



1

Фамилия \_\_\_\_\_  
(печатными буквами) (не заполнять)

Имя \_\_\_\_\_  
(печатными буквами)

Отчество \_\_\_\_\_  
(печатными буквами) Подпись



«Утверждаю»  
Председатель оргкомитета олимпиады

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

1. Соединение  $N_xH_y$  массой 3,2 г при определенной температуре подверглось разложению с образованием только газообразных продуктов. Объем газовой смеси после пропускания через раствор серной кислоты уменьшился в 2,8 раза. Газовая смесь после пропускания через раствор серной кислоты состоит из азота и водорода, занимает объем 1,4 л и имеет плотность 0,786 г/л (н.у.). Определите формулу  $N_xH_y$ .

*Решение:*

1) Определим состав и массу газовой смеси после пропускания через раствор серной кислоты.

Средняя молярная масса смеси водорода и азота:

$$\langle M \rangle = 0,786 \cdot 22,4 = 17,6 \text{ г/моль}$$

$$\langle M \rangle = n(N_2)M(N_2) + (1-n(N_2))M(H_2) = \\ = 28n(N_2) + 2(1-n(N_2)) = 17,6, \quad n(N_2) = 0,6 \text{ моль}, \quad n(H_2) = 0,4 \text{ моль}.$$

$$\text{Масса смеси водорода и азота: } m = 1,4 \cdot 0,786 = 1,1 \text{ г}$$

2) Определим среднюю молярную массу поглощенной газовой смеси (вероятно это  $NH_3$  и  $N_2H_4$ ).

$$\text{Объем поглощенной газовой смеси: } 1,4 \cdot 2,8 - 1,4 = 2,5 \text{ л.}$$

Масса поглощенной смеси:  $3,2 - 1,1 = 2,1$  г

Средняя молярная масса поглощенной смеси:

$$\langle M \rangle = 2,1 \cdot 22,4 / 2,5 = 18,67 \text{ г/моль}$$

Определим состав поглощенной смеси ( $n(\text{N}_2\text{H}_4):n(\text{NH}_3)$ )

$$\langle M \rangle = n(\text{N}_2\text{H}_4) \cdot M(\text{N}_2\text{H}_4) + n(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) = 18,67 \text{ г/моль}; n(\text{N}_2\text{H}_4) = 0,111; n(\text{NH}_3) = 0,89$$

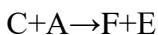
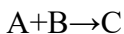
2) Определим формулу исходного вещества. Запишем состав газовой смеси, для этого приведем к целым числам соотношение молей всех газообразных веществ:  $\text{N}_2\text{H}_4 + 8\text{NH}_3 + 3\text{N}_2 + 2\text{H}_2$

Соотношение числа атомов азота и водорода 2:4

Формула вещества  $\text{N}_2\text{H}_4$  - это гидразин.

*Ответ:*  $\text{N}_2\text{H}_4$  - гидразин.

2. Реакция  $2\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{F} + \text{E}$  протекает в две стадии, каждая из которых является простой реакцией:



Энергия активации второй стадии много больше энергии активации первой стадии, причем энергия активации первой реакции близка к нулю. Начальные концентрации А и В соответственно равны 2 и 1 моль/л.

Как изменится скорость реакции при увеличении концентрации А в 2 раза при постоянстве концентрации В ( $C_{\text{B}} = 1$  моль/л)?

*Решение:*

Так как энергия активации второй стадии много больше энергии активации первой стадии, скорость реакции в целом определяется скоростью второй стадии.

При условии, что энергия активации первой стадии близка к нулю, в системе практически мгновенно образуется почти максимально возможное количество С, определяемое количеством компонента, взятого в недостатке (в данном случае В). Тогда при практически полном завершении первой стадии в системе будет находиться примерно 1 моль/л С, а также А, оставшийся в системе после израсходования В, с концентрацией  $2 - 1 = 1$  (начальная концентрация за вычетом изменения концентрации за счет протекания первой стадии,

которая равна изменению концентрации В). Тогда, при начальных концентрациях А и В соответственно 2 и 1 моль/л, скорость лимитирующей стадии, зависящей от концентрации С и А, будет определяться как

$$v_{\text{общ}} \approx v_2 = k_2 C_C C_A \approx k_2 \cdot 1 \cdot 1 = k_2.$$

При увеличении концентрации А в 2 раза (до 4 моль/л) концентрация С не изменится, так как он образуется на первой стадии и определяется содержанием компонента, взятого в недостатке, то есть В. Содержание А в результате протекания первой стадии станет равным 3 моль/л ( $4-1=3$ ). Тогда скорость лимитирующей стадии будет определяться как

$$v_2' = k_2 C_C' C_A' \approx k_2 \cdot 1 \cdot 3 = 3k_2,$$

то есть увеличится в 3 раза ( $v_2'/v_2 \approx 3k_2/k_2 = 3$ ).

*Примечание:*

Так как для достижения 100% степени превращения время стремится к бесконечности, то соотношение скоростей реакций, указанное в задаче будет примерным. Однако, если пренебречь влиянием предэкспоненциальным множителем, то константы скоростей реакций с энергиями активации 0 и 60 кДж/моль отличаются примерно в 30 млрд раз.

*Ответ:* а) увеличится в 3 раза.

**3.** Пероксид водорода в водном растворе диссоциирует, как слабая кислота с константой равновесия, равной при стандартной температуре  $K_{d1}=2 \cdot 10^{-12}$ . Рассчитайте рН 0,001М водного раствора пероксида при стандартной температуре. Ответ дайте с точностью до сотых.

*Решение:*

1. Так как константа диссоциации имеет низкое значение, а концентрация пероксида мала, концентрации катионов водорода, образующихся за счет диссоциации пероксида, соизмерима с таковой, обусловленной диссоциацией воды, что следует учитывать при составлении уравнений для закона действующих масс (ЗДМ).

Пусть продиссоциировало  $x$  моль/л воды и  $y$  моль/л пероксида. Тогда уравнения ЗДМ для воды и пероксида примут вид соответственно:

$$\begin{cases} K_w = C_{\text{H}^+} \cdot C_{\text{OH}^-} = (x + y) \cdot x = 10^{-14} \\ K_{\text{д1}} = \frac{C_{\text{H}^+} \cdot C_{\text{OON}^-}}{C_{\text{H}_2\text{O}_2}} = \frac{(x + y) \cdot y}{0,001 - y} = 2 \cdot 10^{-12} \end{cases}$$

Предположим, что  $y \ll 0,001$ , тогда систему уравнений можно упростить:

$$\begin{cases} (x + y) \cdot x = 10^{-14} \\ \frac{(x + y) \cdot y}{0,001} = 2 \cdot 10^{-12} \end{cases}$$

Разделив первое уравнение на второе получим:

$$\frac{x}{y} = 5 \text{ или } x = 5y.$$

Тогда из первого уравнения получаем:

$$y = 1,83 \cdot 10^{-8}. \text{ Условие } y \ll 0,001 \text{ выполняется.}$$

$$C_{\text{H}^+} = x + y = 1,098 \cdot 10^{-7}$$

$$\text{pH} = -\lg 1,098 \cdot 10^{-7} = 6,96 < 7.$$

*Примечание:*

Если не учитывать диссоциацию воды и пользоваться уравнением ЗДМ для диссоциации пероксида водорода в виде:

$$K_{\text{д}} = \frac{C_{\text{H}^+} \cdot C_{\text{OON}^-}}{C_{\text{H}_2\text{O}_2}} = \frac{y \cdot y}{0,001 - y} = 2 \cdot 10^{-12}$$

Получим  $\text{pH} = 7,35 > 7$ , то есть раствор кислоты имеет щелочную реакцию.

*Ответ:*  $\text{pH} = 6,96 < 7$ .

**Задание 1. На каждый вопрос даны четыре варианта ответов. Необходимо выбрать только один правильный и внести его в матрицу.**

**1. К сложным соцветиям относится:**

- а) головка клевера;
- б) кисть ландыша;
- в) метелка проса;
- г) початок белокрыльника.

**2. Соцветие тычиночных цветков кукурузы:**

- а) метелка из колосков;
- б) початок;
- в) зонтик;
- г) сложный колос

**3. Для каких растений в семени характерен щиток?**

- а) томат;
- б) сосна;
- в) тюльпан;
- г) пшеница .

**4. Какие растения формируют корневую систему без главного корня?**

- а) ламинария;
- б) сфагнум;
- в) щитовник мужской;
- г) гингко.

**5. Водные растения с погруженными в воду листьями:**

- а) имеют устьица на верхней стороне листа
- б) имеют устьица на нижней стороне листа;

в) устья распределены равномерно между верхней и нижней сторонами;

г) не имеют устьиц.

**6. У бычьего цепня имеются специальные органы:**

а) дыхания и выделения;

б) только для дыхания;

в) только для выделения;

г) ни для дыхания, ни для выделения.

**7. Какие органы развиваются из мезодермы у плоских червей?**

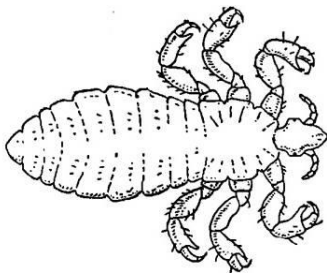
а) мышцы и эпителий;

б) мышцы и паренхима;

в) кишечник и паренхима;

г) кишечник и мышцы.

**8. На рисунке изображена:**



а) личинка клеща;

б) личинка блохи;

в) куколка блохи;

г) взрослая вошь

**9. Двигательные нейроны (мотонейроны), активация которых вызывает сокращение скелетных мышц, расположены:**

- а) в задних корешках спинного мозга;
- б) в передних корешках;
- в) в задних рогах спинного мозга;
- г) передних рогах

**10. Половые гормоны у млекопитающих являются:**

- а) стероидами;
- б) гетероциклическими основаниями;
- в) белками;
- г) производными тирозина.

**11. Гипофиз функционально связан главным образом с:**

- а) эпифизом;
- б) таламусом;
- в) гипоталамусом;
- г) эпиталамусом.

**12. Ведущая роль в поддержании постоянной температуры тела принадлежит терморецепторам, расположенным в:**

- а) стенках аорты;
- б) гипоталамусе;
- в) гипофизе;
- г) продолговатом мозге.

**13. Вторичная капиллярная сеть у млекопитающих есть в:**

- а) печени;
- б) сердце;
- в) мозжечке;
- г) легких.

**14. Какая из перечисленных органелл встречается и в прокариотической и в эукариотической клетке:**

- а) нуклеоид;
- б) митохондрии;
- в) клеточная стенка;
- г) цитоскелет.

**15. Клетки растений, в отличие от клеток животных, не содержат:**

- а) центриоли;
- б) центральную вакуоль;
- в) митохондрии;
- г) рибосомы.

**16. Какие органеллы клетки окружены одной мембраной:**

- а) митохондрии;
- б) лизосомы;
- в) ядро;
- г) микротрубочки;

**17. Нити митотического веретена представляют собой**

- а) микрофиламенты;
- б) целлюлозные волокна;
- в) промежуточные филаменты;
- г) микротрубочки.

**18. К полимерам относятся**

- а) целлюлоза, сахароза, крахмал;
- б) инсулин, гликоген, холестерин;
- в) крахмал, инсулин, целлюлоза;
- г) кератин, лецитин, гликоген.

**19. Женская гетерогаметность характерна для**

- а) рыб;
- б) птиц;
- в) млекопитающих;
- г) все ответы верны.

**20. К анализирующему скрещиванию относят скрещивание типа**

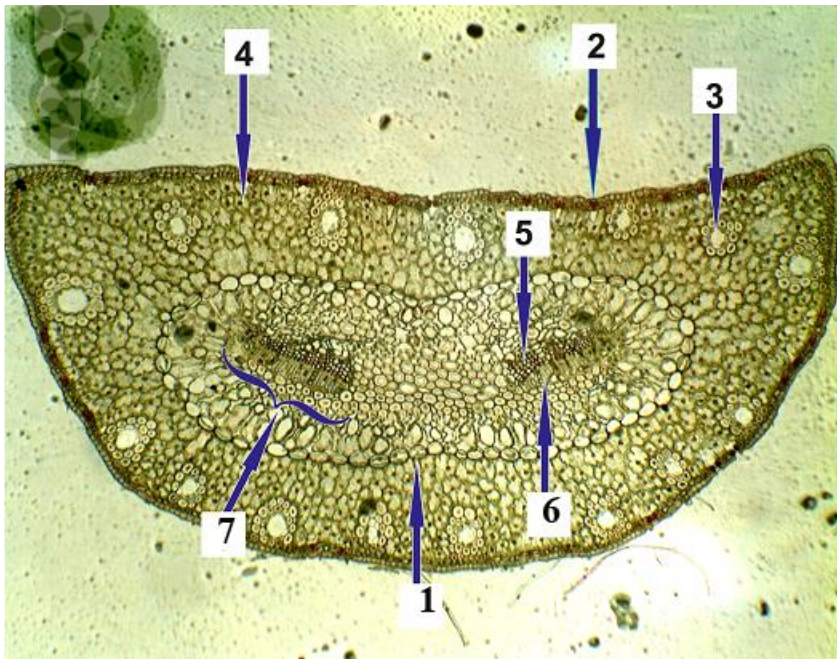
- а)  $AaBB \times AaBb$ ;
- б)  $AABb \times Aabb$ ;
- в)  $Aabb \times aaBb$ ;
- г) ни один из ответов не верен.

**Задание 2.** Перед Вами срез органа растения.

1. Какой это орган?



2. К какому классу относится это растение?
3. Выберите из списка названия структур, соответствующие цифрам на рисунке.



**Список структур:** ксилема; флоэма; камбий; сосудисто-волокнистый пучок; эндодерма; смоляной ход; губчатый мезофилл; устьице; эпидермис; перицикл.

### Задание 3.

У крыс доминантный аллель гена R вызывает чёрный цвет шерсти. Доминантный аллель другого гена A вызывает жёлтый цвет шерсти. Гены находятся на разных хромосомах. Если доминантные аллели двух генов встречаются совместно, они взаимодействуют с образованием серого окраски шерсти. При взаимодействии двух рецессивных аллелей в гомозиготном состоянии возникает кремовая окраска.

Скрестили самца из чистой линии с чёрным цветом шерсти и самку из чистой линии с жёлтым цветом шерсти. Все потомки первого поколения были серого цвета. Во втором поколении были получены крысы чёрного, серого, жёлтого и кремового цвета. В каком

соотношении присутствовали крысы с разной окраской шерсти во втором поколении?

Из второго поколения взяли серого самца и желтую самку. От них было получено потомство (третье поколение), в котором было 14 желтых, 15 серых, 5 черных и 6 кремовых крыс. Какими были генотипы самца и самки в этом скрещивании? Какая часть серых самок третьего поколения при скрещивании с кремовыми самцами будет иметь в потомстве кремовых крысят?

Лист ответов **Фамилия И.О.**

**ШИФР**

**Задание 1**

|           | <b>а</b> | <b>б</b> | <b>в</b> | <b>г</b> |  | <b>а</b>  | <b>б</b> | <b>в</b> | <b>г</b> |
|-----------|----------|----------|----------|----------|--|-----------|----------|----------|----------|
| <b>1</b>  |          |          |          |          |  | <b>11</b> |          |          |          |
| <b>2</b>  |          |          |          |          |  | <b>12</b> |          |          |          |
| <b>3</b>  |          |          |          |          |  | <b>13</b> |          |          |          |
| <b>4</b>  |          |          |          |          |  | <b>14</b> |          |          |          |
| <b>5</b>  |          |          |          |          |  | <b>15</b> |          |          |          |
| <b>6</b>  |          |          |          |          |  | <b>16</b> |          |          |          |
| <b>7</b>  |          |          |          |          |  | <b>17</b> |          |          |          |
| <b>8</b>  |          |          |          |          |  | <b>18</b> |          |          |          |
| <b>9</b>  |          |          |          |          |  | <b>19</b> |          |          |          |
| <b>10</b> |          |          |          |          |  | <b>20</b> |          |          |          |

**Задание 2.**

**Орган:** \_\_\_\_\_

**Класс растения:** \_\_\_\_\_

| <b>Номер</b> | <b>Название структуры</b> |
|--------------|---------------------------|
| <b>1</b>     |                           |
| <b>2</b>     |                           |
| <b>3</b>     |                           |
| <b>4</b>     |                           |
| <b>5</b>     |                           |
| <b>6</b>     |                           |
| <b>7</b>     |                           |

**Задание 3**

1. чёрные : серые : жёлтые : кремовые =        :        :        :
2. серый самец во втором скрещивании, генотип –  
жёлтая самка во втором скрещивании, генотип –
3. \_\_\_\_\_ серых самок второго поколения дадут кремовых крысят.

# Ответы

## Задание 1 (по 0,25 баллов)

|           |          |          |          |          |  |           |          |          |          |          |
|-----------|----------|----------|----------|----------|--|-----------|----------|----------|----------|----------|
|           | <b>а</b> | <b>б</b> | <b>в</b> | <b>г</b> |  |           | <b>а</b> | <b>б</b> | <b>в</b> | <b>г</b> |
| <b>1</b>  |          |          | <b>X</b> |          |  | <b>11</b> |          |          | <b>X</b> |          |
| <b>2</b>  | <b>X</b> |          |          |          |  | <b>12</b> |          | <b>X</b> |          |          |
| <b>3</b>  |          |          |          | <b>X</b> |  | <b>13</b> | <b>X</b> |          |          |          |
| <b>4</b>  |          |          | <b>X</b> |          |  | <b>14</b> |          |          | <b>X</b> |          |
| <b>5</b>  |          |          |          | <b>X</b> |  | <b>15</b> | <b>X</b> |          |          |          |
| <b>6</b>  |          |          | <b>X</b> |          |  | <b>16</b> |          | <b>X</b> |          |          |
| <b>7</b>  |          | <b>X</b> |          |          |  | <b>17</b> |          |          |          | <b>X</b> |
| <b>8</b>  |          |          |          | <b>X</b> |  | <b>18</b> |          |          | <b>X</b> |          |
| <b>9</b>  |          | <b>X</b> |          |          |  | <b>19</b> |          | <b>X</b> |          |          |
| <b>10</b> | <b>X</b> |          |          |          |  | <b>20</b> |          |          |          | <b>X</b> |

**$\Sigma = 5$  баллов**

## Задание 2

**Орган:** хвоя или хвоинка (2 балла)

**Класс растения:** Хвойные (2 балла)

| Номер | Название структуры          |
|-------|-----------------------------|
| 1     | Эндодерма                   |
| 2     | Устьице                     |
| 3     | Смоляной ход                |
| 4     | Губчатый мезофилл           |
| 5     | Ксилема                     |
| 6     | Флоэма                      |
| 7     | Сосудисто-волокнистый пучок |

(по 0,5 балла за каждую правильную структуру)

**$\Sigma = 7,5$  баллов**

## Задание 3

1. чёрные : серые : жёлтые : кремовые = 3 : 9 : 3 : 1 (3 балла)

2. серый самец во втором скрещивании, генотип – RrAa (3 балла)  
жёлтая самка во втором скрещивании, генотип – rrAa (3 балла)

3.  $\frac{2}{3}$ , или 0,67 серых самок третьего поколения дадут кремowych крысят (3,5 балла)

Или  $4/9$  серых самок второго поколения дадут кремовых крысят

**$\Sigma = 12,5$  баллов**