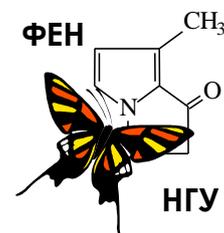




56-я Всесибирская открытая олимпиада школьников  
Первый отборочный этап 2017-2018 уч. года  
Решения заданий по химии  
8 класс



**Задача 1.** (автор В. А. Емельянов).

1-2. Нитрат серебра –  $\text{AgNO}_3$  – бесцветный раствор (1), сульфат меди –  $\text{CuSO}_4$  – голубой раствор (2), бромид цинка –  $\text{ZnBr}_2$  – бесцветный раствор (3), соляная (хлороводородная) кислота –  $\text{HCl}$  – бесцветный 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)  $2\text{HCl} + \text{Fe} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$  или  $2\text{H}^+ + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\uparrow$ .

3. Растворы (1), (2) и (4) будут иметь светло-зеленый цвет за счет  $\text{Fe}^{2+}$ , 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 соляной кислоты 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. Названия солей и кислоты по 0,5 б.	0,5 × 4 = 2 б.
2. Цвета исходных растворов по 0,5 б.	0,5 × 4 = 2 б.
3. Уравнения реакций и указание на ее отсутствие по 1 б.	1 × 4 = 4 б.
4. Цвета пластинок и растворов по 0,5 б.	0,5 × 8 = 4 б.
5. Качественное изменение массы по 1 б.	1 × 4 = 4 б.
6. Изменения масс пластинок по 2 б.	2 × 3 = 6 б.
<b>Всего</b>	<b>22 балла</b>

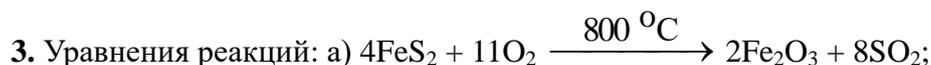
**Задача 2.** (авторы П.А. Демаков, В. А. Емельянов).

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.



4. В  $1\text{ м}^3$  содержится  $(10^2)^3 = 10^6\text{ см}^3$ . Масса 96 % раствора серной кислоты в цистерне составит  $30 \cdot 1,836 \cdot 10^6 = 55,08 \cdot 10^6\text{ г}$  или 55,08 тонн. Масса вещества чистой серной кислоты в цистерне  $0,96 \cdot 55,08 \cdot 10^6\text{ г} = 52,88 \cdot 10^6\text{ г}$ .

Количество серной кислоты в цистерне  $52,88 \cdot 10^6 / 98 = 5,40 \cdot 10^5$  моль. Поскольку пирит содержит два атома серы, его количество будет в два раза меньше, т.е.  $2,7 \cdot 10^5$  моль, а масса составит  $120 \cdot 2,7 \cdot 10^5 = 32,4 \cdot 10^6\text{ г}$  или 32,4 тонн.

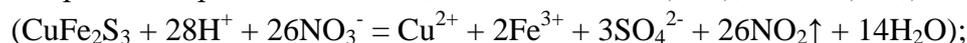
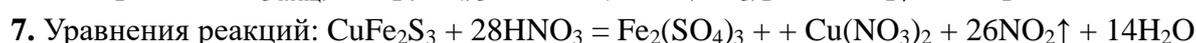
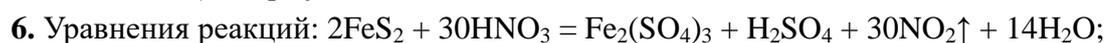
5. По условию задачи, в кубаните, борните и халькопирите элементы одинаковые, следовательно, кубанит тоже содержит медь, массовая доля которой  $100 - 41,15 - 35,44 = 23,41\%$ . Алгоритм расчета формулы можно составить, представив навеску минерала массой 100 г. Эта навеска будет содержать 41,15 г железа, 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  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$ .

Борнит:  $n(\text{Cu}):n(\text{Fe}):n(\text{S}) = (63,31/64):(11,13/56):(25,56/32) = 0,99:0,20:0,80 = 5:1:4$ . Формула  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ .

Троилит:  $w(\text{Fe}) + w(\text{S}) = 100\%$ .  $n(\text{Fe}):n(\text{S}) = (63,52/56):(36,48/32) = 1:1$ . 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:  $n(\text{Ag}):n(\text{Fe}):n(\text{S}) = (34,16/108):(35,37/56):(30,47/32) = 0,32:0,63:0,95 = 1:2:3$ . Формула  $\text{AgFe}_2\text{S}_3$ . Можно считать и по-другому, так, как это далее проделано для расвумита.

Расвумит:  $n(\text{Fe}):n(\text{S}) = (45,22/56):(38,95/32) = 2:3$ .  $M_{\text{остатка}} = (2 \cdot 56 / 0,4522) - 2 \cdot 56 - 3 \cdot 32 = 39,7 \approx M_{\text{K}}$ , тем более, что в тексте задачи сказано, что породы богаты калием (отклонение за счет округления атомных масс). Формула  $\text{KFe}_2\text{S}_3$ .



$(\text{Cu}_5\text{FeS}_4 + 42\text{H}^+ + 37\text{NO}_3^- = 5\text{Cu}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + 4\text{SO}_4^{2-} + 37\text{NO}_2\uparrow + 21\text{H}_2\text{O})$ . В схемах в качестве продуктов 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.	$0,5 \times 4 = 2\text{ б.}$
2. Массы образцов по 1 б., объем борнита меньше 1 б., в 2,15 раза 1 б.	$1 \times 2 + 1 + 1 = 4\text{ б.}$
3. Уравнения реакций по 1 б.	$1 \times 3 = 3\text{ б.}$
4. Масса серной кислоты 2 б., масса пирита 2 б.	$2 + 2 = 4\text{ б.}$
5. Общие формулы минералов по 2 б.	$2 \times 5 = 10\text{ б.}$
6. Верные коэффициенты по 2 б.	$2 \times 2 = 4\text{ б.}$
7. Схемы реакций по 2 б., верные коэффициенты по 2 б.	$2 \times 2 + 2 \times 2 = 8\text{ б.}$
<b>Всего</b>	<b>35 баллов</b>

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

1. Учитывая принятые допущения, получаем: для нагрева мороженого массой 100 г от  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  до  $+36,6\text{ }^\circ\text{C}$  необходимо:  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 4,2\text{ (кДж/кг}\cdot\text{К)} \cdot 0,1\text{ кг} \cdot 56,6 = 23,8\text{ кДж}$  тепла. При этом температура тела человека массой 50 кг + 0,1 кг (плюс масса съеденного мороженого) понизится на температуру  $\Delta T = Q / (c \cdot m) = 23,8\text{ кДж} / (4,2\text{ (кДж/кг}\cdot\text{К)} \cdot 50,1\text{ кг}) = 0,1\text{ К}$ .

2. Оценим, сколько тепла выделяется при сгорании в организме человека содержимого 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:  $4\text{C}_{81}\text{H}_{125}\text{O}_{39}\text{N}_{22} + 371\text{O}_2 = 324\text{CO}_2 + 250\text{H}_2\text{O} + 44\text{N}_2$ ;



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

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

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

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

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.	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.
<b>Всего</b>	<b>34 балла</b>