

Задачи для Республиканской олимпиады 2024-2025

8 класс

Названия и истории открытий химических элементов

История открытия многих химических элементов и присвоения им названий часто связана с различными легендами и мифами. Сегодня мы предлагаем Вам познакомиться с некоторыми из них. Желаем удачи!

Задача 1. Элементы и мифология

Некоторые химические элементы в Периодической системе химических элементов (ПСХЭ) были названы в честь героев мифологии. Предлагаем Вам отгадать эти элементы, используя следующую информацию:

– элементы **A** и **B** расположены в соседних клетках IV периода ПСХЭ, а элементы **B**, **C** и **D** – в побочной подгруппе V группы ПСХЭ;

– металл **A**, обладающий высокой химической прочностью, назван в честь детей богини древнегреческой мифологии Геи;

– металлы **C** и **D**, имеющие высокую коррозионную стойкость, являются «отцом» и «дочерью» в соответствии с названиями, данными им в честь соответствующих древнегреческих богов;

– металл **B** образует разнообразные соединения с широким спектром окрасок, поэтому получил свое название в честь скандинавской богини красоты Ванадис.

1. Определите элементы **A–D**, ответ аргументируйте.

2. Металл **A** встречается в природе в виде минерала ильменита, содержащего 36.84 мас.% железа, 31.58 мас.% кислорода и **A**. Выведите брутто-формулу ильменита и рассчитайте его молярную массу.

3. Бинарные соединения **A** – оксид **X** и нитрид **Y** – применяются как белый пигмент и имитация позолоты соответственно. Составьте формулы **X** и **Y**, если металл **A** проявляет валентность IV в оксиде и валентность III в нитриде. Запишите уравнения реакций их образования из простых веществ и рассчитайте массы **X** и **Y**, которые можно получить, исходя из 760 г ильменита.

4. Плотность **C** равна 16.65 г/см³, а плотность **D** – 8.57 г/см³. Из металла **C** изготовили шарик диаметром 5 см, а из металла **D** – кубик с ребром 5 см. Масса какого изделия будет больше и во сколько раз? Объем шара равен $4\pi r^3/3$.

Решение и Критерии оценивания

№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	Проще всего начать расшифровку загаданных элементов с металла B , название которого созвучно с именем богини Ванадис – речь идет о ванадии, который как раз расположен в побочной подгруппе V группы ПСХЭ. В этой же подгруппе находятся ниобий, тантал и дубний. Из них дубний – искусственно синтезированный элемент, полученный лишь в конце XX века и названный в честь города Дубна в Московской области.	

	<p>Остаются ниобий и тантал. Действительно, в древнегреческой мифологии существовал бог Тантал, имевший дочь Ниобею, которые и дали названия соответствующим элементам.</p> <p>Тогда металлом А, расположенным по соседству с ванадием в IV периоде ПСХЭ, может быть титан или хром. Известными богами древнегреческой мифологии являются титаны, сыновья Геи, поэтому А – титан.</p> <p>Таким образом,</p> <p>А – титан Ti В – ванадий V С – тантал Ta D – ниобий Nb</p>	4×1 = 4 б
2.	<p>Запишем формулу ильменита в виде $Fe_xTi_yO_z$</p> $x : y : z = 36.84 / 56 : 31.58 / 48 : 31.58 / 16 = 0.6579 : 0.6579 : 1.9738 = 1 : 1 : 3$ <p>Ильменит – FeTiO₃</p> <p>M(FeTiO₃) = 56 + 48 + 16×3 = 152 г/моль</p>	3 б 2 б
3.	<p>X – TiO₂ (оксид титана (IV)) Y – TiN (нитрид титана (III))</p> <p>Уравнения реакций:</p> $Ti + O_2 = TiO_2$ $2Ti + N_2 = 2TiN$ <p>Рассчитаем массу и количество вещества титана в ильмените:</p> $m(Ti) = 760 \times 0.3158 = 240 \text{ г}$ $n(Ti) = 240 / 48 = 5 \text{ моль}$ <p>По уравнениям реакций $n(TiO_2) = n(Ti) = 5 \text{ моль}$ $n(TiN) = n(Ti) = 5 \text{ моль}$</p> <p>m(TiO₂) = 5×80 = 400 г m(TiN) = 5×62 = 310 г</p>	1 + 1 = 2 б 1 б 1 б 1 б 1 б
4.	<p>Рассчитаем объемы и массы изделий из тантала и ниобия:</p> $V(Ta) = 4\pi r^3/3 = 4 \times 3.14 \times 2.5^3/3 = 65.42 \text{ см}^3$ $m(Ta) = V \times \rho = 65.42 \times 16.65 = 1089.2 \text{ г}$ $V(Nb) = l^3 = 5^3 = 125 \text{ см}^3$ $m(Nb) = V \times \rho = 125 \times 8.57 = 1071.3 \text{ г}$ <p>Сравним массы изделий:</p> <p>m(Ta) / m(Nb) = 1089.2 / 1071.3 = 1.02</p> <p>то есть масса шарика из тантала в 1.02 раза больше массы кубика из ниобия</p>	2 б 2 б 1 б
	Итого	20 баллов

Задача 2. Элементы и страны

В ПСХЭ можно найти химические элементы, получившие названия в честь стран, но есть и уникальный случай, когда в честь химического элемента **X** была названа страна в Южной Америке. Известно, что **X** относится к благородным металлам и находит широкое применение в ювелирном деле. В природе **X** встречается как в самородном виде, так и в составе сульфидного минерала **Y**, содержащего 87.1% **X** по массе.

В лабораторию поступил образец минерала **Y** массой 500 г, из которого выделили весь **X** и затем сплавляли его с медью, получив образец, содержащий 92.5% **X** (**X** 925 пробы). Полученный сплав передали в ювелирную мастерскую для изготовления браслетов. Известно, что каждый браслет включает 25 звеньев, масса одного звена равна 375 мг.

1. Приведите примеры пяти химических элементов, которые получили свое название в честь страны. Ответ запишите в формате «символ элемента – страна, в честь которой он назван».

2. Определите элемент **X** и минерал **Y**, ответ подтвердите расчетом. Какая страна названа в честь этого элемента? Сколько протонов содержится в ядре атома **X**? Рассчитайте массу одного атома **X** (в г).

3. Рассчитайте массу меди, которую использовали в лаборатории для получения **X** 925 пробы.

4. Сколько моль **X** содержится в одном звене браслета?

5. Сколько браслетов смогут изготовить в ювелирной мастерской из полученного образца **X** 925 пробы?

Решение и Критерии оценивания

№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	В честь стран названы следующие химические элементы: Ge – Германия Ru – Россия Po – Польша Cu – Кипр Fr – Франция Ga – Франция (Галлия) <i>Также в качестве правильных вариантов засчитываются:</i> Sc – Скандинавия Eu – Европа Am – Америка Ag – Аргентина	5×1 = 5 б (любые 5 вариантов)
2.	Из благородных металлов в ювелирном деле широко используются золото и серебро. Если вспомнить их латинские названия (<i>aurum, argentum</i>), легко заметить, что у серебра оно созвучно с названием страны в Южной Америке – Аргентины, которую как раз и называли в честь данного химического элемента. Подтвердим наши предположения расчетом по массовой доле элемента X в сульфидном минерале, который с учетом валентностей элементов должен иметь формулу Ag_2S . $\omega(Ag) = 2 \times 108 / (2 \times 108 + 32) = 0.871$ (87.1%) – соответствует условию	

	<p>Определить искомый химический элемент можно и с помощью расчета в общем виде, записав формулу сульфида как X_2S_n. Тогда $\omega(X) = 2 \times A_r(X) / (2 \times A_r(X) + 32n) = 0.871$, откуда $A_r(X) = 108n$ При $n = 1$ $A_r(X) = 108$, что соответствует серебру Ag Таким образом, X – серебро Ag Y – Ag₂S В честь серебра названа страна Аргентина В ядре атома серебра содержится 47 протонов (число протонов равно порядковому номеру элемента в ПСХЭ) Масса атома серебра: $m(\text{Ag}) = M(\text{Ag}) / N_A = 108 / 6.02 \cdot 10^{23} = 1.794 \cdot 10^{-22}$ г</p>	<p>2 + 2 = 4 б 1 б 1 б 2 б</p>
3.	<p>Рассчитаем массу серебра, которую можно выделить из минерала Y: $m(\text{Ag}) = 500 \times 0.871 = 435.5$ г Масса сплава 925 пробы, которую можно получить из этой массы серебра, составит: $m(\text{сплава}) = 435.5 / 0.925 = 470.8$ г Тогда для получения сплава серебра 925 пробы необходимо взять $m(\text{Cu}) = 470.8 - 435.5 = 35.3$ г</p>	<p>3 б</p>
4.	<p>В одном звене браслета массой 375 мг содержится $m(\text{Ag}) = 0.375 \times 0.925 = 0.347$ г $n(\text{Ag}) = 0.347 / 108 = 3.21 \cdot 10^{-3}$ моль</p>	<p>2 б</p>
5.	<p>Рассчитаем массу одного браслета: $m(\text{браслета}) = 25 \times 0.375 = 9.375$ г $N(\text{браслетов}) = 470.8 / 9.375 \approx 50$ браслетов</p>	<p>2 б</p>
	<p>Итого</p>	<p>20 баллов</p>

Задача 3. Элемент, открытый кошкой

Согласно легенде, открытию элемента **X** в начале XIX века помогла обыкновенная кошка – она опрокинула склянку с концентрированной серной кислотой на сковороду, в которой парижский химик Бернар Куртуа прокаливал морские водоросли, в результате чего над сковородой поднялись фиолетовые пары простого вещества, образованного элементом **X**, с относительной плотностью по воздуху 8.76.

X является важнейшим микроэлементом, при его недостатке задерживается физическое и умственное развитие, развиваются заболевания щитовидной железы. В настоящее время соединения **X** широко используются в медицине. Например, так называемый раствор Люголя, 100 г которого содержит 1 г простого вещества **X**, 2 г бинарного соединения **X** с калием (вещество **Y**) и воду, применяется для обработки слизистых оболочек горла и полости рта при воспалительных заболеваниях.

1. Определите элемент **X** и запишите формулу образуемого им простого вещества. Ответ подтвердите расчетом.

2. Простое вещество **X** – твердое вещество с плотностью 4.93 г/см^3 , которое при нагревании переходит в газообразное состояние, минуя жидкое. Как называется этот процесс? Какой это процесс – физический или химический? Ответ аргументируйте. Во сколько раз увеличится объем простого вещества **X** при переходе из твердого в газообразное состояние (при н.у.)?

3. Запишите формулу **Y**, назовите его. К какому классу веществ оно относится? Предложите способы получения **Y** по реакциям соединения, замещения и обмена, запишите соответствующие уравнения реакций.

4. Рассчитайте массовые доли (в %) и молярные концентрации (в моль/л) в растворе Люголя веществ, содержащих **X**. Плотность раствора Люголя примите равной плотности воды.

5. Сколько атомов **X** содержится в 100 г раствора Люголя?

Решение и Критерии оценивания

№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	По данным об относительной плотности паров можно рассчитать молярную массу простого вещества, образованного элементом X : $M = D_{\text{возд}} \times M(\text{возд}) = 8.76 \times 29 = 254 \text{ г/моль}$ Если простое вещество X – одноатомное, то подходящего варианта нет, если двухатомное, то $M(\text{X}) = 254 / 2 = 127 \text{ г/моль}$, что соответствует иоду и подходит под описание в условии задачи. Таким образом, X – иод I Простое вещество – I₂	2 б 1 б
2.	Переход из твердого агрегатного состояния в газообразное, минуя жидкое, называется возгонка (сублимация) . Возгонка – это физический процесс , в котором не происходит изменение состава вещества, меняется только его агрегатное состояние.	1 б 1 б

	<p>При переходе из одного агрегатного состояния в другое масса вещества не меняется, следовательно, можно записать: $V(\text{тв.}) \times \rho(\text{тв.}) = V(\text{газа}) \times \rho(\text{газа})$, откуда $V(\text{газа}) / V(\text{тв.}) = \rho(\text{тв.}) / \rho(\text{газа})$ Плотность паров иода при н.у. $\rho(\text{газа}) = 254 / 22.4 = 11.34 \text{ г/л} = 0.01134 \text{ г/см}^3$ $V(\text{газа}) / V(\text{тв.}) = 4.93 / 0.01134 = \mathbf{434.7 \text{ раза}}$</p>	3 б
3.	<p>С учетом валентностей элементов формула Y – KI Название – иодид калия, относится к классу солей Способы получения иодида калия: $2\text{K} + \text{I}_2 = 2\text{KI}$ (реакция соединения) $2\text{K} + 2\text{HI} = 2\text{KI} + \text{H}_2\uparrow$ (реакция замещения) $\text{KOH} + \text{HI} = \text{KI} + \text{H}_2\text{O}$ (реакция обмена)</p>	1 б 1 + 1 = 2 б 1 б 1 б 1 б
4.	<p>Массовые доли веществ в растворе Люголя: $\omega(\text{I}_2) = 1 / 100 = \mathbf{0.01 (1\%)}$ $\omega(\text{KI}) = 2 / 100 = \mathbf{0.02 (2\%)}$ Молярные концентрации веществ в растворе Люголя: $\text{C}(\text{I}_2) = 1 / (254 \times 0.1) = \mathbf{0.0394 \text{ моль/л}}$ $\text{C}(\text{KI}) = 2 / (166 \times 0.1) = \mathbf{0.12 \text{ моль/л}}$</p>	1 б 1 б 1 б 1 б
5.	<p>В 100 г раствора Люголя: $n(\text{I}_2) = 1 / 254 = 3.937 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$ $n(\text{KI}) = 2 / 166 = 0.012 \text{ моль}$ $n(\text{атомов I}) = 2n(\text{I}_2) + n(\text{KI}) = 2 \times 3.937 \cdot 10^{-3} + 0.012 = 0.01987 \text{ моль}$ $\mathbf{N(\text{атомов I}) = 0.01987 \times 6.02 \cdot 10^{23} = 1.196 \cdot 10^{22}}$</p>	2 б
	Итого	20 баллов

Задача 4. Элементы древности

С древнейших времен человечеству известны 9 химических элементов: 7 металлов и 2 неметалла. Один из металлов древности **А**, имеющий красную окраску, получил свое название в честь острова в Средиземном море. Неметалл **Б** в виде порошка желтого цвета был обнаружен древними людьми в жерлах вулканов, его сжигание использовали для проведения ритуалов изгнания злых духов. Относительные атомные массы **А** и **Б** отличаются ровно в два раза. Высшие оксиды **А** и **Б** взаимодействуют друг с другом с образованием соли **Х**, которая кристаллизуется из раствора в виде кристаллогидрата **Q** синего цвета, содержащего 36% воды.

Другой металл древности – **В** – токсичен, широко используется для изготовления пуль и автомобильных аккумуляторов. Сжигание неметалла **Г** серо-черного цвета раньше широко использовалось для обогрева жилища. При взаимодействии оксида **В** (массовая доля кислорода 7.175%) с продуктом сгорания **Г** образуется белый порошок соли **У**, который в присутствии влаги постепенно превращается в другой белый порошок **З**, издавна используемый в качестве белил.

1. Определите металлы **А** и **В**, неметаллы **Б** и **Г**, ответ аргументируйте и подтвердите расчетом (где это возможно).

2. Запишите уравнение реакции образования соли **Х** из высших оксидов **А** и **Б**, назовите соль **Х**. Установите состав кристаллогидрата **Q**, приведите его химическое и тривиальное названия.

3. Рассчитайте массу кристаллогидрата **Q**, необходимую для приготовления 300 г 25% раствора соли **Х**.

4. Напишите уравнения реакций сгорания неметалла **Г** и образования соли **У**, назовите соль **У**.

5. Белила **З** имеют брутто-формулу $\text{B}_3\text{Г}_2\text{H}_2\text{O}_8$. Рассчитайте массовые доли (%) всех элементов в этом соединении. Рассчитайте массу одной формульной единицы **З** (в г).

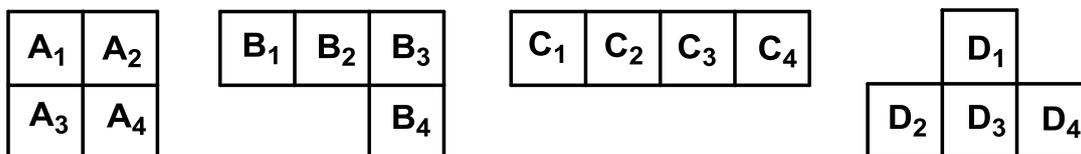
Решение и Критерии оценивания

№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	<p>Исходя из описания, можно сразу догадаться, что металл А – это медь, латинское название которой связано с островом Кипр. Кроме того, это единственный металл, имеющий красную окраску.</p> <p>Неметалл Б – сера: она имеет желтую окраску и образуется в жерлах вулканов, а при ее сгорании образуется едкий сернистый газ, с помощью которого древние люди и отпугивали злых духов.</p> <p>Кроме того, $A_r(\text{Cu}) / A_r(\text{S}) = 64 / 32 = 2$ – соответствует условию</p> <p>Металл В – свинец – он токсичен, из него изготавливают пули и автомобильные аккумуляторы. Проверим наши предположения по данным о массовой доле кислорода в одном из его оксидов. Общая формула оксида – $\text{Э}_2\text{O}_n$</p> $\omega(\text{O}) = 16n / (2A_r(\text{Э}) + 16n) = 0.07175, \text{ откуда } A_r(\text{Э}) = 103.5n$ <p>При $n = 2$ $A_r(\text{Э}) = 207$, что соответствует свинцу, тогда его оксид – PbO</p> <p>Второй неметалл древности Г – это углерод (сжигание угля издавна</p>	

	использовали для обогрева жилища). Таким образом, А – медь Cu Б – сера S В – свинец Pb Г – углерод C	4×1 = 4 б
2.	Высший оксид меди – CuO, высший оксид серы – SO ₃ ; при их взаимодействии протекает реакция: CuO + SO ₃ = CuSO ₄ Следовательно, соль Х – сульфат меди Кристаллогидрат Q имеет состав CuSO ₄ ·nH ₂ O ω(H ₂ O) = 18n / (160 + 18n) = 0.36, откуда n = 5 Формула кристаллогидрата Q – CuSO₄·5H₂O Химическое название – пентагидрат сульфата меди (II) Тривиальное название – медный купорос	1 б 1 б 1 б 1 б 1 б
3.	В приготовленном растворе должно содержаться m(CuSO ₄) = 300×0.25 = 75 г В кристаллогидрате ω(CuSO ₄) = 100 – 36 = 64% m(CuSO₄·5H₂O) = 75 / 0.64 = 117.2 г	2 б
4.	Уравнения реакций: C + O ₂ = CO ₂ PbO + CO ₂ = PbCO ₃ Соль Y – карбонат свинца (II)	1 б 1 б 1 б
5.	Формула белил Z – Pb ₃ C ₂ H ₂ O ₈ Молярная масса M(Z) = 207×3 + 12×2 + 1×2 + 16×8 = 775 г/моль Массовые доли элементов: ω(Pb) = 207×3 / 775 = 0.8013 или 80.13% ω(C) = 12×2 / 775 = 0.03097 или 3.097% ω(H) = 1×2 / 775 = 0.00258 или 0.258% ω(O) = 16×8 / 775 = 0.16516 или 16.516% m(Pb₃C₂O₈H₂) = 775 / 6.02·10²³ = 1.287·10⁻²¹ г	1 б 1 б 1 б 1 б 2 б
	Итого	20 баллов

Задача 5. Элементарный тетрис

Ниже представлены вырезанные из короткопериодной версии Периодической системы химических элементов (ПСХЭ) фрагменты в форме блоков тетриса, в которых все химические элементы зашифрованы:



Раскрыть тайну зашифрованных элементов помогут следующие подсказки:

- все зашифрованные элементы «спрятаны» в первых четырех периодах ПСХЭ;
- элементы **A**₁–**A**₄ были открыты в начале XIX века британским химиком Гемфри Дэви; они являются активными металлами, два из которых имеют по одному электрону на внешнем энергетическом уровне, а еще два содержат равное число протонов и нейтронов в ядрах атомов;
- элементы **B**₁–**B**₄ являются типичными неметаллами, их простые вещества – газы, образованные двухатомными молекулами;
- элементы **C**₁–**C**₄ относятся к переходным (d-) металлам; один из них является элементом древности и притягивается магнитом, еще два элемента названы немецкими горняками «злым гномом» Кобальдом и «медным дьяволом» Купферникелем;
- элементы **D**₂ и **D**₃ входят в тройку наиболее распространенных элементов, составляют основу многих минералов и драгоценных камней;
- элемент **D**₁ известен с древнейших времен, а элемент **D**₄ впервые был выделен из мочи алхимиком Хеннигом Брандом в XVII веке.

1. Определите загаданные элементы, ответ представьте в формате «буква – символ элемента – название элемента».
2. Простые вещества, образованные двумя из зашифрованных элементов, являются основными компонентами воздуха. Назовите их и рассчитайте их плотность в г/л (при н.у.).
3. Какой из загаданных элементов является наиболее электроотрицательным?
4. Какой из загаданных элементов дал название веку в истории?

<https://rlc-rm.gosuslugi.ru/profilnye-napravleniya/profilnye-napravleniya-podgotovki/himiya/>

Решение и Критерии оценивания

№	Элемент ответа (допускаются иные формулировки и способы решения, удовлетворяющие условию задачи)	Баллы
1.	Рассмотрим первый фрагмент тетриса – речь идет об активных металлах, два из которых располагаются в I группе ПСХЭ, поскольку содержат по одному электрону на внешнем энергетическом уровне. Это могут быть литий, натрий, калий. Тогда два других элемента расположе-	

	<p>ны во II группе ПСХЭ – это могут быть бериллий, магний, кальций. Равное число протонов и нейтронов в ядрах атомов содержат только магний и кальций, что позволяет отбросить литий и бериллий. Следовательно,</p> <p>A₁ – Na – натрий A₂ – Mg – магний A₃ – K – калий A₄ – Ca – кальций</p> <p>Второй фрагмент тетриса включает типичные неметаллы, из которых только хлор, фтор, кислород, азот и водород образуют газообразные простые вещества – двухатомные молекулы. С учетом формы фрагмента единственным удовлетворяющим условию вариантом, который можно вырезать из ПСХЭ, являются азот, кислород, фтор и хлор. Таким образом,</p> <p>B₁ – N – азот B₂ – O – кислород B₃ – F – фтор B₄ – Cl – хлор</p> <p>Третий фрагмент тетриса включает переходные металлы, расположенные в четырех соседних клетках по горизонтали. Из описания становится ясно, что речь идет о железе (элемент древности, притягивается магнитом), кобальте и никеле (их названия созвучны с названиями, данными немецкими горняками). Учитывая, что эти три элемента находятся в VIII группе короткопериодной версии ПСХЭ (триада железа), то четвертым элементом может быть только марганец. Следовательно,</p> <p>C₁ – Mn – марганец C₂ – Fe – железо C₃ – Co – кобальт C₄ – Ni – никель</p> <p>Расшифровку последнего фрагмента следует начать с описания элементов D₂ и D₃: в тройку наиболее распространенных элементов входят кислород, кремний и алюминий. В соседних клетках ПСХЭ находятся только кремний и алюминий, к тому же, кислород уже входил в другой фрагмент тетриса. Тогда элементом D₁ может быть бор или углерод (из них только углерод известен с древних времен), а элементом D₄ – магний или фосфор (магний уже использован в другом фрагменте тетриса, а фосфор действительно выделен из мочи). Таким образом,</p> <p>D₁ – C – углерод D₂ – Al – алюминий D₃ – Si – кремний D₄ – P – фосфор</p>	<p>4×1 = 4 б</p> <p>4×1 = 4 б</p> <p>4×1 = 4 б</p> <p>4×1 = 4 б</p>
2.	<p>В состав воздуха входят простые вещества кислород O₂ и азот N₂.</p> <p>$\rho(O_2) = 32 / 22.4 = 1.43 \text{ г/л}$ $\rho(N_2) = 28 / 22.4 = 1.25 \text{ г/л}$</p>	<p>2×0.5 = 1 б 1 б 1 б</p>
3.	<p>Наиболее электроотрицательным элементом является фтор F.</p>	<p>0.5 б</p>
4.	<p>Железный век был назван в честь элемента железа Fe.</p>	<p>0.5 б</p>
	<p>Итого</p>	<p>20 баллов</p>