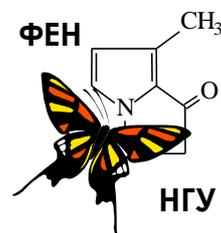




56-я Всесибирская открытая олимпиада школьников
Первый отборочный этап 2017-2018 уч. года
Решения заданий по химии
9 класс



Задача 1. (автор В. А. Емельянов).

1. Нитрат серебра – AgNO_3 – бесцветный раствор (1), сульфат меди – CuSO_4 – голубой раствор (2), бромид цинка – ZnBr_2 – бесцветный раствор (3), хлорид железа(III) – FeCl_3 – желто-коричневый раствор (4).

2. Уравнения реакций: (1) $2\text{AgNO}_3 + \text{Fe} = \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}\downarrow$ или $2\text{Ag}^+ + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + 2\text{Ag}\downarrow$;

(2) $\text{CuSO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}\downarrow$ или $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}\downarrow$;

(3) – реакция не идет, так как цинк в ряду напряжений находится левее железа;

(4) $2\text{FeCl}_3 + \text{Fe} = 3\text{FeCl}_2$ или $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$. Здесь ЮХ промахнулся – для сравнения надо было готовить раствор соли железа(II), тогда реакции бы не было. В нашем же случае идет классическая реакция о-в сопропорционирования, поскольку железо(III) довольно сильный окислитель.

3. Растворы (1), (2) и (4) будут иметь светло-зеленый цвет за счет Fe^{2+} , раствор (3) останется бесцветным. Исходный цвет железной пластинки – серый (серебристо-белый, стальной и т.п.). Пластинка в растворе (1) слабо изменит свой цвет (разве что станет чуть светлее), в растворе (2) будет красного цвета, цвет пластинки в растворах (3) и (4) не изменится. Масса пластинок в пузырьках 1 и 2 увеличится (станет >), в пузырьке 3 – не изменится (=), в пузырьке 4 – уменьшится (<).

4. В растворе (1) на каждый моль осажденного серебра растворяется 0,5 моль железа, поэтому пластинка прибавит в массе на $(108 - 0,5 \cdot 56) \cdot 0,100 \cdot 60 / 1000 = 0,48$ г.

В растворе (2) на каждый моль осажденной меди растворяется 1 моль железа, поэтому пластинка прибавит в массе на $(63,5 - 56) \cdot 0,100 \cdot 60 / 1000 = 0,045$ г. Если взять округленную молярную массу меди 64 г/моль, то получится 0,048 г.

В растворе (4) на каждый моль железа(III) растворяется 0,5 моль металлического железа, поэтому пластинка потеряет в массе $0,5 \cdot 56 \cdot 0,100 \cdot 60 / 1000 = 0,168$ г.

Система оценивания:

1. Формулы солей по 0,5 б., цвета исходных растворов по 0,5 б.	$0,5 \times 4 + 0,5 \times 4 = 4$ б.
2. Уравнения реакций и указание на ее отсутствие по 1 б. (если неверно записана только формула аниона, то за уравнение балл полный)	$1 \times 4 = 4$ б.
3. Цвета пластинок и растворов по 0,5 б., кач. изменение массы по 1 б.	$0,5 \times 8 + 1 \times 4 = 8$ б.
4. Изменения масс пластинок по 2 б.	$2 \times 3 = 6$ б.
Всего	22 балла

Задача 2. (авторы П.А. Демаков, В. А. Емельянов).

1. Массовые доли железа и серы в пирите $w_{\text{Fe}} = M_{\text{Fe}} / M_{\text{FeS}_2} = 56 / (56 + 2 \cdot 32) = 0,467$ или 46,7 %, $w_{\text{S}} = M_{\text{S}} / M_{\text{FeS}_2} = 2 \cdot 32 / (56 + 2 \cdot 32) = 0,533$ или 53,3 %; в халькопирите $w_{\text{Fe}} = M_{\text{Fe}} / M_{\text{CuFeS}_2} = 56 / (64 + 56 + 2 \cdot 32) = 0,304$ или 30,4 %, $w_{\text{S}} = M_{\text{S}} / M_{\text{CuFeS}_2} = 2 \cdot 32 / (64 + 56 + 2 \cdot 32) = 0,348$ или 34,8 %.

2. Содержание меди в борните $100 - 25,56 - 11,13 = 63,31$ %, в халькопирите $w_{\text{Cu}} = M_{\text{Cu}} / M_{\text{CuFeS}_2} = 64 / (64 + 56 + 2 \cdot 32) = 0,348$ или 34,8 %. Один килограмм меди будет содержаться в $1 / 0,6331 = 1,580$ кг борнита и в $1 / 0,348 = 2,874$ кг халькопирита.

В борните меди почти в 2 раза больше, да еще и плотность его больше, поэтому и без точного расчета видно, что объем образца борнита будет меньше.

Для определения соотношения объемов образцов их массы надо поделить на плотности и взять отношение большего к меньшему: $2,874 / 4,30 : 1,580 / 5,09 = 0,6684 : 0,3104 = 2,15$. То есть объем образца борнита будет в 2,15 раза меньше.

3. Уравнения реакций: а) $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{800^\circ\text{C}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$;



4. В 1 м³ содержится (10²)³ = 10⁶ см³. Масса 96 % раствора серной кислоты в цистерне составит 30*1,836*10⁶ = 55,08*10⁶ г или 55,08 тонн. Масса вещества чистой серной кислоты в цистерне 0,96*55,08*10⁶ г = 52,88*10⁶ г, ее количество 52,88*10⁶/98 = 5,40*10⁵ моль.

Поскольку пирит содержит два атома серы, его количество будет в два раза меньше, т.е. 2,7*10⁵ моль, а масса составит 120*2,7*10⁵ = 32,4*10⁶ г или 32,4 тонн.

5. При 100 % выходе руды потребуется 32,4/0,3 = 108 тонн, при 90 % выходе 108/0,9 = 120 тонн.

6. По условию задачи, в кубаните, борните и халькопирите элементы одинаковые, следовательно, кубанит тоже содержит медь, массовая доля которой 100-41,15-35,44 = 23,41 %. Алгоритм расчета формулы можно составить, представив навеску минерала массой 100 г. Эта навеска будет содержать 41,15 г железа, 35,44 г серы и 23,41 г меди. Количества молей атомов каждого элемента в этой навеске легко находятся, если поделить массу элемента на его атомную массу: Fe – 41,15/56 = 0,74; S – 35,44/32 = 1,11; Cu – 23,41/64 = 0,37. Соотноситься между собой эти количества атомов будут, как Fe:S:Cu = 0,74:1,11:0,37. Поделив все эти числа на наименьшее из них, получим соотношение в целых числах 2:3:1. То есть, формула кубанита CuFe₂S₃.

Борнит: n(Cu):n(Fe):n(S) = (63,31/64):(11,13/56):(25,56/32) = 0,99:0,20:0,80 = 5:1:4. Формула Cu₅FeS₄.

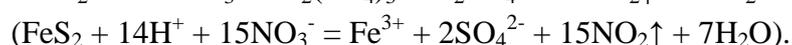
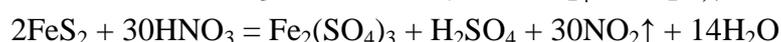
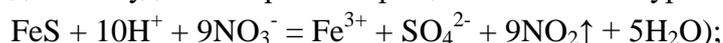
Троилит: w(Fe) + w(S) = 100 %. n(Fe):n(S) = (63,52/56):(36,48/32) = 1:1. Формула FeS.

Аргентопирит: название подталкивает к мысли, что в этом минерале есть серебро. Если это так, то его 100-35,37-30,47 = 34,16 %. Проверим соотношение: n(Ag):n(Fe):n(S) = (34,16/108):(35,37/56):(30,47/32) = 0,32:0,63:0,95 = 1:2:3. Формула AgFe₂S₃. Можно считать и по-другому, так, как это далее проделано для расвумита.

Расвумит: n(Fe):n(S) = (45,22/56):(38,95/32) = 2:3. M_{остатка} = (2*56/0,4522)-2*56-3*32 = 39,7 ≈ M_K, тем более, что в тексте задачи сказано, что породы богаты калием (отклонение за счет округления атомных масс). Формула KFe₂S₃.

7. Уравнения реакций: 3FeS + 30HNO₃ = Fe₂(SO₄)₃ + Fe(NO₃)₃ + 27NO₂↑ + 15H₂O или

FeS + 12HNO₃ = Fe(NO₃)₃ + H₂SO₄ + 9NO₂↑ + 5H₂O (Здесь и далее в продуктах засчитываются и сульфаты, и нитраты металлов в правильных степенях окисления и серная кислота. Коэффициенты должны удовлетворять сокращенным ионным уравнениям:



Система оценивания:

1. Массовые доли железа и серы в пирите и халькопирите по 0,5 б.	0,5×4 = 2 б.
2. Массы образцов по 1 б., объем борнита меньше 1 б., в 2,15 раза 1 б.	1×2+1+1 = 4 б.
3. Уравнения реакций по 1 б.	1×3 = 3 б.
4. Масса и количество серной кислоты по 1 б., масса пирита 2 б.	1×2+2 = 4 б.
5. Масса руды с разным выходом по 1 б.	1×2 = 2 б.
6. Общие формулы минералов по 2 б.	2×5 = 10 б.
7. Уравнения реакций по 2 б. (если неверные коэффициенты, но продукты в правильных степенях окисления, то 1 б., уравнение в сокращенной ионной форме засчитывается)	2×2 = 4 б.
Всего	29 баллов

Задача 3. (авторы В.Н. Конев, В.А. Емельянов).

1. Учитывая принятые допущения, получаем: для нагрева мороженого массой 100 г от -20 °С до +36,6 °С необходимо: Q = c*m*ΔT = 4,2 (кДж/кг·К) · 0,1 кг · 56,6 = 23,8 кДж тепла. При этом температура тела человека массой 50 кг + 0,1 кг (плюс масса съеденного мороженого) понизится на температуру ΔT = Q/(c*m) = 23,8 кДж / (4,2 (кДж/кг·К) · 50,1 кг) = 0,1 К.

2. Оценим, сколько тепла выделяется при сгорании в организме человека съеденной порции:

$Q_{\text{сгор. белка}} = 4 \text{ ккал/г} \cdot 4,2 \text{ ккал/кДж} \cdot 4 \text{ г} = 67,2 \text{ кДж (16 ккал)}$; $Q_{\text{сг. угл.}} = 4 \text{ ккал/г} \cdot 4,2 \text{ ккал/кДж} \cdot 30 \text{ г} = 504 \text{ кДж (120 ккал)}$; $Q_{\text{сгор. жиров}} = 9 \text{ ккал/г} \cdot 4,2 \text{ ккал/кДж} \cdot 14 \text{ г} = 529,2 \text{ кДж (126 ккал)}$.

Таким образом, суммарно $Q_{\text{сгор. 100 г пломбира}} = 67,2 + 504 + 529,2 = 1100,4 \text{ кДж}$ или 262 ккал.

3. Температура тела человека повысилась бы на $\Delta T = 1100,4 \text{ кДж} / (4,2 \text{ (кДж/кг}\cdot\text{К)} \cdot 50,1 \text{ кг}) = 5,2 \text{ К}$.

4. Если бы было возможно съесть мороженое очень быстро, а усвоение питательных веществ было полным и мгновенным, то температура тела после съедания 100 г классического пломбира повысилась бы на $5,2 - 0,1 = 5,1 \text{ К}$ и стала бы равна $36,6 + 5,1 = 41,7 \text{ }^\circ\text{C}$.

5. Оценим, сколько тепла нужно для нагрева 250 мл воды с температурой $+4 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+36,6 \text{ }^\circ\text{C}$:

$Q = 4,2 \text{ (кДж/кг}\cdot\text{К)} \cdot 0,25 \text{ кг} \cdot 32,6 \text{ К} = 34,2 \text{ кДж}$. При этом температура тела человека массой 50 кг понизится на $\Delta T = 34,2 \text{ кДж} / (4,2 \text{ (кДж/кг}\cdot\text{К)} \cdot 50,25 \text{ кг}) = 0,162 \approx 0,2 \text{ К} = 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

6. Уравнения реакций полного сгорания в избытке кислорода:

- для белка: $4\text{C}_{81}\text{H}_{125}\text{O}_{39}\text{N}_{22} + 371\text{O}_2 = 324\text{CO}_2 + 250\text{H}_2\text{O} + 44\text{N}_2$;

- для углеводов: $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + 12\text{O}_2 = 12\text{CO}_2 + 11\text{H}_2\text{O}$;

- для жиров: $\text{C}_{55}\text{H}_{104}\text{O}_6 + 78\text{O}_2 = 55\text{CO}_2 + 52\text{H}_2\text{O}$.

7. $Q_{\text{сгор. жиров}} = 9 \text{ ккал/г} \cdot 4,2 \text{ ккал/кДж} = 37,8 \text{ кДж/г}$ или $37,8 \text{ кДж/г} \cdot 861 \text{ г/моль} = 32500 \text{ кДж/моль}$.

8. По следствию из закона Гесса получаем (см. уравнение сгорания):

$Q_{\text{сгор. жиров}} = 52Q_{\text{обр. (H}_2\text{O)}} + 55Q_{\text{обр. (CO}_2)} - 78Q_{\text{обр. (O}_2)} - Q_{\text{обр. (C}_{55}\text{H}_{104}\text{O}_6)}$.

Следовательно, $Q_{\text{обр. (C}_{55}\text{H}_{104}\text{O}_6)} = 52Q_{\text{обр. (H}_2\text{O)}} + 55Q_{\text{обр. (CO}_2)} - Q_{\text{сгор. жиров}} - 78Q_{\text{обр. (O}_2)} = 52 \cdot 286 + 55 \cdot 394 - 32500 - 78 \cdot 0 = 4042 \text{ кДж/моль}$.

9. Проще всего вычислить время, которое потребуется второму карапузу.

Для этого массу мороженого надо поделить на скорость его поедания, в результате чего получим $t_2 = 100 \text{ г} / 0,25 \text{ г/с} = 400 \text{ с}$.

Поскольку первый карапуз полностью прожевывает и проглатывает 7,4 г мороженого за 30 с, можно считать, что его скорость поглощения мороженого составляет $7,4 \text{ г} / 30 \text{ с} = 0,247 \text{ г/с}$, и он полностью доест мороженое за $t_1 = 100 \text{ г} / 0,247 \text{ г/с} = 405 \text{ с}$.

Очевидно, что второй карапуз свое мороженое съест быстрее, и этот вывод можно было сделать уже из сравнения скоростей его поедания. Однако, в задании не спрашивалось, кто из них быстрее съест мороженое. В ответе на «бонусный» вопрос этого задания Вам, по сути, требовалось оценить, у кого из них раньше освободится палочка. Как мы уже посчитали ранее, у второго карапуза она освободится через 400 с. А вот первому, чтобы освободить палочку, требуется $100/7,4 = 13,5$, т. е. 14 «укусов». Первый укус он делает в начальный момент времени (на «первой» секунде), и затем 30 с его жует и глотает. Это значит, что за $t = 13 \text{ укусов} \cdot 30 \text{ с/укус} = 390 \text{ с}$ он расправится с мороженым настолько, что на палочке останется меньше, чем на «один укус». В следующую секунду он спокойно отправит оставшийся кусочек мороженого в рот и пойдет выбрасывать ненужную палочку на 10 секунд раньше, чем второй карапуз. Автор задания потому и заключил слово «бонусный» в кавычки, потому что ответ на этот вопрос вовсе не так прост, как могло показаться на первый взгляд.

Система оценивания:

1. Количество тепла 2 б., снижение температуры тела 2 б.	4 б.
2. Суммарная калорийность в каких-то одних единицах 4 б. (за компоненты в кал или Дж по 1 б.), пересчет в другие 1 б.	4+1 = 5 б.
3. Увеличение температуры тела за счет калорийности 2 б.	2 б.
4. Температура тела после поедания мороженого 2 б.	2 б.
5. Изменение температуры тела после питья 2 б.	2 б.
6. Уравнения реакций по 2 б. (если неверные коэффициенты, то по 0,5 б.)	2×3 = 6 б.
7. Тепловой эффект реакции сгорания жира 2 б.	2 б.
8. Теплота образования жира 4 б.	4 б.
9. Времена полного съедания мороженого по 2 б., ответ «первый» 1 б., пояснение 2 б. Ответ «второй» оценивается в 0 б.	2×2+1+2 = 7 б.
Всего	34 балла