

**Материалы заданий Всероссийского конкурса научных работ школьников
Юниор 2015-2016 учебного года.
Естественные науки**

Общая характеристика заданий

В рамках всероссийского конкурса научных работ школьников Юниор проводится два конкурсных мероприятия. Это

(1) защита подготовленного научного проекта либо по биологии, либо по химии перед членами жюри конкурса;

(2) предметной олимпиады в рамках профиля конкурса (биология и химия).

Согласно положению о Конкурсе олимпиада дает вклад 50 %, защита проекта – 50 % в итоговую оценку.

Олимпиадное задание участников конкурса было комплексным и содержало задания по биологии, экологии и химии, проверяя знания участниками обеих этих дисциплин. Вклад каждой дисциплины в итоговую оценку был одинаковым. Задачи олимпиадного задания значительно различаются по сложности, причем как простые так и сложные задачи обязательно были новыми и оригинальными и требовали для своего решения глубоких знаний программы и умения их творчески применять. Такая форма задания позволяет, с одной стороны, наиболее точно проранжировать участников олимпиады и выявить наиболее талантливых и способных из них.

Для оценки научного проекта члены жюри заслушивают каждого участника конкурса, задают вопросы, обсуждают с участником постановку задачи, методы решения и результаты. Для более точной оценки лучших участников, претендующих на высокие места, члены жюри слушают дважды.

Ниже приведены задания олимпиадной части конкурса и тезисы научных проектов лучших участников.

**Олимпиадное задание
Заключительного тура Всероссийского конкурса научных работ школьников
Юниор по естественным наукам
2015-16 учебного года**

ХИМИЯ

9 класс

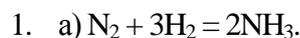
1. (10 баллов) В реакцию с $9,03 \cdot 10^{22}$ молекулами водорода вступили $3,0 \cdot 10^{22}$ молекул азота. Полученный аммиак (NH_3) растворили в 0,4 л дистиллированной воды (плотность ее принять равной 1).

а) Вычислите количество, массу и число отдельных молекул аммиака, образовавшихся в результате реакции.

б) Вычислите массовую долю и молярную концентрацию аммиака в растворе, предполагая, что его объем не изменился (равен 0,4 л).

2. (15 баллов) Тонкоизмельченную смесь алюминия и железной окалины (Fe_3O_4), применяют для сварки металлических изделий, поскольку при поджигании этой смеси выделяется большое количество теплоты и развивается высокая температура. Рассчитайте минимальную массу термитной смеси, которую необходимо взять для того, чтобы выделилось 665,26 кДж теплоты в процессе алюмотермии, если теплоты образования Fe_3O_4 и Al_2O_3 равны 1117 кДж/моль и 1670 кДж/моль соответственно.

Ответы и решения



Из 1 моль азота и 3 моль водорода при 100% выходе реакции должно быть получено 2 моль аммиака.

Определим количество моль водорода и азота, которые вступили в реакцию:

$$\nu_{\text{H}_2} = \frac{9,03 \cdot 10^{22}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,15 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{N}_2} = \frac{3,0 \cdot 10^{22}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,05 \text{ моль}$$

Водород и кислород вступили в реакцию в соотношении 3:1, следовательно в соответствии со стехиометрией реакции образовалось 0,1 моль NH_3 .

Определим массу аммиака и число молекул

$$m_{\text{NH}_3} = c \cdot 17 = 1,7 \text{ г.}$$

$$N_{\text{NH}_3} = \nu_{\text{NH}_3} \cdot N_A = 0,1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{22}$$

б) Масса полученного раствора равна

$$m_{\text{р-ра}} = m_{\text{NH}_3} + m_{\text{вод}} = 1,7 + 400 = 401,7 \text{ г;}$$

Массовая доля аммиака:

$$\omega_{\text{NH}_3} = \frac{m_{\text{NH}_3}}{m_{\text{р-ра}}} = \frac{1,7}{401,7} = 0,0042 \text{ или } 0,42 \%$$

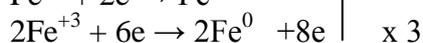
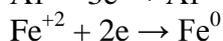
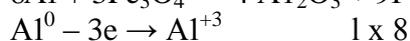
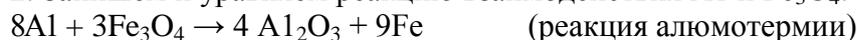
Молярная концентрация

$$C_{\text{NH}_3} = \frac{\nu_{\text{NH}_3}}{V} = \frac{0,1}{0,4} = 0,25 \text{ моль/л}$$

Ответ: а) $\nu_{\text{NH}_3} = 0,1$ моль, $m_{\text{NH}_3} = 1,7$ г, $N_{\text{NH}_3} = 6,02 \cdot 10^{22}$

б) $\omega_{\text{NH}_3} = 0,0042$ или 0,42 %, $C_{\text{NH}_3} = 0,25$ моль/л

2. Запишем и уравняем реакцию взаимодействия Al и Fe_3O_4 :



Обозначим количество моль Al в термитной смеси через x , а количество моль Fe_3O_4 – y . Выразим y через x , в соответствии со стехиометрическими коэффициентами уравнения:

$$y = \frac{x}{8}$$

Выразим, используя закон Гесса, количество выделившегося тепла через стандартные теплоты образования и количества, вступивших в реакцию веществ:

$$Q = \frac{\Delta}{\nu} Q_{\text{обр}}(\text{Al}_2\text{O}_3) - y Q_{\text{обр}}(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 665,23 \text{ кДж}$$

или $Q = \frac{\Delta}{\nu} Q_{\text{обр}}(\text{Al}_2\text{O}_3) - \frac{\Delta}{\nu} Q_{\text{обр}}(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 665,23 \text{ кДж}$

Отсюда $x = 1,6$ моль, $y = 0,6$ моль

$$\nu(\text{Al}) = x = 1,6 \text{ моль}, \nu(\text{Fe}_3\text{O}_4) = y = 0,6 \text{ моль},$$

Рассчитаем массы Al и Fe₃O₄ в термитной смеси:

$$m(\text{Al}) = \nu(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) = 1,6 \cdot 27 = 43,2 \text{ г}$$

$$m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \nu(\text{Fe}_3\text{O}_4) \cdot M(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0,6 \cdot 232 = 139,2 \text{ г}$$

Найдем массу смеси

$$m_{\text{смеси}} = m(\text{Al}) + m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 43,2 + 139,2 = 182,4 \text{ г}$$

Ответ: $m_{\text{смеси}} = 182,4 \text{ г}$

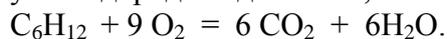
10 класс

1. (10 баллов) Для полного сгорания смеси гексена-1 и циклогексана потребовалось 80,64 л кислорода (н.у.). Такое же количество смеси может обесцветить 500 г 3,2%-ного раствора брома в воде. Определите состав исходной смеси (в массовых долях).

2. (15 баллов) При электролизе горячего раствора хлорида калия получено 4,9 г бертолетовой соли и 6,9 г перхлората калия. Определите объем водорода, выделившегося при электролизе, если никакие другие газы не выделялись.

Ответы и решения

1. Запишем реакцию горения гексена-1 и циклогексана. Так как молекулярная формула этих углеводородов одинакова, то и уравнение реакции одинаково для обоих углеводородов.



Рассчитаем количество кислорода на реакции горения гексена-1 и циклогексана:

$$\nu(\text{O}_2) = V(\text{O}_2) / 22,4 = 80,64 / 22,4 = 3,6 \text{ моль}.$$

Обесцветить раствор брома может только непредельный углеводород гексен-1. Запишем реакцию обесцвечивания раствора брома гексеном.



Рассчитаем количество брома, которое прореагировало с гексеном-1:

$$\nu(\text{Br}_2) = m(\text{Br}_2) / M(\text{Br}_2) = m(\text{раствора}) \cdot \omega(\text{Br}_2) / M(\text{Br}_2) = 500 \cdot 0,032 / 160 = 0,1 \text{ моль}.$$

Обозначим количество гексена-1 и циклогексана в смеси через x и y .

Составим и решим систему уравнений:

$$9x + 9y = 3,6 \text{ (по реакции горения)}$$

$$x = 0,1 \text{ (по реакции с бромной водой)}$$

$$\text{Получим: } x = 0,1, y = 0,3$$

Рассчитаем массы циклогексана и гексена-1 и массу смеси:

$$m(\text{циклогексана}) = 0,3 \cdot M(\text{C}_6\text{H}_{12} \text{ циклогексан}) = 25,2 \text{ г}$$

$$m(\text{гексен-1}) = 0,1 \cdot M(\text{C}_6\text{H}_{12} \text{ гексен-1}) = 8,4 \text{ г}$$

$$m(\text{смеси}) = m(\text{циклогексана}) + m(\text{гексен-1})$$

$$m(\text{смеси}) = 25,2 + 8,4 = 33,6 \text{ г}$$

Отсюда массовые доли:

$$\omega(\text{циклогексана}) = m(\text{циклогексана}) / m(\text{смеси}) = 25,2 / 33,6 = 0,75$$

$$\omega(\text{гексен-1}) = m(\text{гексен-1}) / m(\text{смеси}) = 8,4 / 33,6 = 0,25$$

Ответ: $\omega(\text{гексен-1}) = 0,25$ или 25%

$$\omega(\text{циклогексана}) = 0,75 \text{ или } 75\%$$

2. При электролизе из газообразных веществ выделился только водород (на катоде), а хлор и кислород на аноде не выделялись, следовательно процесс электролиза можно свести к элект-

тролизу воды, причем весь выделившийся кислород пошел на окисление хлора, т.е. на образование хлората и перхлората калия.

на катоде $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

на аноде $\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = 2\text{H}^+ + \text{O}$

Рассчитаем какое количество атомарного кислорода пошло на окисление хлора с образованием хлората и перхлората калия

$$\nu(\text{KClO}_3) = m(\text{KClO}_3)/M(\text{KClO}_3) = 4,9/122,6 = 0,04 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{KClO}_4) = m(\text{KClO}_4)/M(\text{KClO}_4) = 6,9/138,6 = 0,05 \text{ моль}$$

Хлорат и перхлорат калия содержат следующее количество атомов кислорода:

$$\nu(\text{O}) = 3 \cdot \nu(\text{KClO}_3) + 4 \cdot \nu(\text{KClO}_4) = 3 \cdot 0,04 + 4 \cdot 0,05 = 0,32 \text{ моль}$$

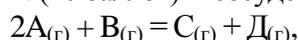
Такое же количество моль водорода выделилось на катоде, $\nu(\text{H}_2) = 0,32$ моль.

Объем выделившегося водорода $V(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2) \cdot 22,4 = 0,32 \cdot 22,4 = 7,167 \approx 7,2$ л.

Ответ: $V(\text{H}_2) \approx 7,2$ л.

11 класс

1. (10 баллов) В сосуде при постоянном давлении протекает реакция



имеющая первый порядок по реагенту А и первый порядок по реагенту В, где А, В, С и Д – газы, которые можно считать идеальными. Как изменится скорость реакции при увеличении температуры от 0 до 50°C, если коэффициент Вант-Гоффа равен 2?

2. (15 баллов) По данным опубликованным в журнале «The Economist» Россия сейчас производит 0.93 кг мусора в день на 1 жителя, а всего - 100 млрд. тонн в год. В 2025 году каждый житель России будет «мусорить» по 1.25 кг в день. Регулярный вывоз мусора на свалку приводит к спрессовыванию отходов под собственным весом в нижних уровнях полигона. В эти слои воздух уже не проникает, и здесь происходят химические реакции с выделением газа метана и других летучих соединений с содержанием тяжелых металлов и токсичных компонентов. Полагают, что около 10% по массе от этого мусора превращается на свалках в метан и уходит в атмосферу. При сгорании 1 моль метана выделяется 890 кДж тепла.

1. Какую массу и объем воды сможет вскипятить житель в 2025 г., если использовать весь метан, который образуется на свалке за счет выбрасываемого им мусора за день. Теплоемкость воды: 4,18 кДж/(кг·К). Начальную температуру воды примите равной 20°C.

2. Сколько времени может гореть 60-ваттная лампочка, если 40% всей энергии, которая получается при сгорании "выбрасываемого" за день одним человеком метана в 2025 г., превратить в электричество?

3. Какие вещества получают из метана в промышленности? Приведите уравнения реакций и укажите условия их осуществления.

1. Так как давление в системе является постоянным, то при увеличении температуры должен увеличиться объем системы, а это приведет к уменьшению концентрации реагентов. Таким образом, изменение скорости реакции будет обусловлено, с одной стороны, увеличением константы скорости реакции, которая зависит от температуры согласно правилу Вант-Гоффа, а с другой стороны, уменьшением концентрации согласно закону действующих масс.

Закон действующих масс для скорости этой реакции имеет вид:

$$U = kC_A C_B$$

Так как в системе количества веществ не изменились, а изменилась их концентрация обратно пропорционально объему, то закон действующих масс можно записать следующим образом:

$$U = k n_{\text{A}} n_{\text{B}} / V^2, \text{ где } V - \text{объем системы.}$$

Влияние температуры на скорость найдем по правилу Вант-Гоффа:

$$k_2/k_1 = \gamma^{\frac{-5}{10}} = \gamma^5 = 32, \text{ где } k_2 \text{ и } k_1 - \text{константы скорости реакции.}$$

Изменение объемов найдем, используя законы идеальных газов:

$$V_2/V_1 = T_2/T_1 = 323/273 = 1,1832.$$

$$\text{Следовательно: } U_2/U_1 = (k_2/k_1) (V_1/V_2)^2 = 32/(1,1823)^2 = 22,9$$

Ответ: Скорость увеличится в 22,9, $U_2/U_1 = 22,9$

2. 1. Определим массу и количество метана, которое образуется на свалке и выделяется в атмосферу

$$m(\text{CH}_4) = 1,25 \cdot 0,1 = 0,125 \text{ кг или } m(\text{CH}_4) = 125 \text{ г,}$$

$$v(\text{CH}_4) = \frac{m(\text{CH}_4)}{M(\text{CH}_4)} = \frac{125}{16} = 7,81 \text{ моль.}$$

Определим количество теплоты, которое выделяется при сгорании этого количества метана
 $Q = 890 \cdot 7,81 = 6951 \text{ кДж.}$

Для нагревания 1 кг воды от 20°C до 100°C (до кипения) нужно $4,18 \cdot 80 = 334 \text{ кДж.}$

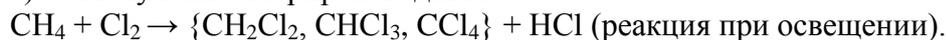
Определим массу и объем воды, которую сможет вскипятить житель в 2025 г.:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{6951}{334} = 20,8 \text{ кг воды или } V(\text{H}_2\text{O}) = 20,8 \text{ литров воды.}$$

2. Мощность лампы 60 Вт означает, что лампа выделяет энергию 60 Дж за 1 секунду. 125 г метана дадут $6951 \cdot 0,4 = 2780,4 \text{ кДж}$ электричества. Лампочка будет гореть: $2780400/60 = 46340 \text{ с} = 12,87 \text{ ч.}$

3. В промышленности метан – наиболее перспективный источник сырья для органического синтеза:

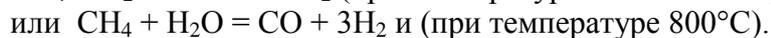
а) Получение хлорпроизводных:



б) Получение ацетилена:



в) Получение синтез-газа и водорода (основной источник водорода в промышленности):



г) Получение метилового спирта (топливо и сырье для органического синтеза):



д) Перспективные каталитические процессы – получение формальдегида и более тяжелых углеводородов:

