калия.

$m(\text{KClO}_3) = 637 \text{ моль} \cdot 2/3 \cdot 122,5 = 52021 \text{ г}$  ( **52 кг хлората калия** )

2) общее выделение углекислоты  $200 + 387 = 587 \text{ (моль)}$

считая, что гидроксид натрия реагирует в соотношении 1:1:  $\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{NaHCO}_3$

$m(\text{NaOH}) = 587 \cdot 40 = 23480 \text{ г}$  ( **23,5 кг гидроксида натрия** )

Баллы по пунктам:  $2 + 2 + 1 = 5$

9-2.

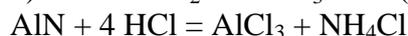
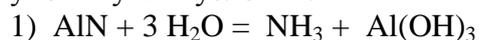
Для получения источников белого света используют ультрафиолетовые светодиоды на основе полупроводников, состоящих из нитридов алюминия, галлия, индия.

1) Какие реакции могут происходить, если размельченный кристалл такого светодиода поместить в кипящую воду? 20%-ную соляную кислоту при комнатной температуре?

2) Какие реакции могут происходить, если в 20%-ную соляную кислоту поместить измельченные кристаллы светодиодов инфракрасного излучения (от пультов дистанционного управления)?

9-2. Решение

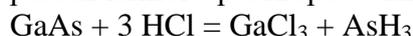
Светодиод состоит из многих веществ, однако рассмотрим реакции только тех, что упомянуты в условии.



Нитриды галлия и индия GaN, InN реагируют аналогично.

2) Светодиоды инфракрасного излучения делают на основе арсенида галлия GaAs.

Ядовитый арсин  $\text{AsH}_3$ , в отличие от аммиака, не дает устойчивых солей и выделяется из разбавленного раствора соляной кислоты:



С концентрированной соляной кислотой возможно образование  $\text{AsCl}_3$  и водорода:



Баллы по пунктам: 3 + 2 = 5

10 класс

10-1.

В охотничьем патроне 12 калибра содержится 5,4 г черного пороха. Внутренний диаметр гильзы 18,5 мм, полная длина 70 мм. Состав пороха: 74,82% нитрата калия, 11,85% серы и 13,33% угля. Средняя плотность смеси равна 0,9 г/см<sup>3</sup>. Тепловой эффект реакции горения пороха составляет 2,8 кДж/г. Известно, что в реакции азот и сера являются окислителями, а углерод восстановителем.

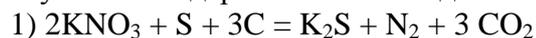
Смесь образующихся пороховых газов имеет среднюю теплоемкость 0,93 Дж/(г·°C), теплоемкость сульфида калия 0,69 Дж/(г·°C), исходная температура равна 25<sup>0</sup>C.

1) Рассчитайте давление в гильзе в момент сгорания пороха (считать, что порох сгорит полностью до начала движения дроби или пули).

2) Известно, что стволы ружей 12 калибра проектируют на максимальное давление 900 атм. Почему результат Вашего расчета не совпадает с проектным значением давления?

10-1. Решение

В условии содержатся лишние данные.



По уравнению из 270 г исходных получается 4 моль газа или 89,6 л при н.у.

Масса газов на 270 г исходных веществ: 28 + 3\*44 = 160 г

Масса пороха в патроне 5,4 г – его объем 5,4 : 0,9 = 6 см<sup>3</sup>.

В патроне выделится газа (при н.у.) 89,6(5,4/270) = 1,792 л или 3,2 г

Тепла выделится 5,4\*2,8 = 15,2 кДж

Повышение температуры газа :

$$(15,2 \text{ кДж}) : [(3,2 \text{ г} * 0,93 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot^\circ\text{C}) + (2,2 \text{ г} * 0,69 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot^\circ\text{C})))] = 3382^\circ\text{C}.$$

Итоговая температура газа 3407<sup>0</sup>C или 3680 К.

Объем газов при 1 атм: 1,792 л(3680/273) = 24,2 л

Поскольку объем пороха 0,006 л, давление газов будет: 1 атм(24,2/0,006) = 4033 атм.

В нескольких решениях были использованы лишние данные условия о габаритах гильзы – в результате использовали объем не 0,006 л (объем пороха), а весь объем гильзы – 18,8 мл или 0,0188 л. При этом получалось заниженное давление – около 1300 атм. Это не правильное решение, потому что остальной объем гильзы занимают пыжи и дробь (или пуля), а не воздух.

2) Не учтены зависимости теплоемкости от температуры. В реальности заряд (дробь или пуля) начинает движение до полного сгорания пороха, т.е. при меньшем давлении. Следовательно, полное сгорание пороха происходит в гораздо большем объеме – это приводит к снижению давления.

Баллы по пунктам:  $3 + 2 = 5$

10-2.

Один из способов извлечения золота со старых печатных плат заключается в следующем:

«Детали нужно отсортировать и с помощью магнита убрать позолоченную сталь.

Очищенные от грязи золотосодержащие платы опускаются на одну неделю в раствор соляной кислоты (две части) и перекиси водорода (одна часть). Ежедневно горшочек с кислотой нужно слегка помешивать. Через неделю раствор темнеет и становятся видны плавающие чешуйки отслоившегося золота. Их нужно пропустить через кофейный фильтр и промыть спиртом.»

1) На каких химических реакциях основан способ?

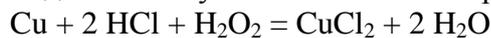
2) Насколько полно извлекается золото из радиодеталей и микросхем данным способом?

3) Оцените пригодность способа для извлечения золота из ювелирных изделий (сплавов золота).

4) Какие преимущества имеет описанный способ по сравнению с другими технологиями извлечения золота из радиодеталей?

10-2. Решение

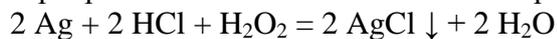
1) Данным способом золото хорошо снимается с медных подложек. При производстве печатных плат перед золочением пластмассовую основу платы покрывают тонким слоем меди. Поэтому способ основан на растворении меди:



Раствор темнеет благодаря образованию хлорида меди. Золото отделяется в виде чешуек. Позолоченные металлические детали убирают при сортировке, потому что растворение, например, железа может занять много времени и сильно загрязнит раствор. Это может помешать фильтрованию чешуек золота.

2) Данным способом извлекается только поверхностный слой золота, но не растворяется золото из корпусов микросхем и других деталей. Извлечение, следовательно, неполное.

3) В ювелирных изделиях содержатся обычно медь и серебро. Медь будет растворяться, но серебро в смеси соляной кислоты с пероксидом водорода даст нерастворимый хлорид:



Хлорид серебра будет мешать фильтрованию золотых чешуек.

4) Преимущество данного способа – использование доступных и не слишком ядовитых и агрессивных реактивов. В отличие от растворения в концентрированной азотной кислоте, обычно применяемого при переработке ювелирных изделий, в процессе не выделяются ядовитые оксиды азота.

Способ хорошо подходит для снятия золота с печатных плат мобильных телефонов.

Баллы по пунктам:  $2 + 1 + 1 + 1 = 5$