

**XIV Международная олимпиада-конкурс научных работ  
учащихся школ, гимназий, лицеев и колледжей  
имени В.Я.Курбатова**

**8 класс**

**Задание № 1.** (5 баллов).

Без измерения температуры нельзя представить ни одного физико-химического опыта.

Существует множество видов термометров, каждый из которых обладает своими характеристиками и предназначением. Жидкостные, механические, газовые, электрические и оптические термометры предлагают различные уровни точности, диапазоны измерений и способы применения. Важно учесть индивидуальные потребности и условия использования при выборе подходящего термометра. Обращая внимание на спецификации каждого типа термометра, можно выбрать оптимальное решение для своих задач и обеспечить точное и надежное измерение температуры в любых условиях. К началу 18 века было придумано 35 разнообразных температурных шкал. Можно создать любое число температурных шкал, различающихся выбранными термометрическими свойствами, принятыми функциональными зависимостями температуры от них (в простейшем случае связь между термометрическим свойством и температурой полагают линейной) и температурами реперных точек. Так, например, немецкий физик Даниэль Габриэль Фаренгейт в 1700–1730 годах сделал ртутные термометры, откалиброванные по типовой шкале, которая колебалась от 32 °, точки плавления льда, до 96 °, означающей температуру тела. Единица температуры (градус) по шкале Фаренгейта равна 1/180 разницы между точками кипения (212°) и точками замерзания воды.

Предложенную задачу можно было бы решить, как раз с, помощью термометра. Но попробуйте найти ответ путём логических рассуждений.

Если 1 моль каждого из следующих веществ растворить в 1000 граммах воды, какой раствор будет иметь самую высокую температуру кипения?

NaCl KCl CaCl<sub>2</sub> C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub> C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>

Ответ обоснуйте.

**Задание № 2.** (10 баллов)

Из газовых законов первым был открыт закон, устанавливающий связь давления газа с занимаемым им объемом. Он был опубликован в 1660 г. английским физиком Робертом Бойлем. Существует предание, что Бойль боялся смерти только по одной причине: на том свете уже все известно и нет необходимости заниматься экспериментами.

Для проведения опытов нужно было располагать определенным набором химической посуды из стекла. Стекланные трубки, сифоны и стекланные колбы самых разных форм использовали для своих работ и алхимики. К концу периода Средневековья центром стеклодувного производства становится Венеция. Изготовление стекла здесь приобрело невероятную популярность, уже через несколько лет в Венеции работало более восьми тысяч стеклодувов. В XIII-XVI вв. широкое применение венецианского, или муранского (от названия группы островов вблизи Венеции) стекла создало особый стиль в декоративно-прикладном искусстве Европы. В течение всех трех столетий, которые завершили в итоге средневековый период истории, в годы эпохи Возрождения, чудесные венецианские стекланные изделия были широко известны и использовались во всем мире.

В уравнении состояния **идеального** газа вида

$$pV = nRT$$

присутствуют давление газа  $p$ , его объём  $V$  и количество вещества газа  $n$  при температуре  $T$ .  $R$  – универсальная газовая постоянная. Входящие в это уравнение величины были измерены с использованием стеклянных сосудов, соединительных трубок, манометров, термометров.

Уравнение можно подправить так, чтобы оно лучше описывало **реальные** газы. Один из методов – ввести поправку  $b$ , которая будет учитывать собственный объём молекул. Тогда из объёма газа надо вычесть объём молекул газа и получится реальный свободный объём, занимаемый газом.

1. Какое из двух уравнений следует выбрать при введении такой поправки:

$$p(V - b) = nRT \quad (1)$$

$$p(V - nb) = nRT \quad (2)$$

Первое или второе? Ответ обоснуйте. (4 балла)

2. Предположите, как в ряду молекул  $H_2$ ,  $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $I_2$  изменяется поправка  $b$  в их уравнении состояния. Ответ обоснуйте. (6 баллов)

**Задание 3.** (20 баллов)

Один из способов защиты металлов от коррозии является гальваника: покрытие их другим металлом при электролизе. Гальванике посвящён специальный раздел химической науки – **электрохимия**. Своим рождением он обязан российскому академику **Б.С. Якоби**. В 1837 году, проводя серию опытов с пропусканием электротока через раствор кислот и солей, учёный заметил осаждение пластинок чистой меди на катоде. Ему удалось получить как легко отделяемый слепок, так и прочное многослойное покрытие, которое невозможно было отделить от металлического электрода. А чаще всего в промышленности приходится защищать стальные конструкции. Мастерам, занимающимся нанесением гальванических покрытий, хорошо знакомо имя изобретателя **Эрнста Вернера Сименса**. В начале 1840-х годов он попал в тюрьму за участие в дуэли. Пользуясь благосклонностью тюремного начальства, Сименс организовал в камере гальваническую лабораторию, где занимался опытами по гальванотехнике - нанесением золотого покрытия на недорогие металлы. Он почти достиг положительного результата, когда срок заключения окончился. Эрнст попросил оставить его в тюрьме хотя бы на месяц, чтобы он мог закончить работу, но бывшего узника выставили на улицу. Сименсу пришлось почти год создавать гальваническое производство у себя дома. Он получил патент на золочение, но значительно позже. А теперь ответьте на вопросы:

1. Что такое коррозия и как покрытие другим металлом защищает от неё? (3 балла)

2. Предложите, как минимум, 3 металла для защиты стальных конструкций. Напишите уравнение реакции электролиза с получением данных металлов на поверхности стали. (6 балла)

3. Какой максимальной толщины может получиться слой цинка на  $1 \text{ м}^2$  поверхности при пропускании тока в  $80 \text{ мА}$  в течение часа? Плотность цинка  $7,1 \text{ г/см}^3$ . (11 баллов)

**XIV Международная олимпиада-конкурс научных работ  
учащихся школ, гимназий, лицеев и колледжей  
имени В.Я.Курбатова**

**9 класс**

**Задание 1. (10 баллов)**

Чтобы изучать газовые законы, сами газы для исследования сначала надо получить в лаборатории в заданных, обычно достаточно больших, количествах. Эти газы необходимо получать как можно более чистыми, не содержащими паров воды или других веществ, поскольку это влияет на точность экспериментальных данных. Но при этом способ должен быть доступным и наиболее простым. Сосуд Дрекселя наиболее часто используется для избавления газа от различных примесей, химических соединений или физических вкраплений. Очищаемый газ пропускается на небольшой скорости через эту склянку.

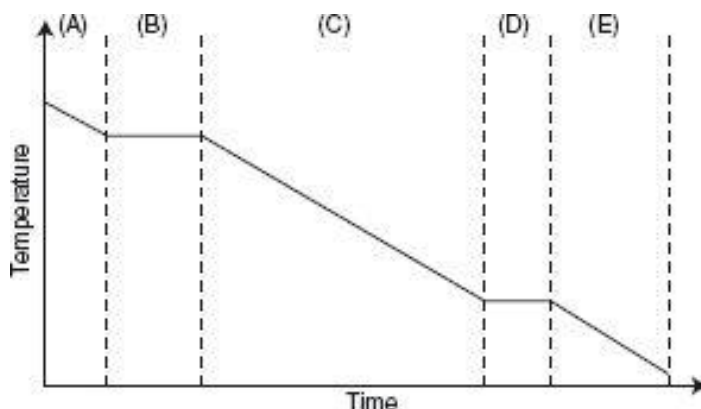
Сосуд предварительно заполняют наполовину специальной жидкостью, которую выбирают в зависимости от предполагаемого загрязнения или целей, которые стоят перед химиком. Пройдя через жидкость, молекулы газа собираются над слоем фильтровального раствора, а после выходят через короткую трубку из склянки Дрекселя. Различные посторонние соединения, примеси взаимодействуют с раствором и остаются в нем.

1. Предложите для  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$  либо способ Дрекселя, и тогда укажите какой жидкостью следует заполнить сосуд, либо какой-либо другой способ получения указанных газов в соответствии с требованиями. (6 баллов)

2. Рассчитайте необходимую массу реактивов для получения 250 л углекислого газа при н.у. (4 балла)

**Задание № 2. (5 баллов)**

Исследование общих зависимостей началось в 14 веке. Средневековая наука была схоластической. Для доказательства своей правоты ученые прибегали не к опыту, а к цитатам из Аристотеля и Платона или к ссылкам на библейские сказания. При таком характере "научных дискуссий" не оставалось места изучению количественных зависимостей. В середине 17 века Декарт создал систему координат, благодаря чему стало возможным графическое отображение закономерностей.



Какие фазы и фазовые переходы изображены на данном рисунке?

### Задание № 3. (5 баллов)

Из газовых законов первым был открыт закон, устанавливающий связь давления газа с занимаемым им объемом. Он был опубликован в 1660 г. английским физиком Робертом Бойлем. Существует предание, что Бойль боялся смерти только по одной причине: на том свете уже все известно и нет необходимости заниматься экспериментами. Впоследствии, Шарлем, Дальтоном и Гей-Люссаком были сформулированы ещё ряд газовых законов. В них устанавливается взаимосвязь между давлением, температурой, объёмом и количеством газа.

Литр водорода находится при температуре  $5,0^{\circ}\text{C}$  и давлении 640 мм.рт.ст. Если температуру повысить до  $60,0^{\circ}\text{C}$ , а давление уменьшить до 320 мм.рт.ст., как изменится объём в литрах?

### Задача № 4. (10 баллов)

Еще в 1874 г., за много лет до того, как стало возможным прямое определение строения молекул, Якоб Генрик Вант-Гофф (1852–1911), будучи студентом Утрехтского университета, предположил, что строение молекулы метана  $\text{CH}_4$  – правильный тетраэдр с атомом углерода в центре. Валентные углы связей  $\text{H-C-H}$  равны  $109^{\circ}28'$ .

Объяснение этому таково: все орбитали внешнего уровня углерода выравниваются по энергии и форме, смешиваются, т. е. «гибридизуются», образуя одинаковые гибридные орбитали.

Тетраэдрическая молекула  $\text{XY}_4$  образовалась бы, если бы X использовал орбитальную гибридизацию:

$p^2$ ,  $s^2$ ,  $sp$ ,  $sp^2$  или  $sp^3$  ?

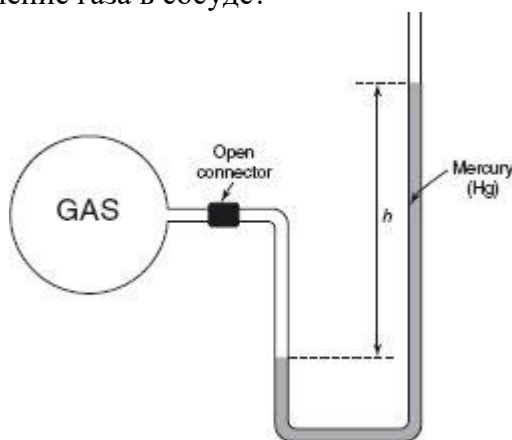
**XIV Международная олимпиада-конкурс научных работ  
учащихся школ, гимназий, лицеев и колледжей  
имени В.Я.Курбатова**

**10 класс**

**Задача № 1. (5 баллов)**

Чсть первооткрывателя способа измерения давления принадлежит крупнейшему итальянскому художнику и ученому Леонардо да Винчи (1452-1519 гг.), который впервые применил пьезометрическую трубку для измерения давления воды в трубопроводах. К сожалению, его труд «О движении и измерении воды» был опубликован лишь в XIX веке. Поэтому принято считать, что впервые жидкостный манометр был создан в 1643 г. итальянскими учеными Торричелли и Вивiani, учениками Галилео Галилея, которые при исследовании свойств ртути, помещенной в трубку обнаружили существование атмосферного давления.

Как вычислить давление газа в сосуде?



**Задача № 2. (10 баллов)**

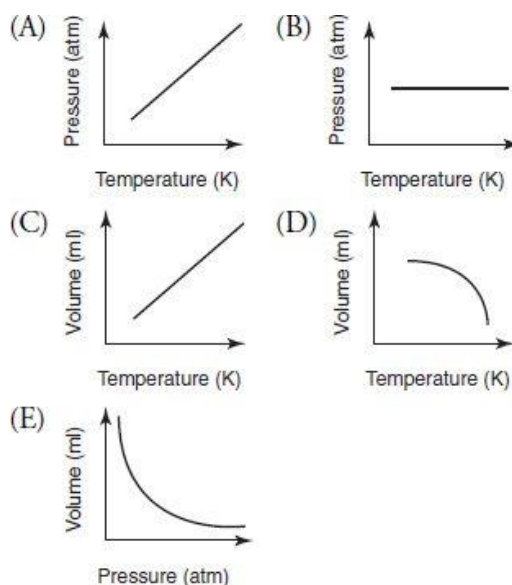
В уравнении состояния идеального газа вида

$$pV = nRT$$

присутствуют давление газа  $p$ , его объём  $V$  и количество вещества газа  $n$  при температуре  $T$ .  $R$  – универсальная газовая постоянная. Уравнение выведено П. Э Клапейроном в 1834 году, объединившим закон Бойля — Мариотта и закон Гей-Люссака. Представляет собой зависимость между параметрами идеального газа (давлением  $p$ , объемом  $V$  и абсолютной температурой  $T$ ), определяющими его состояние: В 1874 году Д. И. Менделеев на основе уравнения Клапейрона вывел уравнение для 1 моля идеального газа, получившее название уравнения Клапейрона – Менделеева. "

Какие из этих рисунков неправильные? (5 баллов)

Какие параметры должны оставаться постоянными на рис А, С, Е? (5 баллов)



### Задача № 3. (10 баллов)

Еще в 1874 г., за много лет до того, как стало возможным прямое определение строения молекул, Якоб Генрик Вант-Гофф (1852–1911), будучи студентом Утрехтского университета, предположил, что строение молекулы метана  $\text{CH}_4$  – правильный тетраэдр с атомом углерода в центре. Валентные углы связей  $\text{H-C-H}$  равны  $109^\circ 28'$ .

Объяснение этому таково: все орбитали внешнего уровня углерода выравниваются по энергии и форме, смешиваются, т. е. «гибридизуются», образуя одинаковые гибридные орбитали.

Тетраэдрическая молекула  $\text{XY}_4$  образовалась бы, если бы  $\text{X}$  использовал орбитальную гибридизацию:

$p^2$ ,  $s^2$ ,  $sp$ ,  $sp^2$  или  $sp^3$  ?

### Задание 4. (15 баллов)

Горная порода, содержащая вещество  $\text{X}$ , появилась 110-200 млн лет назад как результат испарения древнего океана. Камень находят в недрах земли, его характеристики — зернистость, плотность, форма залежей — зависят от местоположения. Древние греки ввели моду на строительство и декорирование этим минералом. Технология использования пришла в центральную и северную Европу с римскими завоевателями, но вместе с ними и ушла. Европейская влажность не позволяла применять этот материал для наружной отделки, однако Лондонские пожары показали, что он защищает дерево от огня. Центром добычи и производства минерала стала Франция. В 18 веке французский химик Лавуазье представил первое научное исследование об этом минерале. Тогда же минерал стали использовать как удобрение. Началось использование и в медицине: в 1855 году русский хирург Н. И. Пирогов впервые применил повязку из этого материала, что спасло раненых участников Крымской войны от ампутаций.

Один из способов получения вещества  $\text{X}$  – осаждение из раствора известкового молока, получаемого при гашении вещества  $\text{Y}$ , кислоты  $\text{Z}$ , получаемой обжигом пирита с последующим окислением и разбавлением продукта.

1. Напишите реакции получения  $\text{X}$ ,  $\text{Y}$ ,  $\text{Z}$  и известкового молока. (по 2 балла за реакцию, всего 12 баллов)

2. Какую массу вещества  $\text{X}$  в форме дигидрата можно получить из 100 кг известкового молока с концентрацией 10% масс.? Считать, что реакции протекают полностью. (3 балла)

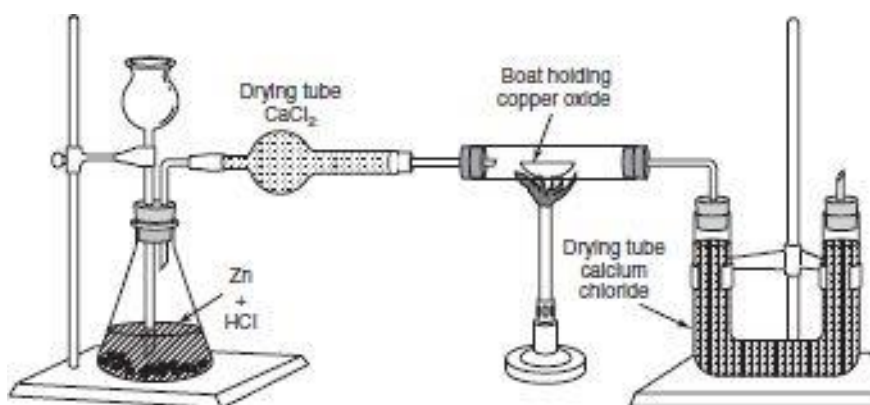
**XIV Международная олимпиада-конкурс научных работ  
учащихся школ, гимназий, лицеев и колледжей  
имени В.Я.Курбатова**

**11 класс**

**Задача № 1 (15 баллов)**

В нашей привычной жизни очень много меди. Просыпаясь поутру, мы обычно включаем свет, кофеварку, телевизор, радио или «умную колонку», снимаем с зарядки телефон или смарт-часы, открываем холодильник или ноутбук. Все эти приборы невозможны без меди.

Получить её можно, например, с помощью такой установки.



Данные:

Масса U-образной трубки.....	20,36 г
Масса U-образной трубки и хлорида кальция до.....	39,32 г
Масса U-образной трубки и хлорида кальция после.....	57,32 г
Масса тигля и содержимого (оксид меди) до.....	30,23 г
Масса тигля и содержимого после.....	14,23 г
Масса тигля.....	5,00 г

Опишите все процессы, протекающие в этой установке. (5 баллов)

Приведите уравнения химических реакций. (5 баллов)

Проведите все возможные расчеты. (5 баллов)

**Задача № 2 (20 баллов)**

(Киноварь -----(царская водка)—А---(KI)----В ----(KI)---С-----( $\text{NH}_4\text{I}$ , KOH) ----D)

Природная киноварь служит исходным сырьем для получения сульфида ртути и изготовления акварельных и масляных красок. Незаменимый ингредиент алхимиков и шаманов, художников и врачей. Алхимики проводили опыты киновари и с царской водкой, а при нагревании минерала в воздух попадают пары ртути и выступают капельки ртути. В Испании, где находятся самые большие месторождения киновари - еще в 18 веке на работы в шахты отправляли приговоренных к высшей мере наказания узников. Пары ртути быстро делали свое дело.

Из минерального пигмента – киновари по реакции с царской водкой можно получить вещество А (молярная масса 271,59 г/моль) с тем же катионом, что и в сульфиде ртути.

При постепенном добавлении йодида калия к веществу А сначала появляется осадок интенсивно оранжевого цвета вещества В всё с тем же катионом. При дальнейшем добавлении йодида калия к веществу В оно растворяется, образуя вещество С комплексной природы. При взаимодействии вещества С с йодидом аммония в щелочной среде выпадает осадок кирпичного цвета вещества D, также имеющий комплексную структуру.

Напишите уравнение описанных реакций (10 баллов).

Назовите вещества В, С, D и изобразите их структурные формулы. (10 баллов)

### **Задача № 3 (30 баллов)**

Нитрат серебра широко применяется в производстве зеркал и фотографических материалов, в медицине, оптике, для получения серебряных покрытий, для окраски некоторых органических веществ, для получения различных препаратов, содержащих серебро.

Для получения самого металлического серебра используется следующий способ.

К 100 г воды добавляют 255 г нитрата серебра. Растворимость этой соли в воде при данной температуре составляет 2,155 кг/л. Полученный раствор подвергают электролизу с инертными электродами, в результате чего выделяется 2,8 л газа (н. у.). После электролиза изначально белый осадок превращается в черный.

Напишите

- а) формулы осадков и рассчитайте их массы; (10 баллов)
- б) рассчитайте массовую долю нитрата серебра в растворе после электролиза; (10 баллов)
- в) рассчитайте массу гидроксида натрия, необходимую для нейтрализации раствора после электролиза. (10 баллов).



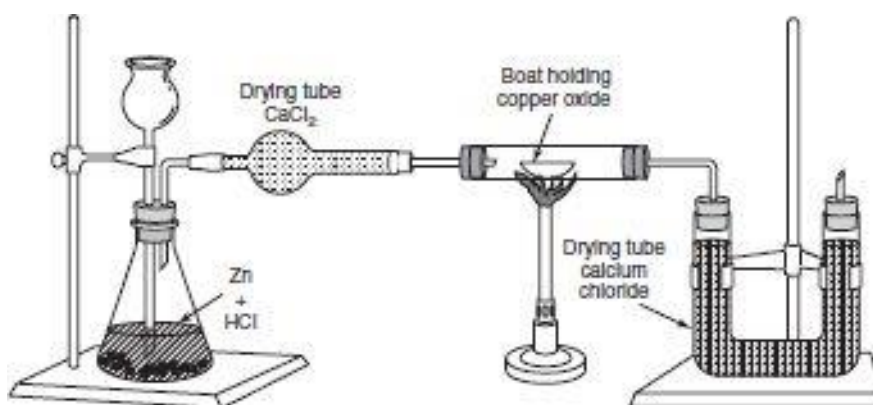
**XIV Международная олимпиада-конкурс научных работ  
учащихся школ, гимназий, лицеев и колледжей  
имени В.Я.Курбатова**

**СПО**

**Задача № 1 (15 баллов)**

В нашей привычной жизни очень много меди. Просыпаясь поутру, мы обычно включаем свет, кофеварку, телевизор, радио или «умную колонку», снимаем с зарядки телефон или смарт-часы, открываем холодильник или ноутбук. Все эти приборы невозможны без меди.

Получить её можно, например, с помощью такой установки.



Данные:

Масса U-образной трубки.....	20,36 г
Масса U-образной трубки и хлорида кальция до.....	39,32 г
Масса U-образной трубки и хлорида кальция после.....	57,32 г
Масса тигля и содержимого (оксид меди) до.....	30,23 г
Масса тигля и содержимого после.....	14,23 г
Масса тигля.....	5,00 г

Опишите все процессы, протекающие в этой установке. (5 баллов)

Приведите уравнения химических реакций. (5 баллов)

Проведите все возможные расчеты. (5 баллов)

**Задача № 2 (20 баллов)**

(Киноварь -----(царская водка)—А---(KI)----В ----(KI)---С-----( $\text{NH}_4\text{I}$ , KOH) ----D)

Природная киноварь служит исходным сырьем для получения сульфида ртути и изготовления акварельных и масляных красок. Незаменимый ингредиент алхимиков и шаманов, художников и врачей. Алхимики проводили опыты киновари и с царской водкой, а при нагревании минерала в воздух попадают пары ртути и выступают капельки ртути. В Испании, где находятся самые большие месторождения киновари - еще в 18 веке на работы в шахты отправляли приговоренных к высшей мере наказания узников. Пары ртути быстро делали свое дело.

Из минерального пигмента – киновари по реакции с царской водкой можно получить вещество А (молярная масса 271,59 г/моль) с тем же катионом, что и в сульфиде ртути.

При постепенном добавлении йодида калия к веществу А сначала появляется осадок интенсивно оранжевого цвета вещества В всё с тем же катионом. При дальнейшем добавлении йодида калия к веществу В оно растворяется, образуя вещество С комплексной природы. При взаимодействии вещества С с йодидом аммония в щелочной среде выпадает осадок кирпичного цвета вещества D, также имеющий комплексную структуру.

Напишите уравнение описанных реакций (10 баллов).

Назовите вещества В, С, D и изобразите их структурные формулы. (10 баллов)

### **Задача № 3 (30 баллов)**

Нитрат серебра широко применяется в производстве зеркал и фотографических материалов, в медицине, оптике, для получения серебряных покрытий, для окраски некоторых органических веществ, для получения различных препаратов, содержащих серебро.

Для получения самого металлического серебра используется следующий способ.

К 100 г воды добавляют 255 г нитрата серебра. Растворимость этой соли в воде при данной температуре составляет 2,155 кг/л. Полученный раствор подвергают электролизу с инертными электродами, в результате чего выделяется 2,8 л газа (н. у.). После электролиза изначально белый осадок превращается в черный.

Напишите

- а) формулы осадков и рассчитайте их массы; (10 баллов)
- б) рассчитайте массовую долю нитрата серебра в растворе после электролиза; (10 баллов)
- в) рассчитайте массу гидроксида натрия, необходимую для нейтрализации раствора после электролиза. (10 баллов).