

# Республиканская олимпиады Юниоры-2019. Районный этап. Решения теоретического тура.

## Раздел №1. Материя (7 баллов)

Вся материя состоит из атомов. На данном этапе изучения естественных наук можно смело предполагать, что атомы являются элементарными частицами из которых выстраивается все, что нас окружает.

1. На основании какой величины построена периодическая таблица? (1 балл)

Периодическая таблица построена по возрастанию порядкового номера или заряда ядра элементов.

В природе встречаются три изотопа урана:  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  и  $^{18}\text{O}$ .

2. Найдите количество протонов, нейтронов и электронов в каждом из этих изотопов (2 балла)

$^{16}\text{O}$ : 8 протонов, 8 электронов, 8 протонов (0.3 балла)

$^{17}\text{O}$ : 8 протонов, 8 электронов, 9 нейтронов (0.3 балла)

$^{18}\text{O}$ : 8 протонов, 8 электронов, 10 нейтронов (0.3 балла)

Дополнительные 0.2 балла выдаются если нет ни одной ошибки. Всего 2 балла.

При этом, особый интерес у химиков вызывают электроны и их расположение в атомах элементов, ибо именно они участвуют в образовании химических связей.

3. Напишите полную электронную конфигурацию атома фосфора, а так же ионов  $\text{P}^{3-}$ ,  $\text{P}^{3+}$ ,  $\text{P}^{5+}$  (2 балла)

Атом фосфора имеет порядковый номер 15, значит у него 15 электронов.

$\text{P}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$  (0.5 балла)

$\text{P}^{3-}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  (0.5 балла)

$\text{P}^{3+}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$  (0.5 балла)

$\text{P}^{5+}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6$  (0.5 балла)

Парацетамол – лекарственное средство, оказывающее жаропонижающий эффект.

4. Найдите молярную массу парацетамола, если известно, что его формула  $C_8H_9NO_2$  (1 балл).

$$M_r(C_8H_9NO_2) = 8 * 12.01 + 9 * 1.008 + 14.01 + 2 * 16.00 = 135.162 \text{ г/моль (1 балл)}$$

0.2 балла если использованы округленные значения и получен ответ 135 г/моль.

Максимальная дозировка парацетамола в обычной таблетке – 500 мг.

5. Сколько молекул парацетамола попадает в организм Ербола, когда он выпивает две таблетки парацетамола? (1 балл)

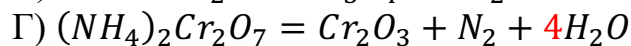
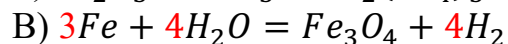
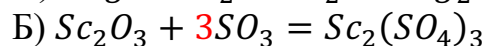
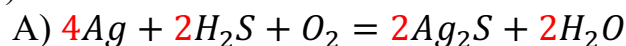
Две таблетки содержат 1000 мг или 1 г парацетамола. Количество молекул определяется из закона Авогадро:

$$N = \nu(\text{парацетамол}) * N_a = \frac{m(\text{парацетамол})}{M_r(\text{парацетамол})} * N_a$$
$$= \frac{1 \text{ г}}{135.162 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} * 6.022 * 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 4.46 * 10^{21} \text{ (1 балл)}$$

## Раздел №2. Взаимодействие материи (13 баллов)

Химические реакции – удобный и простой способ отслеживать превращения материи.

6. Найдите коэффициенты следующих химических превращений (4 балла)



По 1 баллу за коэффициенты каждой реакции

7. Рассчитайте массу чистого железа, которое можно получить из 5 тонн магнетита – руды, содержащей 80%  $Fe_3O_4$ , если выход железа составляет 81%. (5 баллов)

5 тонн магнетита содержит  $0.8 * 5 = 4$  тонны  $Fe_3O_4$  (1 балл)

$$M_r(Fe_3O_4) = 3 * 55.85 + 4 * 16 = 231.55 \text{ г/моль}$$

В теории из 231.55 г оксида может получиться  $3 \cdot 55.85 = 167.55$  грамм железа

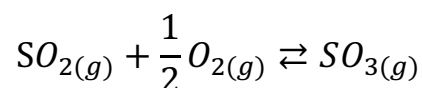
Тогда из 4 тонн оксида можно получить  $x$  тонн железа.

По пропорции  $x = \frac{4 \cdot 167.55}{231.55} = 2.89$  тонн. (3 балла) Известно, что выход процесса составляет 81%. Тогда на практике можно получить  $0.81 \cdot 2.89 = 2.34$  тонны чистого железа (1 балл)

Всего 5 баллов.

Одним из пагубных эффектов большого количества промышленных предприятий является выброс большого количества диоксида серы в атмосферу. В дальнейшем, это соединение может окисляться в верхних слоях атмосферы с образованием триоксида серы, который в свою очередь может соединяться с молекулами воды в тучевых облаках и выпадать обратно на землю в качестве кислотного дождя.

Уравнение реакции окисления диоксида серы выглядит следующим образом:



Известно, что данная реакция характеризуется следующими термодинамическими параметрами:

$$\Delta_r H^\circ = -98.89 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta_r S^\circ = -94.04 \text{ Дж/(К * моль)}$$

8. Протекает ли реакция при  $0^\circ\text{C}$ ? А при  $1000^\circ\text{C}$ ? Определите критическую температуру, при которой реакция перестает быть термодинамически спонтанной (3 балла)

При  $0^\circ\text{C}$  (273К):

$$\Delta_r G^\circ = -98.89 - 273 * \frac{(-94.04)}{1000} = -73.22 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \text{ (да протекает, 1 балл)}$$

При  $1000^\circ\text{C}$  (1273К):

$$\Delta_r G^\circ = -98.89 - 1273 * \frac{(-94.04)}{1000} = 20.82 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} \text{ (нет, не протекает, 1 балл)}$$

Критическая температура наблюдается тогда, когда

$$-98.89 - x * \frac{-94.04}{1000} = 0 \text{ или } x = 1051.6 \text{ К (1 балл)}$$

Температура верхних слоев атмосферы приблизительно равна 0°C. При данной температуре в равновесии были обнаружены следующие парциальные давления компонентов:

$$\begin{aligned}p_{O_2} &= 0.2 \text{ бар} \\p_{SO_2} &= 1.23 * 10^{-15} \text{ бар} \\p_{SO_3} &= 5.63 * 10^{-2} \text{ бар}\end{aligned}$$

9. Оцените константу равновесия данной реакции при данной температуре (1 балл)

$$K_p = \frac{p_{SO_3}}{p_{SO_2} * p_{O_2}^{1/2}} = \frac{5.63 * 10^{-2}}{1.23 * 10^{-15} * 0.2^{0.5}} = 1.024 * 10^{14} \text{ (1 балл)}$$

### Раздел №3. Общие задачи (7 баллов)

Ербол растворил 0.1 г NaOH в 100 мл дистиллированной воды, а на колбу наклеил бумажку с надписью: *Раствор №1*

10. Считая диссоциацию щелочи полной, определите pH данного раствора (*раствор №1*) (3 балла)

0.1г NaOH в 100 мл образуют раствор с концентрацией NaOH

$$C(NaOH) = \frac{m}{M * V} = \frac{0.1 \text{ г}}{40 \frac{\text{г}}{\text{моль}} * 0.1 \text{ л}} = 0.025 \text{ М (1 балл)}$$

При полной диссоциации  $[OH^-] = C(NaOH) = 0.025 \text{ М}$

Тогда  $pOH = -\log[OH^-] = 1.60$  (1 балл)

А  $pH = 14 - pOH = 14 - 1.60 = 12.4$  (1 балл)

Затем Ербол нашел в подвале 100 мл старенького раствора соляной кислоты. На колбе было написано: «Соляная к-та. 0.001 М». Ербол пометил эту колбу надписью: *Раствор №2*

11. Считая диссоциацию кислоты полной, определите pH данного раствора (*раствор №2*) (1 балл)

Аналогично  $pH = -\log[H^+] = 3$  (1 балл)

Будучи любознательным ребенком, Ербол захотел смешать эти два раствора.

12. Какая реакция произойдет при смешении *раствора №1* и *раствора №2*? (1 балл)

Реакция нейтрализации



Ербол захотел добавить красок в свою жизнь и поэтому решил добавить пару капель индикатора, который он нашел в том же подвале. На этикетке было написано: «Бутиратовый синий.  $pInd = 5.8$  (розовый  $\rightarrow$  синий)».

13. В какой цвет превратился *раствор №2* при добавлении пяти капель индикатора? Будет ли меняться цвет при постепенном добавлении *раствора №1* к *раствору №2*? Если да, то с какого в какой? (2 балла)

Значение  $pInd$  указывает значение  $pH$  при котором происходит указанный переход.  $pH$  раствора *№2* ниже 5.8, значит изначально цвет будет розовым (1 балл)

При добавлении раствора  $\text{NaOH}$  (который у нас в избытке)  $pH$  будет постепенно подниматься и достигнет значений больших чем 5.8. Следовательно, произойдет смена окраски из розовой в синюю (1 балл).