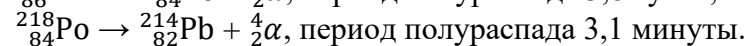
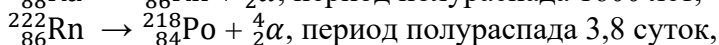
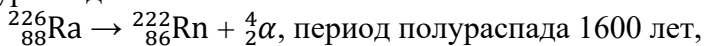


Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Всероссийский конкурс научных работ школьников «Юниор»  
«Химия», 11 класс

1. Изотоп радия  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  массой 565 мг. поместили в вакуумированный сосуд. Определите, какой газ будет находиться в сосуде через 2400 лет и оцените его объем (н.у.), пренебрегая утечкой этого газа из сосуда. В решении используйте справочные данные по периодам полураспада изотопов:



Изотоп  ${}^{214}_{82}\text{Pb}$  не подвергается  $\alpha$ -распаду.

**Решение:**

Все изотопы, указанные в условии задачи, подвергаются  $\alpha$ -распаду. Самый долгоживущий изотоп  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  распадается до радона. Определим, какое количество изотопа  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  распалось за 2400 лет. Начальное количество изотопа составляет  $0,565/226 = 0,0025$  моль.

Воспользуемся уравнением скорости первого порядка и определим какое количество изотопа  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  распалось за 2400 лет.

$\ln(0,0025/n) = (\ln 2/1600) \cdot 2400$ ,  $n = 0,0008839$  – это количество нераспавшегося изотопа. Количество распавшегося изотопа равно  $0,0025 - 0,0008839 = 0,0016$  моль.

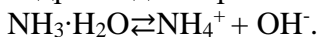
Так как периоды распада радона до полония, а полония до свинца гораздо меньше, чем период полураспада  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ , то через 2400 лет в сосуде их практически не останется, они распадутся с образованием ядер гелия. Таким образом одно ядро  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  выделяет три  $\alpha$ -частицы. Количество ядер гелия за 2400 лет равно  $0,00485$  моль. Ядра гелия, теряя энергию и захватывая электроны, превращаются в атомы гелия. Газ, который будет находиться в сосуде, – гелий. Объем гелия равен  $22,4 \cdot 0,00485 = 0,1086$  л.

**Ответ:** Гелий, объем 0,1086 л.

2. Дан 0,2М раствор  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ( $K_d = 1,81 \cdot 10^{-5}$ ). Определите, в каком соотношении его надо смешать с 0,1М раствором  $\text{NaOH}$ , чтобы степень диссоциации  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  уменьшилась в 25 раз?

**Решение:**

Определим степень диссоциации в исходном растворе до добавления гидроксида натрия:

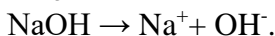


$$\alpha = \sqrt{\frac{K_d}{C_{\text{исх}}}} = \sqrt{1,81 \cdot 10^{-5} / 0,2} = 0,00951$$

При добавлении  $\text{NaOH}$  диссоциация аммиака будет подавляться.

Новая степень диссоциации аммиака должна составить:

$$0,00951 / 25 = 3,8 \cdot 10^{-4}$$



В этом случае равновесная концентрация  $\vec{C}(\text{NH}_4^+)$ :

$$\vec{C}(\text{NH}_4^+) = \alpha \cdot C_{\text{исх}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}),$$

равновесная концентрация  $\vec{C}(\text{OH}^-)$ :

$$\vec{C}(\text{OH}^-) = \alpha \cdot C_{\text{исх}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) + \check{C}(\text{NaOH}) \approx \check{C}(\text{NaOH}).$$

$\check{C}(\text{NaOH})$  – это концентрация  $\text{NaOH}$ , которую надо создать в растворе с аммиаком.

Равновесная концентрация  $\vec{C}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ :

$$\vec{C}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = C_{\text{исх}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot (1 - \alpha) \approx C_{\text{исх}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}).$$

Подставим равновесные концентрации в выражение для константы диссоциации:

$$\begin{aligned} K_d &= \frac{\vec{C}(\text{NH}_4^+) \cdot \vec{C}(\text{OH}^-)}{\vec{C}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} = \frac{\alpha \cdot C_{\text{исх}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot \check{C}(\text{NaOH})}{C_{\text{исх}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} = \\ &= \alpha \cdot \check{C}(\text{NaOH}) \end{aligned}$$

Найдем концентрацию  $\text{NaOH}$ , которую надо создать в растворе с аммиаком:

$$\check{C}(\text{NaOH}) = K_d / \alpha = 1,81 \cdot 10^{-5} / 3,8 \cdot 10^{-4} = 0,047\text{M}$$

Рассчитаем, в каком отношении надо смешать растворы, чтобы концентрация щелочи стала 0,047М. В расчете примем, что суммарный объем равен сумме объемов:

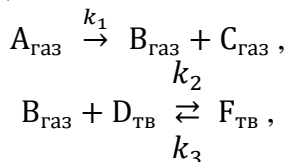
$$\checkmark (\text{NaOH}) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{V(\text{NaOH}) + V(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} = 0,047$$

Выразим отношение объемов  $V(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) / V(\text{NaOH})$

$$V(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) / V(\text{NaOH}) = 1,12$$

**Ответ:**  $V(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) / V(\text{NaOH}) = 1,12$

3. В закрытом сосуде при постоянной температуре одновременно протекают следующие реакции:



причем  $k_1 \ll k_2$  и  $K_C = 5$ .

1) Как изменится давление в системе, когда прореагирует 5 % и 50 % вещества А, если в начальный момент в системе присутствовали только А и D (концентрация А составляла 2 моль/л, а количество D было в 20 раз больше количества А)?

2) Каким будет ответ, если количество D было бы в 10 раз меньше количества А?

**Решение:**

1) Если в начальный момент количество D в 20 раз превосходит количество А, то даже при полном разложении А вещества D достаточно для реакции с веществом В. Так как  $K_C = 1/C_B = 5$ , то равновесная концентрация В составляет 0,2.

а. Если прореагирует 5 % А, то концентрация А понизится на 0,1 моль/л и составит 1,9 моль/л. При этом образуются по 0,1 моль/л В и С. Концентрация 0,1 моль/л ниже равновесной концентрации В, поэтому В не будет поглощаться веществом D. Тогда суммарно концентрация газов составит  $(1,9 + 0,1 + 0,1) = 2,1$  моль/л, то есть давление возрастет в  $(2,1/2,0) = 1,05$  раза.

б. Если прореагирует 50% А, то образуется по 1 моль/л В и С. Величина 1 моль/л выше равновесной концентрации вещества В. Учитывая соотношение констант скоростей реакции концентрация В практически сразу понизится до равновесного значения 0,2 моль/л. Тогда суммарная концентрация газов составит  $(1 + 0,2 + 1) = 2,2$  моль/л, то есть давление возрастет в 1,1 раза.

2) Если количество D в 10 раз меньше количества А, то вещество D может поглотить не более 10 % от того количества В, которое выделилось бы при полном разложении А. то есть не более 0,2 моль/л.

- а. Если прореагирует 5 % А, то, как и в случае 1а, ничего не изменится.
- б. Если прореагирует 50 % А, то образуется 1 моль/л вещества В, что больше того количества, которое может поглотить D. Тогда суммарная концентрация газов составит  $[1+(1-0,2)+1]=2,8$ , то есть давление возрастет в 1,4 раза.

**Критерии оценивания задач по химии на олимпиаде «Юниор»  
2023 – 2024 года**

<b>Критерии</b>	<b>Балл</b>	<b>Максимальный балл – минимальный балл</b>
Выставляется участнику если он использует верные исходные теоретические положения, последовательно, четко и логически стройно решает задачу, приводит верные ответы на все поставленные вопросы.	9//8	<b>9-0 (задача 1 для 11 и 9 классов, задача 2 для 10 класса) // 8-0 (задача 2 и 3 для 11 и 9 классов);</b>
Выставляется участнику если он использует верные исходные теоретические положения, последовательно, четко и логически стройно решает задачу, приводит верные ответы на все вопросы. Есть незначительные неточности в вычислениях, которые не влияют на получение верного ответов	8//7	
Выставляется участнику если он верно решил большую часть задачи, но допускал неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в решении.	7-6//6	
Выставляется участнику за верное решение на половину заданных вопросов.	5-4//4	
Выставляется участнику, который решил примерно треть задания, но при этом допускал существенные ошибки	3	
Участник продемонстрировал попытку приступить к решению задачи, выполнил не более 0,2 - 0,25 части задания.	2-1	
Не приступил к решению задачи или допустил грубейшие теоретические ошибки.	0	

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Всероссийский конкурс научных работ школьников «Юниор»,  
«Биология», 11 класс

**Задание 1. На каждый вопрос выберите только один ответ, который вы считаете наиболее полным и правильным. Индексы правильных ответов внесите в матрицу в листе ответов.**

1. В прорастающей пыльцевой трубке сосны находится:

- а) 1 спермий; б) 2 спермия; в) 3 спермия; г) 4 спермия

2. Назовите тип плода у сои:

- а) коробочка; б) стручок; в) боб; д) семянка

3. Какие приспособления характерны для растений, опыляемых ветром:

- а) пыльца крупная и липкая;  
б) пыльцы образуется мало;  
в) раскрытие цветков в соцветии происходит поочередно;  
г) околоцветник мелкий, малозаметный

4. Какие функции у корневого чехлика?

- а) проведение растворов минеральных веществ;  
б) обеспечение утолщения корня;  
в) накопление запасных веществ;  
г) облегчение продвижения корня между частичками почвы.

5. Из перечисленных ниже растений к семейству Капустные относятся:

а) свекла, б) репа, в) морковь, г) картофель.

6. Где расположена нервная система ланцетника:

а) над хордой; б) под хордой; в) внутри хорды; г) по бокам хорды.

7. Выберите верное описание миграции аскариды в организме человека:

а) ротовая полость-кишечник-кровь-лёгкие-кишечник;

б) ротовая полость-лёгкие-кровь-кишечник;

в) ротовая полость-кишечник;

г) ротовая полость-кишечник-кровь-мышцы.

8. Какой из перечисленных организмов проявляет положительный фототаксис?

а) малярийный плазмодий;

б) эвглена;

в) плазмодий миксоциета;

г) амёба протей.

9. Один круг кровообращения имеется у:

а) карпа; б) лягушки; в) утконоса; г) гаттерии.

10. Какие из млекопитающих принадлежат к одному отряду:

а) слон и носорог; б) заяц и крыса; в) свинья и олень; г) лошадь и корова.



11. Снаружи легкие покрыты:

а) гладкими мышцами; б) сетью венозных сосудов; в) плеврой; г) ресничным эпителием.

12. Обратному всасыванию в почках не подвергается:

а) глюкоза; б) аминокислоты; в) витамины; г) мочевины.

13. Зрачок — это отверстие в:

а) сетчатке; б) радужке; в) роговице; г) склере.

14. Ядра симпатической нервной системы лежат в:

а) среднем мозге; б) продолговатом мозге; в) грудных сегментах спинного мозга; г) крестцовых сегментах спинного мозга.

15. Содержащийся в слюне лизоцим:

а) расщепляет белки; б) расщепляет полисахариды; в) расщепляет жиры; г) расщепляет нуклеиновые кислоты.

16. Из энтодермы развиваются:

а) головной мозг; б) мышцы; в) хрящи; г) печень.

17. Назовите основную причину такого явления, как борьба за существование:

а) избыточное размножение особей и ограниченность ресурсов среды; б) неспособность организмов справиться с действием климатических факторов; в) стремление вида к расселению за пределы его обычного ареала; г) наличие хищников, поедающих данный вид.

18. Примерами гомологичных органов являются:

а) легкие амфибий и пауков; б) прыгательные ноги тушканчика и кенгуру; в) китовый ус и усы сома; г) щупальца кальмара и ноги таракана.

19. Хромосомы выстраиваются на экваторе в процессе митоза в:

а) анафазе; б) телофазе; в) метафазе; г) профазе.

20. Органоид, активно окисляющий вещества в клетке:

а) аппарат Гольджи; б) лизосомы; в) клеточные включения; г) митохондрии.

**Задание 2. Расположите растения по срокам зацветания от ранних к поздним:**

- А. Сирень
- Б. Орешник
- В. Дуб
- Г. Береза
- Д. Безвременник
- Е. Ландыш майский
- Ж. Тимофеевка луговая
- З. Цикорий обыкновенный
- И. Гладиолус

**Задание 3. Решите задачу.**

На одном из островов в Индийском океане обнаружена изолированная популяция мартышек с бурой, светло-коричневой и золотистой окраской шерсти. Известно, что различия в цвете шерсти определяются в этом случае одним геном, бурый цвет (аллель **B**) доминантен по отношению к светло-коричневому (аллель **b**), а светло-коричневый доминирует над золотистым (аллель **b<sup>y</sup>**). Частоты встречаемости аллелей: **B** – 0,3; **b** – 0,5; **b<sup>y</sup>** – 0,2. Различия в окраске не дают каких-либо преимуществ в выживании и размножении. Какова частота встречаемости фенотипов? Всего на острове обитает 14880 мартышек. Сколько среди них будет обезьян бурого, светло-коричневого и золотистого цвета? Внесите результаты в лист ответов.

## ЛИСТ ОТВЕТОВ

### Задание 1

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>Г</b>	<b>Б</b>	<b>А</b>	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>А</b>	<b>В</b>
<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Б</b>	<b>Г</b>	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>

### Задание 2.

Ранний	Б	Г	Е	А	В	Ж	З	И	Д	Поздний
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------

### Задание 3.

<b>Фенотип</b>	<b>Частота встречаемости</b>	<b>Число мартышек данной окраски</b>
<b>Бурые</b>	<b>0,51</b>	<b>7589</b>
<b>Светло-коричневые</b>	<b>0,45</b>	<b>6696</b>
<b>Золотистые</b>	<b>0,04</b>	<b>595</b>