

Наносистемы и наноинженерия

2022/23 учебный год

Заключительный этап

Предметный тур

Физика. 8–9 классы

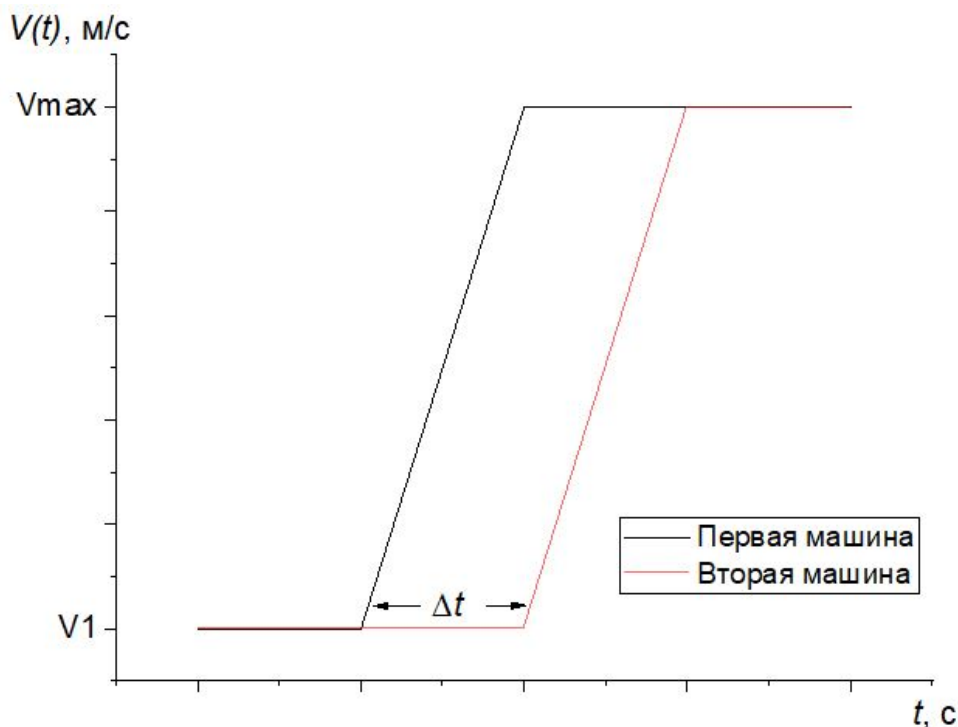
Задача VI.1.1.1. Кинематика (20 баллов)

Темы: сила тяжести и вес.

Две гоночные машины проходят сложный участок трассы с одинаковой скоростью 50 км/ч, при этом расстояние между машинами 300 м. После того, как идущая впереди машина проходит сложный участок, она ускоряется до 90 км/ч с постоянным ускорением. Вторая машина полностью повторяет действия идущей впереди машины, как только тоже заканчивает сложный участок трассы. Какое расстояние будет между машинами, когда машина, идущая позади закончит ускоряться до 90 км/ч?

Решение

Используем графический метод решения и изобразим изменение скорости каждой из машин на графике $V(t)$.



Видно, что вторая машина ведет себя абсолютно также как первая, только с задержкой по времени в Δt , которое является временем, необходимым второй машине для достижения точки, с которой начала ускоряться первая машина. Поскольку вто-

рая машина на этом участке движется равномерно, следовательно:

$$\Delta t = \frac{L}{V_1}.$$

Геометрическим смыслом получившегося параллелограмма будет изменение расстояния между машинами L_2 :

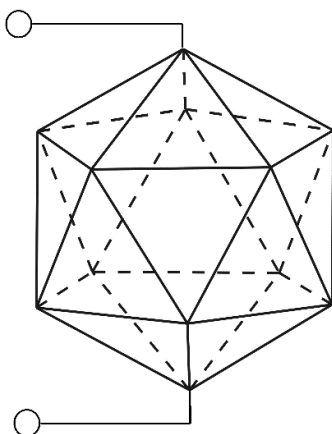
$$L_2 = (V_{MAX} - V_1)\Delta t = (V_{MAX} - V_1)\frac{L}{V_1} = 240 \text{ м.}$$

Тогда искомое расстояние будет равно $L + L_2$.

Ответ: $L + L_2 = L + (V_{MAX} - V_1)\frac{L}{V_1} = 540 \text{ м.}$

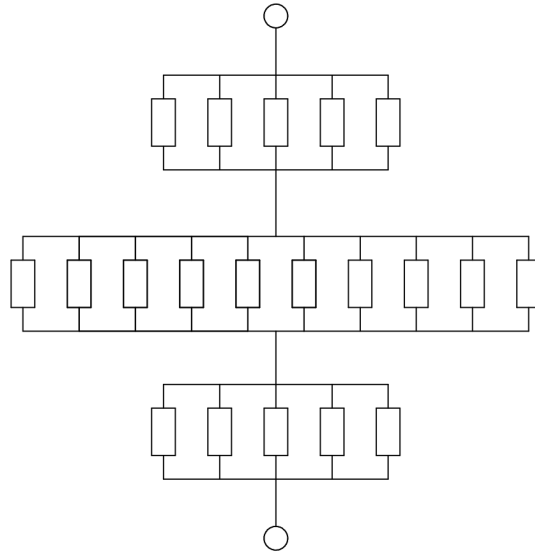
Задача VI.1.1.2. Электрические цепи (25 баллов)

Из проволоки изготовлен икосаэдр (правильный двадцатигранник, см. рисунок), к двум противоположным вершинам которого подключены проводники. Найдите сопротивление всей цепи, если сопротивление ребер, соединённых непосредственно с проводниками $R_1 = 5 \text{ Ом}$, а ребер, не соединённых с проводниками $R_2 = 10 \text{ Ом}$.



Решение

Все вершины в каждой горизонтальной плоскости являются эквипотенциальными точками, и, соединив их между собой, можно упростить схему.



Тогда общее сопротивление цепи будет равно:

$$R_{total} = \frac{R_1}{5} + \frac{R_1}{5} + \frac{R_2}{10} = \frac{2R_1}{5} + \frac{R_2}{10} = 3 \text{ Ом.}$$

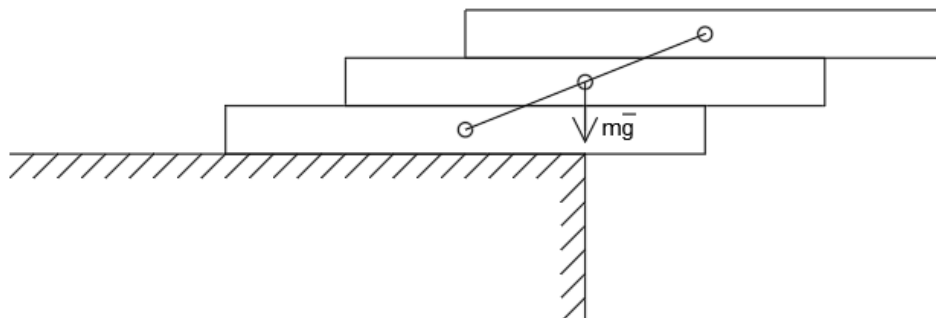
Ответ: 3 Ом.

Задача VI.1.1.3. Статика (15 баллов)

Книга формата а5 (148 · 210 мм) толщиной 2 см и массой 250 г лежит на краю стола, свисая на 52 мм (длинной стороной). Определите, сколько еще таких же книг можно положить сверху до обрушения конструкции при условии, что край каждой последующей книги будет выступать на такую же величину от края нижележащие книги.

Решение

Очевидно, чтобы система находилась в равновесии, общий центр тяжести системы не должен пересекать край стола. Поскольку с каждой положенной сверху книгой центр тяжести системы смещается на 26 мм, то при приложении двух книг сверху центр тяжести системы сместится от исходного на величину 52 мм, т. е. будет близок к краю стола. Это означает что следующая книга сместит центр тяжести за край стола.



Ответ: две книги.

Задача VI.1.1.4. Динамика (20 баллов)

Темы: кинетическая и потенциальная энергии.

Брусок толкнули с некой начальной скоростью вверх вдоль плоскости, имеющей угол с горизонтом 45° . Известно, что время подъёма вдвое меньше времени спуска до начальной точки. Определите коэффициент трения между телом и поверхностью.

Решение

Из второго закона Ньютона найдем ускорение, с которым будет двигаться брусок во время подъёма:

$$a_1 = g \sin \alpha + \mu \cos \alpha.$$

Выразим время подъёма t_1 из условия, что брусок полностью остановится:

$$V_0 - a_1 t_1 = 0 \rightarrow t_1 = \frac{V_0}{a_1}.$$

Запишем уравнение движения для бруска во время подъёма, введя ось x вдоль направления движения:

$$S = x(t_1) = V_0 t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2} \rightarrow S = x(t_1) = \frac{V_0^2}{a_1} - \frac{V_0^2}{2a_1} = \frac{V_0^2}{2a_1}.$$

По аналогии запишем ускорение и уравнение движения для бруска, когда он будет спускаться обратно:

$$a_2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha.$$

$$S = x(2t_1) = \frac{a_2}{2} (2t_1)^2 = 2a_2 \left(\frac{V_0}{a_1} \right)^2.$$

Приравняем эти два уравнения движения и выразим коэффициент трения:

$$\frac{V_0^2}{2a_1} = 2a_2 \left(\frac{V_0}{a_1} \right)^2 \rightarrow 4(g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha \rightarrow 0,6 \operatorname{tg} \alpha = \mu = 0,6.$$

Ответ: 0,6.

Задача VI.1.1.5. Динамика (20 баллов)

Темы: удельная теплоемкость, тепловой баланс.

В сосуде с водой плавает деревянный шарик с плотностью $\rho_d = 800 \text{ кг/м}^3$. Как изменится объём шарика, погруженный в воду, если в сосуд налить бензин ($\rho_b = 700 \text{ кг/м}^3$) так, что он полностью покроет шарик?

Решение

Пусть объём деревянного шарика равен $V_{\text{ш}}$, а объём его части, погруженной в воду, равен V_0 до наливания бензина и V_1 после того, как бензин полностью закроет

шарик. Величина V_0 находится из условия равенства сил тяжести и силы Архимеда до момента добавления бензина:

$$\rho_d V_{\text{Ш}} g = \rho_v V_0 g \rightarrow V_0 = \frac{\rho_d V_{\text{Ш}}}{\rho_v},$$

где ρ_v — плотность воды. Условие плавания шарика после добавления бензина примет вид:

$$\rho_d V_{\text{Ш}} g = \rho_v V_1 g + \rho_b (V_{\text{Ш}} - V_1) g,$$

следовательно:

$$V_1 = V_{\text{Ш}} \frac{\rho_d - \rho_b}{\rho_v - \rho_b}.$$

Таким образом отношение V_0 к V_1 будет выглядеть так:

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{\rho_d \rho_v - \rho_b}{\rho_v \rho_d - \rho_b} = \frac{1 - \frac{\rho_b}{\rho_v}}{1 - \frac{\rho_b}{\rho_d}} = \frac{1 - 0,7}{1 - \frac{7}{8}} = \frac{0,3}{0,125} = 2,4,$$

видно что $V_1 < V_0$, следовательно объём погруженной в воду части шарика при наливании бензина уменьшится в 2,4 раза.

Ответ: уменьшится в 2,4 раза.

Критерии оценивания

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом;</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины</p>	20
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>и (или)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>и (или)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>и (или)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	10

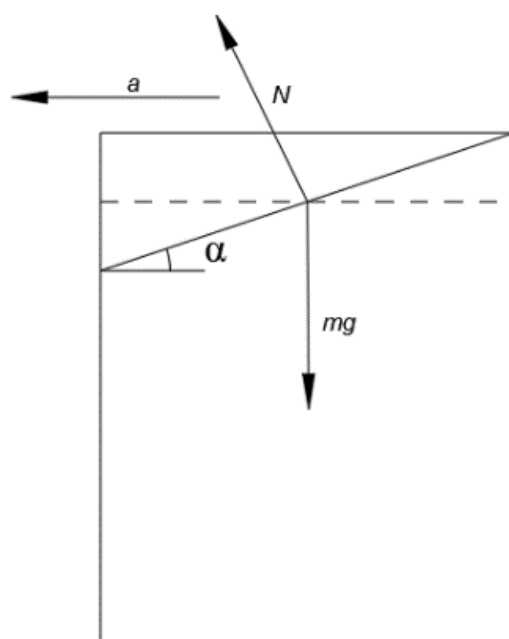
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. или В решении отсутствует одна из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. или В одной из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	5
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок.	0
Максимальный балл	20

Физика. 10–11 классы

Задача VI.1.2.1. Динамика (20 баллов)

Проводник поезда налил чай в стакан высотой 12 см и радиусом 3 см так, что до края стакана остался один сантиметр. Поезд начал двигаться с постоянным ускорением, при этом чай достиг края стакана. Найдите ускорение поезда.

Решение



Выделим мысленно малый объем жидкости у самой поверхности. При движении с постоянным ускорением a , силы, действующие на объем массой m , должны давать равнодействующую, которой будет сила N нижележащих слоев, нормальная к поверхности жидкости. Сила N должна иметь такой модуль и направление, чтобы равнодействующая сил N и mg была равна ma . Следовательно:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{g}.$$

Поскольку известно, что жидкость почти вылилась из стакана, это соответствует тому, что верхнее значение уровня жидкости равно высоте края стакана, но, чтобы компенсировать этот объём, такой же объём жидкости должен уйти с другой стороны, следовательно:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta h}{R} \rightarrow \frac{\Delta h}{R} = \frac{a}{g} \rightarrow a = g \frac{\Delta h}{R} = 3,26 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: $a = 3,26 \text{ м/с}^2$.

Задача VI.1.2.2. Кинематика (20 баллов)

Плот оттолкнули от берега с начальной скоростью V_0 перпендикулярно течению широкой реки. Скорость течения неоднородна и возрастает по мере удаления от берега по закону $V_1 = kS$, где S — это расстояние от берега, k — некоторая константа. Найдите перемещение плота в момент времени t_1 , берег можно считать ровным на всём протяжении реки.

Решение

Введем две оси координат, вдоль (y) и перпендикулярно течению реки (x), и запишем уравнение движения вдоль оси x :

$$OX : x(t) = V_0 t.$$

Очевидно, что расстояние от берега S будет равняться координате $x(t)$, следовательно, скорость V_1 будет иметь следующий вид:

$$V_1 = kS = kV_0 t.$$

Из полученного выражения можно сделать вывод, что скорость V_1 зависит линейно от времени, следовательно, движение вдоль оси y — равноускоренное, что позволяет записать нам уравнение движения вдоль оси y :

$$OY : y(t) = \frac{kV_0}{2} t^2.$$

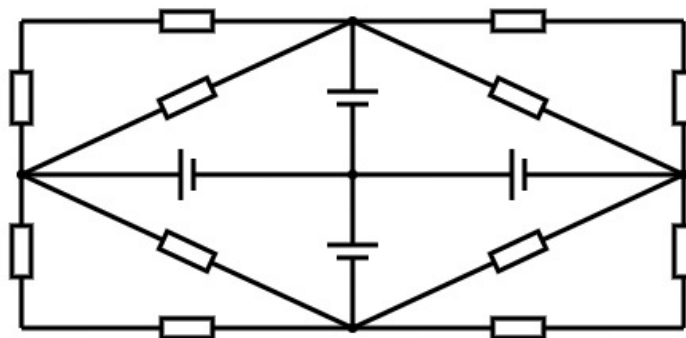
Следовательно, перемещение плота Δr в момент времени t_1 , будет равняться векторной сумме перемещений вдоль каждой из осей:

$$\Delta r = \sqrt{\left(\frac{kV_0}{2} t_1^2\right)^2 + (V_0 t_1)^2}.$$

Ответ: $\Delta r = \sqrt{\left(\frac{kV_0}{2}t_1^2\right)^2 + (V_0t_1)^2}$.

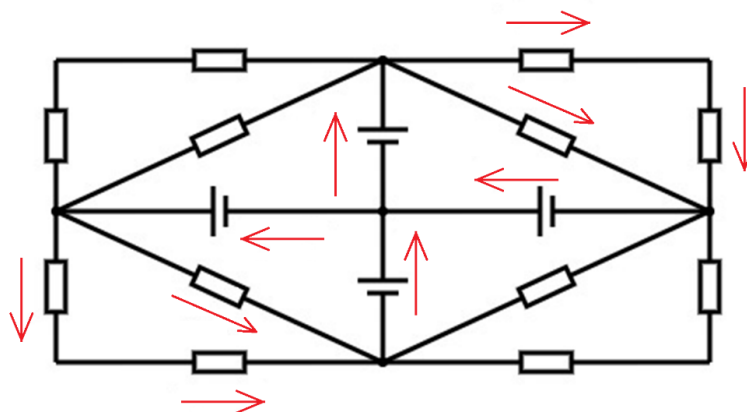
Задача VI.1.2.3. Электрические цепи (20 баллов)

В электрической схеме, показанной на рисунке, найдите значения сил тока, проходящих через все резисторы, при условии, что все источники напряжения идеальные и каждый из них создает ЭДС равное 20 В. Все изображенные резисторы имеют сопротивление 100 Ом.

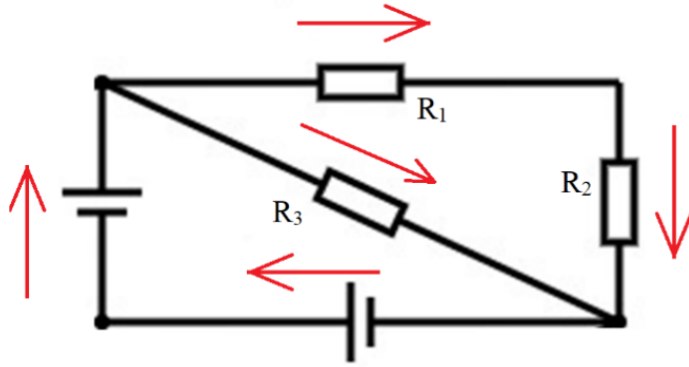


Решение

Изобразим направление движения тока в цепи.

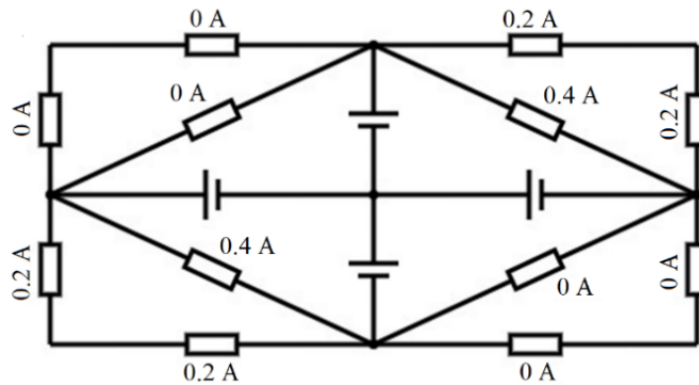


Очевидно, имеются участки, через которые ток не течет из-за симметрии цепи (все источники и сопротивления одинаковы). По той же причине, мы можем свести текущую задачу к следующему виду.



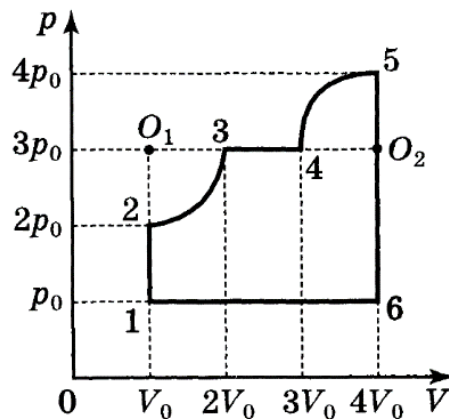
Два последовательно включенных ЭДС по 20 В заменяем на одно ЭДС 40 В, следовательно, падение напряжения на резисторе R_3 равно суммарному падению напряжения на резисторах R_1 и R_2 и равно 40 В. Следовательно ток через резистор $R_3 = 0,4$ А, а через резисторы R_1 и R_2 0,2 А. Запишем все значения токов на начальной схеме.

Ответ:



Задача VI.1.2.4. Термодинамика (25 баллов)

Определите КПД цикла, показанного на рисунке. Газ идеальный одноатомный. Участки 2–3 и 4–5 являются участками окружностей с центрами O_1 и O_2 .



Решение

По определению КПД — это отношение полезной работы цикла A к затраченным энергии Q_3 :

$$\eta = \frac{A}{Q_3}.$$

Работу можно выразит через затраченную Q_3 и отданную Q_0 системой энергию следующим образом $A = Q_3 - |Q_0|$. Выразим КПД:

$$\eta = \frac{A}{A + |Q_0|}.$$

Энергия отдаётся на участках 5–6 и 6–1.

$$Q_0 = \frac{3}{2}R(T_5 - T_6) + \left(\frac{3}{2}R + R\right)(T_6 - T_1) = \frac{3}{2}(16 - 4)p_0V_0 + \frac{5}{2}(4 - 1)p_0V_0 = \frac{51}{2}p_0V_0.$$

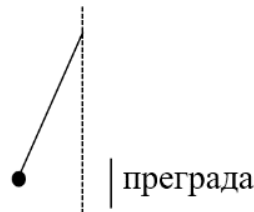
Работа численно равна площади цикла при этом площадь на участках 2–3 и 5–6 суммарно дает площадь p_0V_0 , то $A = 6p_0V_0$. Следовательно КПД равно:

$$\eta = \frac{A}{A + |Q_0|} = \frac{6p_0V_0}{6p_0V_0 + \frac{51}{2}p_0V} = \frac{4}{21}.$$

Ответ: $\eta = \frac{4}{21}$.

Задача VI.1.2.5. Колебания (20 баллов)

Математический маятник совершает гармонические колебания с известным периодом T . Найдите как изменится период колебаний, если на пути груза маятника на половине амплитуды его колебания поставить преграду, о которую груз совершает абсолютно упругое соударение.



Решение

Запишем уравнение колебаний для угла отклонения математического маятника:

$$\phi_1 = A \sin(\omega t).$$

Найдем момент времени t_1 когда маятник достигнет преграды:

$$\frac{A}{2} = A \sin(\omega t_1) \rightarrow \sin(\omega t_1) = \frac{1}{2} \rightarrow \omega t_1 = \frac{\pi}{6},$$

поскольку $\omega = \frac{2\pi}{T}$, то $t_1 = \frac{T}{12}$. Следовательно, новый период колебаний T_1 будет равен сумме половины старого периода колебаний и двух времен t_1

$$T_1 = \frac{T}{2} + \frac{T}{6} = \frac{2}{3}T.$$

Ответ: $T_1 = \frac{2}{3}T$.

Критерии оценивания

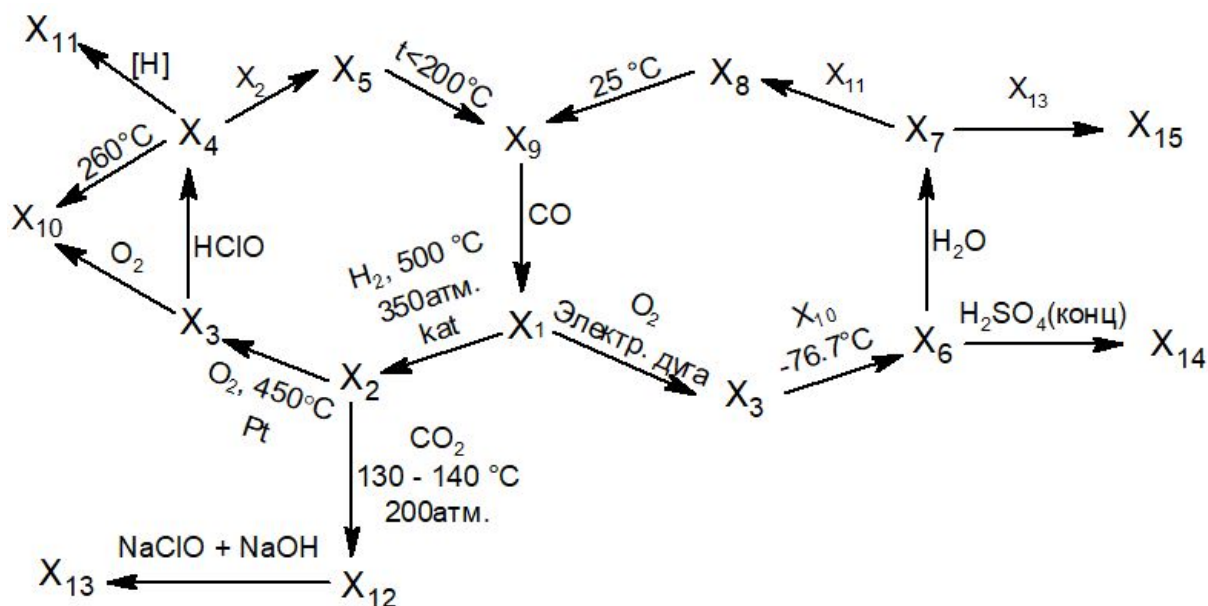
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом;</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины</p>	20
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>и (или)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>и (или)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>и (или)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	10

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>или</p> <p>В решении отсутствует одна из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>или</p> <p>В одной из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	5
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок.</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	20

Химия. 8–9 классы

Задача VI.1.3.1. Цепочка превращений (36 баллов)

На предлагаемой Вашему вниманию схеме представлены превращения веществ X_1 – X_{15} .



Известно, что ни в одном из соединений не находится катионов металлов.

Также про соединения известно следующее:

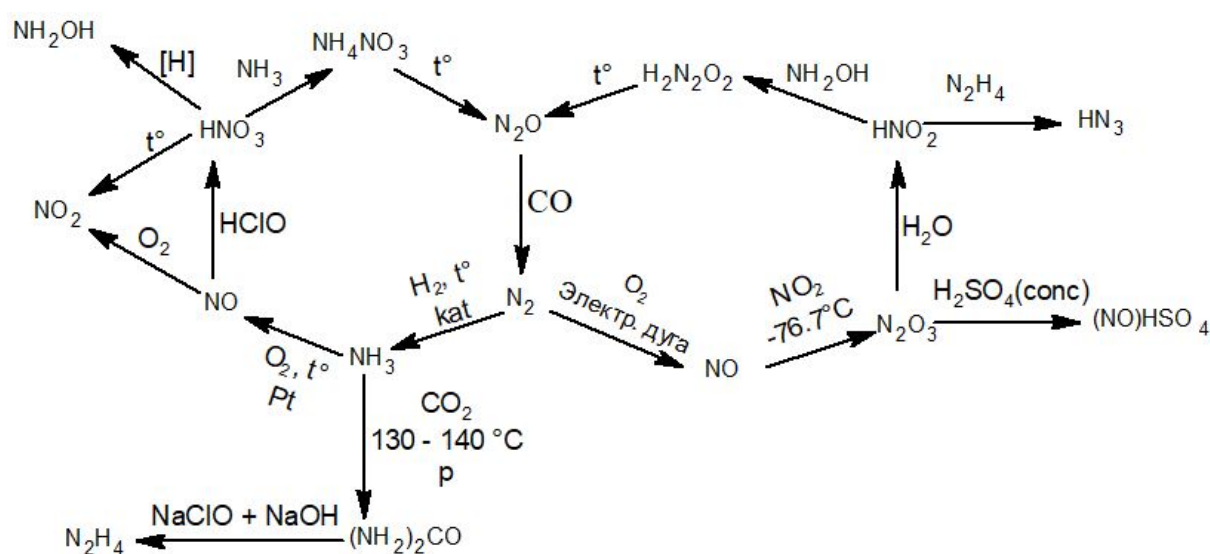
- Соединение X_1 имеет температуру кипения 77К.
- Водный раствор соединения X_2 применяется в медицине.
- Соединение X_3 образуется при воздействии на X_1 сильного электрического заряда, например, во время грозы.
- Соединение X_4 является сильным окислителем и сильной кислотой.
- Соединения X_5 и X_{12} используются в качестве удобрений, при этом известно, что $\omega(C)$ в X_{12} составляет 20,00%, водорода — 6,67%, а кислорода — 26,67%. Атомную массу углерода принять равной 12 а. е. м, водорода — 1 а. е. м., а кислорода — 16 а. е. м.
- Соединение X_6 окрашено в синий цвет.
- Для существования X_7 необходима температура хранения менее 5 °С, иначе оно разлагается на X_3 , X_{10} и воду.
- X_8 является нестабильной кислотой и существует только в виде разбавленных растворов, при этом $\omega(X) = 45,16\%$.
- X_9 является газообразным соединением.
- X_{10} имеет тривиальное название «лисий хвост».
- В соединении X_{11} $\omega(X) = 42,42\%$, $\omega(O) = 48,48\%$ ($A_r = 16$ а. е. м.), $\omega(H) = 9,1\%$ ($A_r = 1$ а. е. м.).
- Соединение X_{13} используется как ракетное топливо, $\omega(X) = 87,5\%$, $\omega(H) = 12,5\%$.

- Соединение X_{14} представляет собой ионное соединение состава $(XO)HSO_4$, содержание серы составляет 25,2%, атомная масса серы 32 а. е. м.
- Натриевая соль кислоты X_{15} (содержание X в кислоте 97,7%) используется в подушках безопасности, но при этом взрывается от удара, при этом выделяется X_1 и металлический натрий.

Задание:

1. Определите формулу и дайте названия соединений X_1 – X_{15}
2. Напишите уравнения указанных реакций. Одна стрелочка соответствует одному уравнению.
3. Подтвердите расчетами состав соединений X_8 , X_{11} – X_{14} .

Решение



Формулы и названия веществ:

1. Для определения вещества X_1 необходимо перевести кельвины в цельсии.
 $-273 + 77 \text{ K} = -196 \text{ }^\circ\text{C}$, что соответствует температуре кипения жидкого азота, следовательно, вся цепочка связана с соединениями азота.
2. Посмотрим на путь получения вещества X_2 , так получают только аммиак, водный раствор которого и используют в медицине.
3. Азот с кислородом во время гроз, либо под действием высоких электрических зарядов дает оксид азота (II) (монооксид азота) — X_3 .
4. Сильная азотсодержащая кислота-окислитель — азотная кислота — X_4 .
5. Соединение X_5 получается при взаимодействии азотной кислоты и аммиака — нитрат аммония (аммиачная селитра)
6. У азота среди соединений в синий окрашен только оксид азота (III) (азотистый ангидрид, триоксид диазота) — X_6 .
7. С учетом того, что азотистый ангидрид реагирует с водой и делаем вывод, что X_7 — это азотистая кислота.
8. В случае X_8 нам дано содержание $\omega(X) = 45,16\%$, мы выяснили, что это азот и нам остается определить, какая именно кислота образуется.

$Mr = Ar/\omega = 14/0,4516 = 31$ г/моль, тогда состав кислоты HNO , которая существует только в виде димера $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$ азотноватистая кислота.

9. При разложении нитрата аммония образуется оксид азота (I) (веселящий газ) — X_9 .
10. При окислении кислородом монооксида азота образуется диоксид азота (оксид азота (IV), бурый газ) — X_{10} .
11. Соединение X_{11} образуется при восстановлении азотной кислоты атомарным водородом, $\omega(\text{N}) = 42,42\%$, $\omega(\text{O}) = 48,48\%$ ($Ar = 16$ а. е. м.), $\omega(\text{H}) = 9,1\%$ ($Ar = 1$ а. е. м.). Отсюда мы можем выразить состав вещества $\text{N} : \text{H} : \text{O} = \omega(\text{N})/Ar(\text{N}) : \omega(\text{H})/Ar(\text{H}) : \omega(\text{O})/Ar(\text{O}) = 1 : 3 : 1$ NH_3O , такой формуле соответствует гидроксилламин.
12. Поскольку нам известно содержание углерода и кислорода в соединении X_{12} найдем его молярную массу $Mr = Ar(\text{C})/\omega(\text{C}) = 12/0,2 = 60$ г/моль, проверим, сколько кислорода в веществе $16/60 = 0,2667$, следовательно, $\text{C} : \text{O} = 1 : 1$, оставшаяся часть вещества идет на азот определим состав $\text{N} : \text{C} : \text{O} : \text{H} = \omega(\text{N})/Ar(\text{N}) : \omega(\text{C})/Ar(\text{C}) : \omega(\text{O})/Ar(\text{O}) : \omega(\text{H})/Ar(\text{H}) = 2 : 1 : 1 : 4$ $\text{N}_2\text{H}_4\text{CO} = (\text{NH}_2)_2\text{CO}$ — мочеви́на (карба́мид).
13. Для X_{13} известен элементный состав $\omega(\text{N})/Ar(\text{N}) : \omega(\text{H})/Ar(\text{H}) = 2 : 4$ гидразин (диамин).
14. Соединение X_{14} представляет собой ионное соединение состава $(\text{XO})\text{HSO}_4$, содержание серы составляет $25,2\%$, атомная масса серы 32 а. е. м.
15. Из данного соединения мы также можем определить вещество X , просто найдя молярную массу 14 а. е. м., и вычтя массы известных атомов $Mr(\text{X}) = 14$ а. е. м.
16. Известно, что X_{15} — кислота, соли которой неустойчивы, кроме этого известно содержание азота в данной кислоте легко находится формула азотистоводородной (азидоводородной) кислоты.

(за каждый, верно, выполненный расчет 0,6 балла — всего 3 балла)

X_1 — N_2 — азот.

X_2 — NH_3 — аммиак.

X_3 — NO — монооксид азота (оксид азота (II)).

X_4 — HNO_3 — азотная кислота.

X_5 — NH_4NO_3 — нитрат аммония (аммиачная селитра).

X_6 — N_2O_3 — оксид азота (III) (азотистый ангидрид/триоксид диазота).

X_7 — HNO_2 — азотистая кислота.

X_8 — $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$ — азотноватистая кислота.

X_9 — N_2O — веселящий газ.

X_{10} — NO_2 — оксид азота (IV) (диоксид азота/бурый газ).

X_{11} — NH_2OH — гидроксилламин.

X_{12} — $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ — мочеви́на (карба́мид).

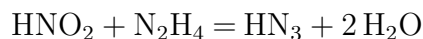
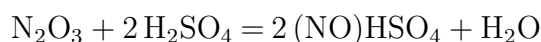
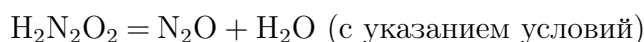
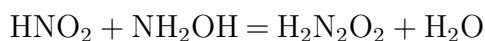
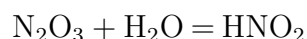
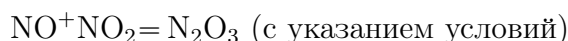
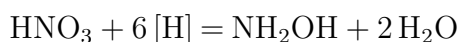
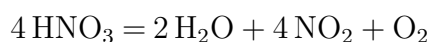
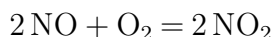
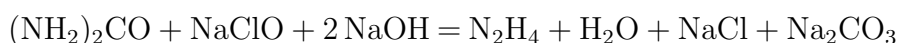
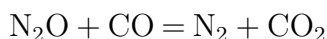
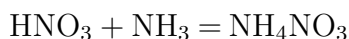
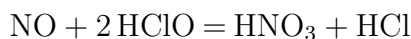
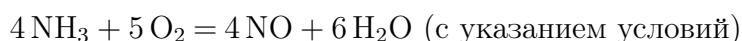
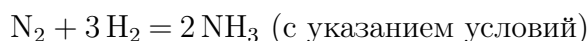
X_{13} — N_2H_4 — гидразин (диамин).

X_{14} — $(\text{NO})\text{HSO}_4$ — гидросульфат нитрозила.

X_{15} — HN_3 — азотистоводородная (азидоводородная) кислота.

(0,5 балла за одно название + 0,5 балла за одну формулу – всего 15 баллов)

Уравнения реакций:



(Одна реакция 1 балл. Всего 18 баллов)

Задача VI.1.3.2. Анализ смеси веществ (10 баллов)

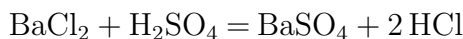
При растворении смеси солей массой 9 г был получен раствор рыжевато-жёлтого цвета. При добавлении к раствору разбавленной серной кислоты наблюдали выпадение осадка белого цвета. Раствор отфильтровали от осадка и добавили раствор жёлтой кровяной соли, был получен осадок синего цвета. Масса белого осадка составила 7,9 г.

Задание:

1. Определите качественный состав солей в исходной смеси, а также их массовую долю в смеси (в процентах), если при пропускании электрического тока через раствор исходной соли на аноде выделялся газ желтовато-зеленого цвета с удушливым запахом, а также известно, что обе соли имеют одинаковый кислотный остаток. Примерное соотношение молярных масс катиона и аниона в первой соли составляет 2 : 1, во второй соли — 1 : 2.
2. Напишите уравнения протекающих реакций при добавлении раствора серной кислоты, при добавлении жёлтой кровяной соли, а также электрохимическую реакцию на аноде при пропускании электрического тока.
3. Как называют синий осадок, полученный при добавлении жёлтой кровяной соли к раствору?

Решение

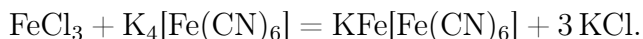
Газ, выделяющийся на аноде, свидетельствует о наличии хлоридов в смеси. При добавлении раствора серной кислоты выпадает белый осадок сульфата бария.



Убедиться, что это именно барий, можно из соотношения масс катиона бария и кислотного остатка хлорида в соли.

$$m(\text{BaCl}_2) = m(\text{BaSO}_4) \cdot M(\text{BaCl}_2)/M(\text{BaSO}_4) = 7,9 \cdot 208/233 = 7,1 \text{ г. (3 балла)}$$

По цвету раствора можно предположить наличие соли железа в смеси. При добавлении жёлтой кровавой соли образуется осадок берлинской лазури характерного синего цвета, что подтверждает гипотезу о наличии соли железа (III) в смеси. Исходя из соотношения масс катиона и кислотного остатка можно определить соотношение железа и хлора в соли, получаем ответ — FeCl_3 . Массу хлорида железа в исходной смеси можно найти следующим образом:



$$m(\text{FeCl}_3) = m(\text{смеси}) - m(\text{BaCl}_2) = 9 - 7,1 = 1,9 \text{ г (2 баллов)}$$

Таким образом, массовую долю компонентов в смеси можно найти:

$$\omega(\text{FeCl}_3) = m(\text{FeCl}_3)/m(\text{смеси}) = 1,9/9 = 0,21 = 21\%;$$

$$\omega(\text{BaCl}_2) = m(\text{BaCl}_2)/m(\text{смеси}) = 7,1/9 = 0,79 = 79\%.$$

(2 балла)

При пропускании электрического тока через раствор, содержащий хлорид-анионы, протекает следующая реакция: $2\text{Cl}^- - 2\text{e} = \text{Cl}_2$ (2 балла)

Синий осадок называют берлинской лазурью. (1 балл)

Задача VI.1.3.3. Оксиды железа (27 баллов)

Смесь металлического железа со свежеприготовленными оксидами железа (II) и железа (III) нагревали в закрытом сосуде в атмосфере водорода. Количество 4,01 г смеси при реакции дает 3,33 г железа и 0,76 г воды (расчеты проводить при полном восстановлении водородом до металла). Когда такому же количеству смеси давали возможность прореагировать с избытком раствора сульфата меди (II), получали 4,12 г твердой смеси.

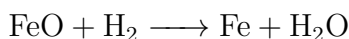
1. Рассчитайте количество 7,3% соляной кислоты ($\rho = 1,03 \text{ г/см}^3$), необходимое для общего растворения 4,01 г исходной смеси.
2. Какой объем газа выделится при стандартных условиях?

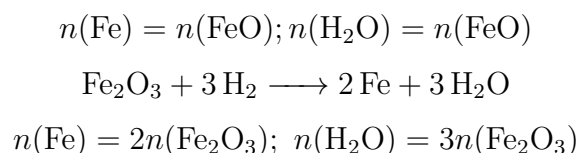
Относительные атомные массы элементов:

$Ar(\text{O}) = 16 \text{ а. е. м.}; Ar(\text{S}) = 32 \text{ а. е. м.}; Ar(\text{Cl}) = 35,5 \text{ а. е. м.}; Ar(\text{Fe}) = 56 \text{ а. е. м.}; Ar(\text{Cu}) = 64 \text{ а. е. м.}$

Решение

А) Реакция с водородом:





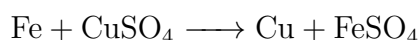
Масса железа после восстановления: 3,33 г.

Общее количество вещества железа после восстановления:

$$n(\text{Fe}) + n(\text{FeO}) + 2n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{3,33 \text{ г}}{56 \text{ г/моль}} = 0,06 \text{ моль.} \quad (\text{VI.1.1})$$

(7 баллов)

В) Реакция с сульфатом железа (II):



Увеличение массы: 4,12 г – 4,01 г = 0,11 г.

После реакции 1 моль Fe, увеличение молярной массы будет следующим:

$$M(\text{Cu}) - M(\text{Fe}) = 64 \text{ г/моль} - 56 \text{ г/моль} = 8 \text{ г/моль.}$$

Количество вещества железа в смеси:

$$n(\text{Fe}) = \frac{0,11 \text{ г}}{8 \text{ г/моль}} = 0,01 \text{ моль} \quad (\text{VI.1.2})$$

(4 балла)

С) Образование воды после реакции: 0,76 г H₂O, то есть 0,04 моль.

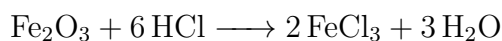
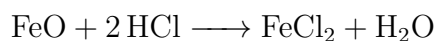
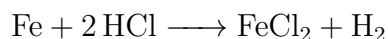
$$0,04 \text{ моль} = n(\text{Fe}) + 3n(\text{Fe}_2\text{O}_3) \quad (\text{VI.1.3})$$

учитывая расчеты (VI.1.1), (VI.1.2), (VI.1.2):

$$n(\text{FeO}) = 0,03 \text{ моль}; n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,01 \text{ моль}$$

(4 балла)

D) Расход кислоты на реакции:



$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{Fe}) + 2n(\text{FeO}) + 6n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,02 + 0,06 + 0,06 = 0,14 \text{ моль}$$

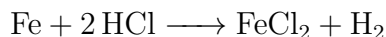
Вариация решения 1

Общий расход кислоты: $n(\text{HCl}) = 0,14$ моль.

$$V(7,3\% \text{HCl}) = \frac{nM}{\omega\rho} = \frac{0,14 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль}}{0,073 \cdot 1,03 \text{ г/см}^3} = 68 \text{ см}^3.$$

(7 баллов)

Объем водорода:



Железа в смеси: 0,01 моль.

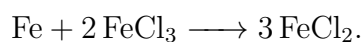
Железа прореагировало с кислотой: 0,01 моль.

Следовательно, 0,01 моль водорода, то есть образовалось 0,224 дм³ водорода.

(5 балла)

Вариация решения 2

Часть железа прореагировала в соответствии с уравнением



$$n(\text{Fe}) = 0,5 \times n(\text{FeCl}_3) = n(\text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$n(\text{Fe}) = 0,005 \text{ моль}$$

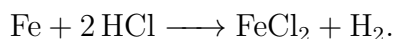
Это означает, что расход кислоты уменьшается на 0,01 моль.

Общий расход кислоты: $n(\text{HCl}) = 0,13$ моль.

$$V(7,3\% \text{HCl}) = \frac{nM}{\omega\rho} = \frac{0,13 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль}}{0,073 \cdot 1,03 \text{ г/см}^3} = 63 \text{ см}^3.$$

(7 баллов)

Объем водорода:



Железа в смеси: 0,01 моль.

Железа прореагировало с FeCl_3 : 0,005 моль.

Железа прореагировало с кислотой: 0,005 моль.

Следовательно, 0,005 моль водорода, то есть образовалось 0,112 дм³ водорода.

(5 балла)

Задача VI.1.3.4. Тайна минералов (27 баллов)

Минералы сподумен и петалит являются рудами очень важного, но редкого металла **X**, они оба состоят из четырех элементов, три из которых являются самыми распространенными в земной коре, а их формулы различаются только индексами, причем содержание **X** в сподумене 3,76%, а в петалите — 2,29% по массе. Чтобы получить металл **X**, сподумен обжигают, очищают от пустой породы и полученный концентрат обрабатывают серной кислотой, а потом добавляют известняк до

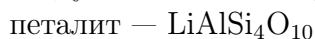
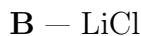
слабокислой среды, в результате соль **A** (содержит 12,7% **X** по массе) оказывается в растворе. Полученный раствор отфильтровывают и упаривают в несколько раз, а затем добавляют кальцинированную соду при кипячении и отфильтровывают осадок **B** (18,9% **X** по массе). При растворении **B** в соляной кислоте получается соль **B**, электролизом которой и получается металлический **X**.

1. Определите металл **X**, формулы солей **A**, **B**, **B**, петалита и сподумена. Напишите уравнения всех описанных реакций.
2. Каково основное применение **X** в промышленности сегодня? За последние 25 лет мировое производство **X** выросло более чем в 10 раз, с чем это связано? Какие еще металлы применяются или применялись для этой технологии до **X**?

Решение

1. Самые распространенные элементы земной коры: O, Si, Al, значит сподумен и петалит относятся к алюмосиликатам, их формулы можно записать как $X_xAl_aSi_bO_c$ и $X_xAl_aSi_bO_c$. При растворении подобных веществ в серной кислоте будет выделяться сульфат **X**, который и является солью **A**. Атомная масса металла находится из массовой доли, **X** — литий.

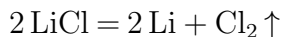
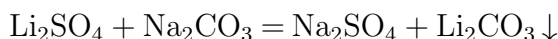
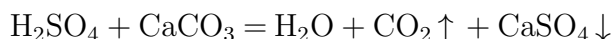
(7 баллов)



(по 2 балла за каждую формулу, но только если она подтверждена расчетами массовой доли, всего 10 баллов)



(если в продуктах написан сульфат алюминия, то нужно объяснение, почему дальше алюминий из раствора пропадает при добавлении известняка)



(По 1 баллу за каждую реакцию, всего 5 баллов)

(всего 22 балла за пункт)

2. Около трех четвертей всего лития сегодня используется для производства аккумуляторов.

(1 балл)

В середине девяностых и начале двухтысячных произошел переход от более тяжелых и менее энергоемких аккумуляторов к более легким и удобным литиевым.

(1 балл)

В аккумуляторах также используется свинец, пара никель/другой металл (кадмий, цинк и др).

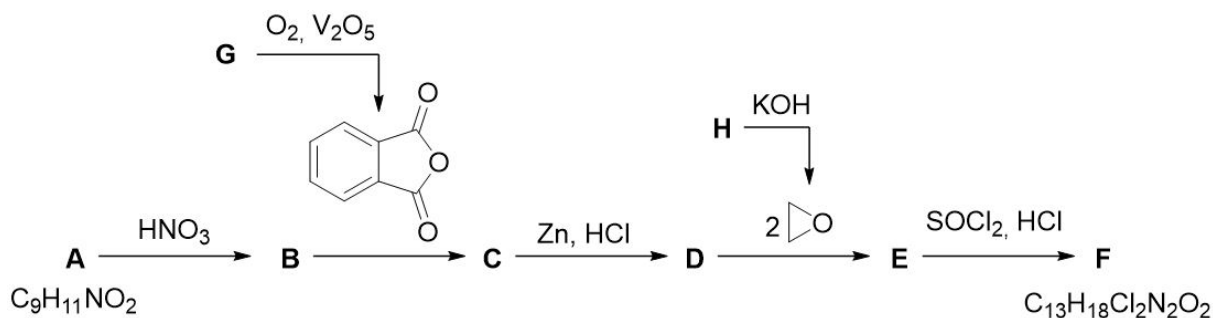
(по полбалла за каждый вариант, но не больше 1 балла)

(3 балла за пункт)

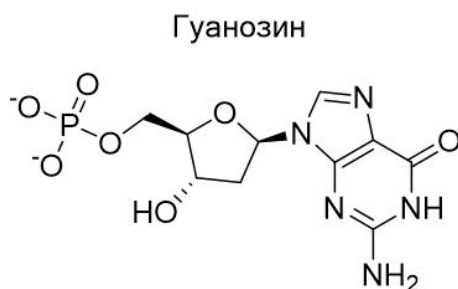
Химия. 10–11 классы

Задача VI.1.4.1. Химиотерапевтический агент (30 баллов)

Ниже описан синтез вещества **F** — широко применяемого противоопухолевого химиотерапевтического лекарственного препарата алкилирующего типа.



1. Установите структурные формулы веществ **A–H**, если известно, что вещество **A** является протеиногенной аминокислотой, а вещество **B** — это ее пара-замещенное производное. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.
2. Какой основной продукт может образоваться под действием окиси этилена без использования в синтезе фталевого ангидрида? Изобразите его структурную формулу.

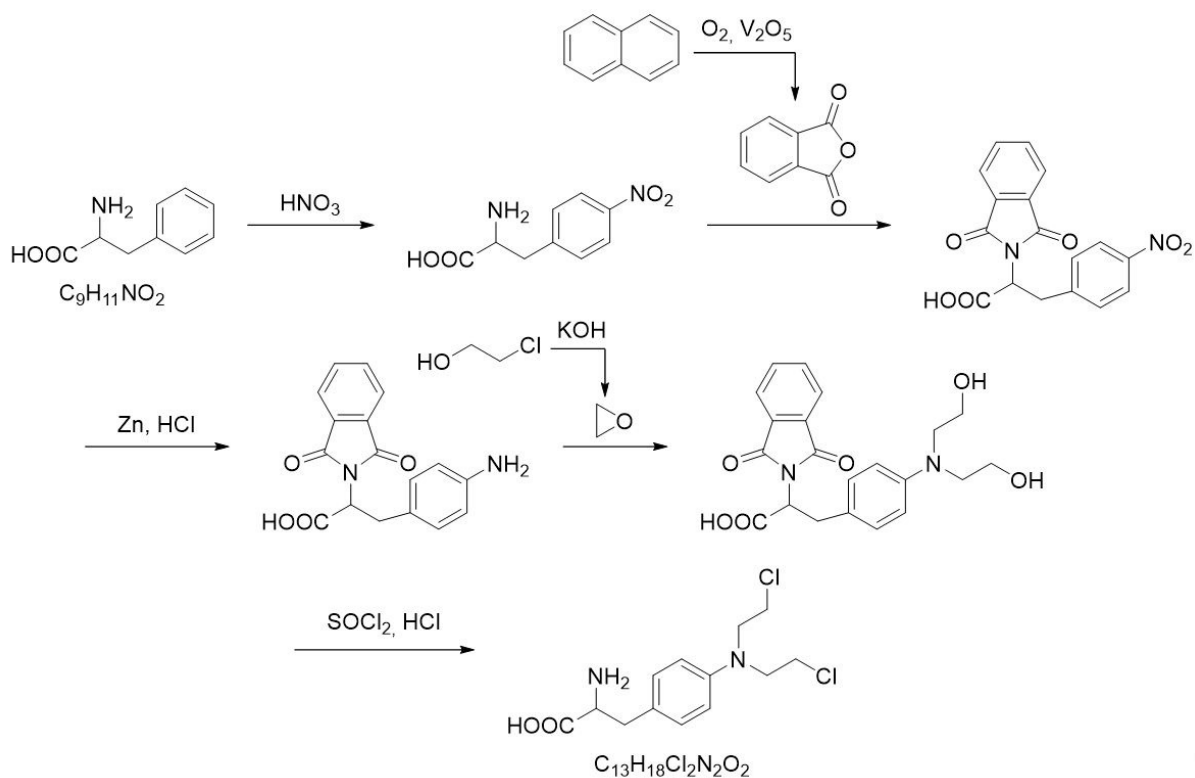


3. Опираясь на то, что вещество **F** является химиотерапевтическим препаратом, оказывающим алкилирующее действие на ДНК раковых клеток, предложите химическую реакцию, описывающую механизм его действия на примере гуанинозина.
4. Средняя дозировка лекарственного препарата **F** составляет 0,2 мг/кг/сут. Какую массу вещества **A** необходимо взять, чтобы получить препарат **F** для четырехдневной терапии пациента массой тела 70 кг. Выходы всех стадий синтеза принять равными 90%. Для расчета следует использовать исходную схему синтеза. Все промежуточные значения округляйте до двух значащих цифр после запятой. Ответ представьте в мг.

Решение

1. Из условия известно, что вещество **A** является протеиногенной аминокислотой. Брутто-формула вещества — $C_9H_{11}NO_2$. Все протеиногенные аминокислоты являются α -аминокислотами и имеют в своей структуре один общий

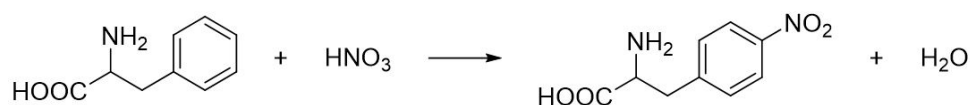
фрагмент, брутто-формула которого — $C_2H_4NO_2$. Следовательно, можно получить брутто-формулу неизвестного фрагмента вещества **A** — C_7H_7 . Полученной брутто-формуле соответствует боковой радикал фенилаланина. Таким образом, аминокислотой **A** является фенилаланин, а вся схема синтеза будет выглядеть так.



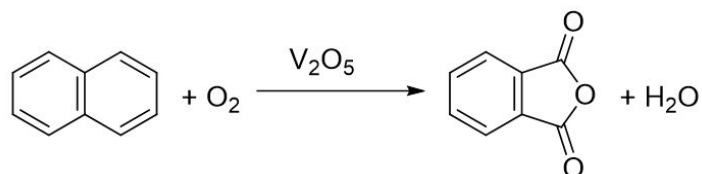
(верные структурные формулы каждого вещества — по 1 баллу, всего 8 баллов)

Вещество **F** — это сарколизин (мелфалан).

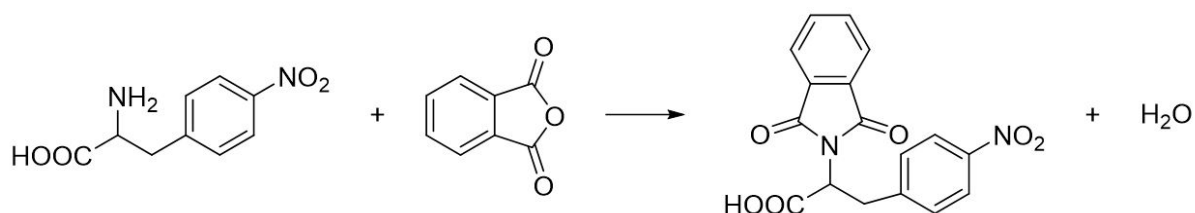
Запишем уравнения всех реакций.



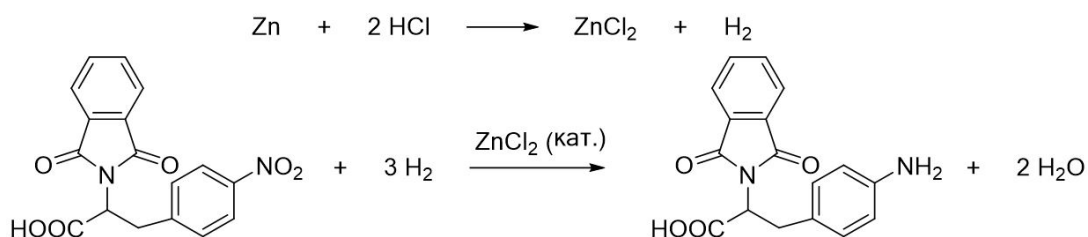
(1 балл)



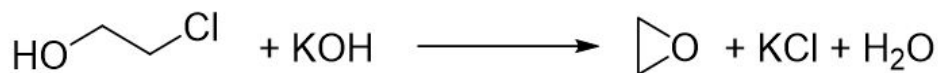
(1 балл)



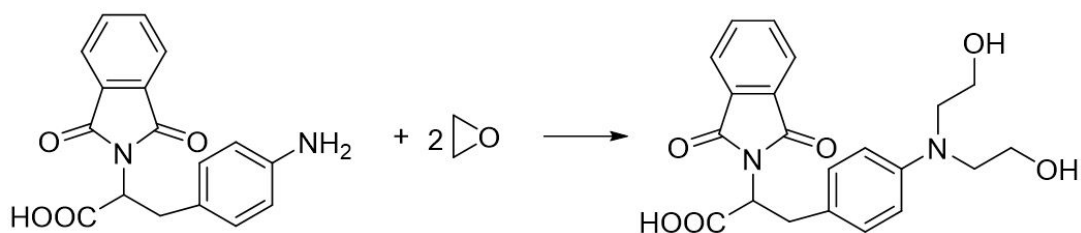
(1 балл)



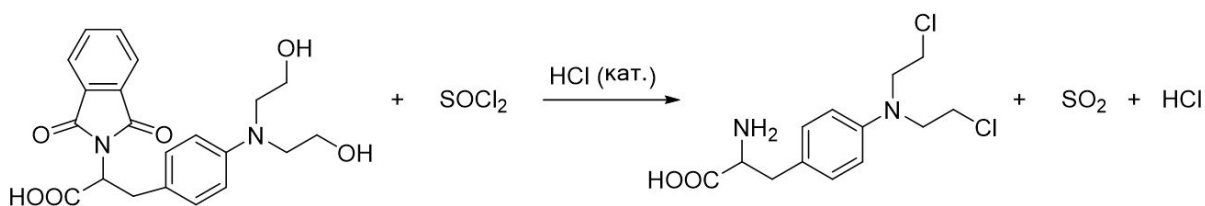
(1 балл)



(1 балл)



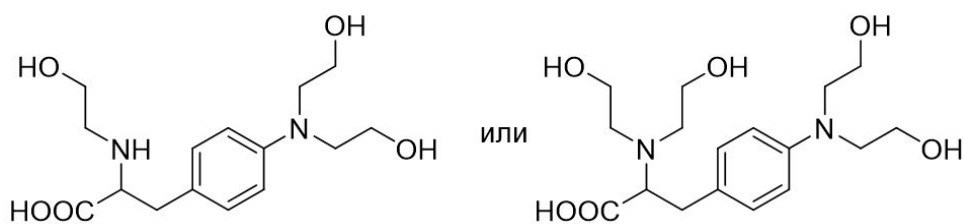
(1 балл)



(1 балл)

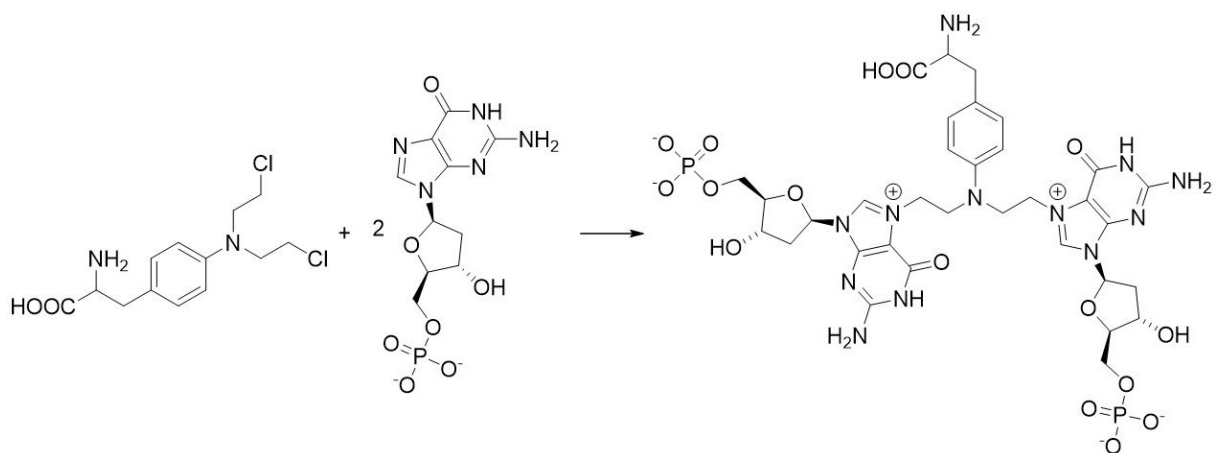
(всего 5 баллов максимум за реакции, 15 баллов максимум за пункт)

2. Без использования фталевого ангидрида в ходе синтеза будет получен промежуточный продукт, содержащий 2 свободные аминогруппы. Взаимодействие с окисью этилена может проходить сразу по двум аминогруппам, что приводит к образованию иного продукта.



(4 балла за обоснование и 1 балл за структуру)
(всего 5 баллов максимум за пункт)

3. Вещество **F** — является алкилирующим химиотерапевтическим препаратом и, следовательно, механизм его действия основан на алкилировании азотистых оснований ДНК опухолевой клетки. Таким образом, на примере гуанозина реакция будет выглядеть так.



(5 баллов)
(всего 5 баллов максимум за пункт)

4. Для начала рассчитаем массу вещества **F** необходимую на весь курс:

$$m_F = 0,02 \cdot 70 \cdot 4 = 56,00 \text{ мг.}$$

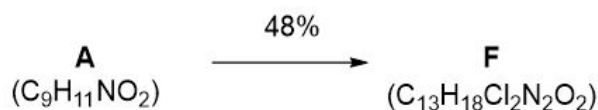
Затем необходимо рассчитать общий выход синтеза. Общее число стадий, согласно заданию, составляет — 7:

$$\eta = 0,9^7 = 0,48 = 48\%.$$

Зная массу вещества **F** и общий выход синтеза, можно найти теоретическую массу вещества **F**:

$$m_F^T = \frac{m_F \cdot 100\%}{\eta} = \frac{56,00 \cdot 100\%}{48\%} = 116,67 \text{ мг.}$$

В кратком виде изобразим схему синтеза таким образом.



Рассчитаем молярные массы веществ **A** и **F**:

$$M_A = 12 \cdot 9 + 1 \cdot 11 + 14 + 2 \cdot 16 = 165 \text{ г/моль,}$$

$$M_F = 12 \cdot 13 + 1 \cdot 18 + 2 \cdot 35,5 + 2 \cdot 14 + 2 \cdot 16 = 305 \text{ г/моль.}$$

Зная молярную массу вещества **Е** и его теоретическую массу, можно рассчитать количество вещества **Е**:

$$n_F = \frac{m_F^r}{M_F} = \frac{116,67}{1000 \cdot 305} = 0,00038 \text{ моль.}$$

По схеме реакции видно, что соотношение вещества **А** и вещества **Е** — 1 к 1, следовательно, количество вещества **А** будет таким же:

$$n_A = n_F = 0,00038 \text{ моль.}$$

На последнем этапе нужно рассчитать необходимую массу вещества **А**:

$$m_A = n_A \cdot M_A = 0,00038 \cdot 165 = 0,063 \text{ г} = 63 \text{ мг.}$$

(5 баллов)

(всего 5 баллов максимум за пункт)

Задача VI.1.4.2. Витамин С (20 баллов)

Аскорбиновая кислота ($C_6H_8O_6$) — это органическое соединение, являющееся одним из основных веществ в рационе человека. Она необходима для нормального функционирования соединительной и костной ткани. Выполняет биологические функции восстановителя и кофермента некоторых метаболических процессах и является антиоксидантом. Авитаминоз аскорбиновой кислоты приводит к цинге.

Количественное содержание аскорбиновой кислоты определяется прямым йодометрическим титрованием, так как она легко окисляется иодом. Данный метод заключается в постепенном добавлении вещества с известной концентрацией к заданному объему раствора вещества с неизвестной концентрацией до тех пор, пока оно не прореагирует полностью, о чем сигнализирует изменение окраски специально добавляемого в смесь индикатора. Раствор йода выступает в качестве окислителя, крахмал добавляют в качестве индикатора. Сначала индикатор показывает наличие йода в растворе — окрашивание, которое пропадает спустя несколько секунд. Как только весь йод прореагирует с аскорбиновой кислотой, окраска раствора остается устойчивой.

Для проведения эксперимента в домашних условиях был доступен раствор аскорбиновой кислоты известной концентрации (250 мг кислоты в 500 мл дистиллированной воды), раствор иода неизвестной концентрации (1000 мл), крахмальный клейстер и три свежесжатых сока (лимонный, апельсиновый и клубничный). Аликвоты исследуемых растворов составляли 100 мл.

1. Нарисуйте структурную формулу аскорбиновой кислоты. Известно, что для качественного определения исследуемой кислоты используют реакции с иодом, нитратом серебра (I) и сульфатом железа (II) с гидрокарбонатом натрия. Напишите уравнения соответствующих реакций.
2. Что представляет из себя крахмал? Как и почему окрашивается крахмальный клейстер при добавлении к нему раствора йода?
3. Каковы особенности правильного измерения объема окрашенного рабочего раствора?

4. Определите молярную концентрацию раствора иода, если на титрование 100 мл раствора аскорбиновой кислоты его потребовалось 100 мл. Какой объем аптечного спиртового раствора иода массовой концентрацией 5% в 100 мл спирта нужно взять, чтобы приготовить заданный раствор титранта? Плотность спирта примете равной плотности воды. При проведении расчетов все ответы округляйте до 2 значащих цифр после запятой.
5. Определите массу аскорбиновой кислоты, содержащейся в 100 мл каждого сока, если известно, что:

Сок	V_1 , мл	V_2 , мл	V_3 , мл
Лимонный	78,7	78,6	78,5
Апельсиновый	100,0	99,8	100,2
Клубничный	121,5	121,3	121,4

V_1 — объем титранта, затраченного на первое титрование,
 V_2 — объем титранта, затраченного на второе титрование,
 V_3 — объем титранта, затраченного на третье титрование.

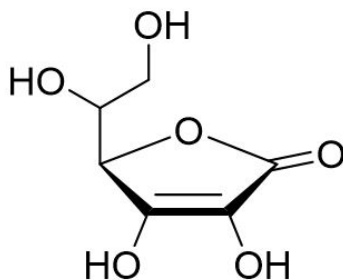
При проведении расчетов все ответы округляйте до 2 значащих цифр после запятой. Значения масс приведите в мг с точностью до десятых.

Дневная норма аскорбиновой кислоты для взрослого человека составляет 45 мг. Сколько мл каждого свежевыжатого сока необходимо выпивать для потребления дневной дозы витамина С? Ответ дайте в мл с точностью до целых.

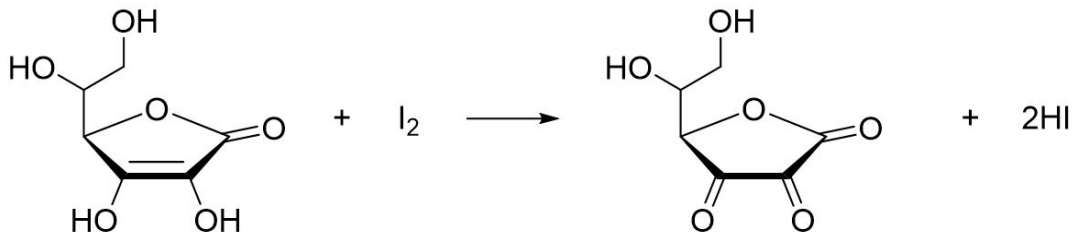
Хватит ли объема приготовленного раствора иода для проведения всего анализа?

Решение

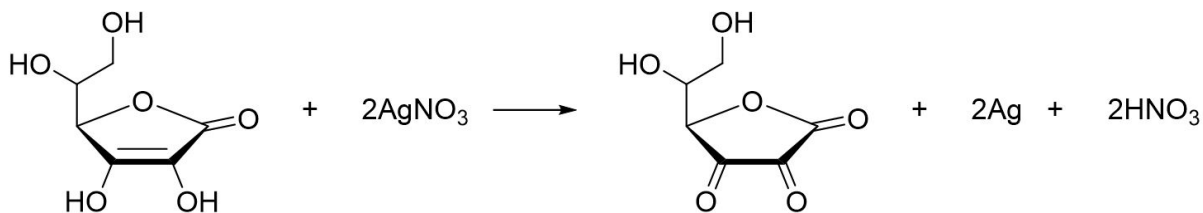
1. Формула аскорбиновой кислоты выглядит следующим образом.



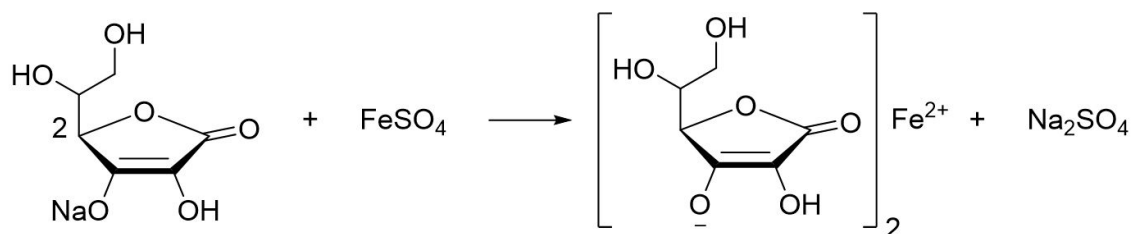
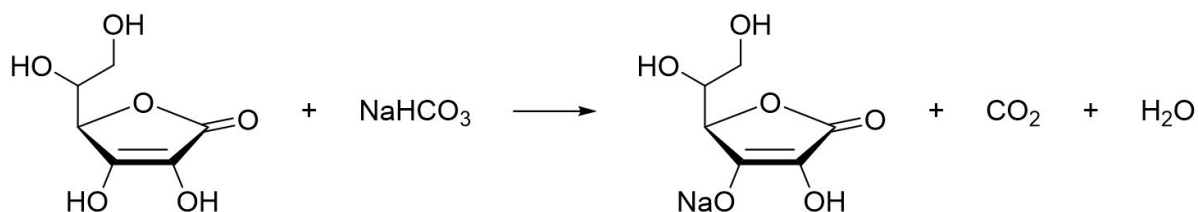
(1 балл) Уравнение реакции аскорбиновой кислоты с иодом.



(1 балл) Уравнение реакции аскорбиновой кислоты с нитратом серебра (I).



(1 балл) Уравнение реакции аскорбиновой кислоты с гидрокарбонатом натрия и сульфатом железа (II).



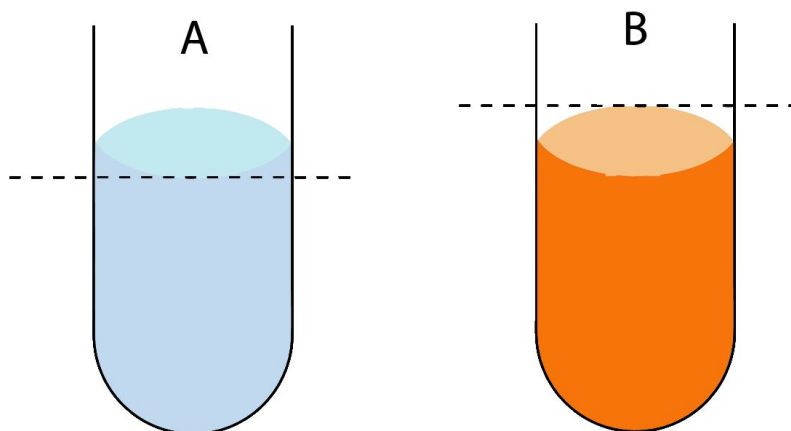
(2 балла)

(5 баллов за пункт)

2. Крахмал представляет из себя природный полисахарид, мономерным звеном которого является глюкоза. (1 балл) При взаимодействии с йодом крахмал образует устойчивый комплекс, окрашенный в синий цвет. (1 балл)

(2 балла за пункт)

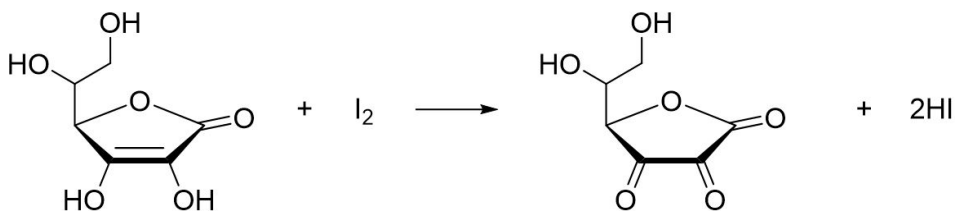
3. Если в случае прозрачного титранта объем в бюретке определяют по нижнему мениску жидкости (А), то при окрашенном титранте его объем определяют по верхнему мениску жидкости (В).



(1 балл)

(1 балл за пункт)

4. Запишем реакции аскорбиновой кислоты с йодом:



Согласно этому уравнению на титрование 1 моль кислоты потребуется 1 моль иода, тогда:

$$C_{I_2} = \frac{n_{I_2}^T}{V_{I_2}^T} = \frac{n_{\text{к-ты}}}{V_{I_2}^T} = \frac{m_{\text{к-ты в ал.}}}{M_{\text{к-ты}} \cdot V_{I_2}^T}$$

Из условия известно, что изначально дан раствор, содержащий 250 мг аскорбиновой кислоты в 500 мл дистиллированной воды, тогда в 100 мл аликвоты будет содержаться масса в 5 раз меньше, следовательно:

$$\begin{aligned} C_{I_2} &= \frac{n_{I_2}^T}{V_{I_2}^T} = \frac{n_{\text{к-ты}}}{V_{I_2}^T} = \frac{m_{\text{к-ты в ал.}}}{M_{\text{к-ты}} \cdot V_{I_2}^T} = \frac{m_{\text{к-ты}}}{5 \cdot M_{\text{к-ты}} \cdot V_{I_2}^T} = \\ &= \frac{250 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 176 \cdot 100 \cdot 10^{-3}} = 0,0028 \text{ моль/л.} \end{aligned}$$

(2 балла)

В условии дано, что массовая концентрация аптечного раствора иода составляет 5%. Тогда масса иода в этом растворе равна:

$$m_{I_2} = \frac{5\% \cdot m_{\text{р-ра}}}{100\%} = \frac{5\% \cdot V_{\text{р-ра}} \cdot \rho}{100\%} = \frac{5 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{100\%} = 5,00 \text{ г.}$$

Масса иода в заданном растворе будет равна:

$$m_{I_2}^P = n_{I_2} \cdot M_{I_2} = C_{I_2} \cdot V_{I_2} \cdot M_{I_2} = 0,0028 \cdot 1000 \cdot 10^{-3} \cdot 254 = 0,71 \text{ г.}$$

Тогда можно посчитать какой объем аптечного раствора необходимо взять для приготовления заданного раствора титранта:

$$V_{I_2}^{\text{апт.}} = \frac{m_{I_2}^P \cdot 100\%}{5\% \cdot \rho} = \frac{0,71 \cdot 100\%}{5\% \cdot 1} = 14,20 \text{ мл.}$$

Таким образом, для приготовления заданного раствора иода нужно взять 14,20 мл аптечного раствора иода и довести этот объем до 1000 мл дистиллированной водой.

(3 балла)

(5 баллов за пункт)

5. Для начала необходимо рассчитать средние объем затраченные на титрование:

$$V_{\text{ср}}^I = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} = \frac{78,7 + 78,6 + 78,5}{3} = 78,60 \text{ мл,}$$

$$V_{\text{ср}}^a = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} = \frac{100,0 + 99,8 + 100,2}{3} = 100,00 \text{ мл,}$$

$$V_{\text{ср}}^k = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} = \frac{121,5 + 121,3 + 121,4}{3} = 121,40 \text{ мл.}$$

Сок	V_1 , мл	V_2 , мл	V_3 , мл	$V_{\text{ср.}}$, мл
Лимонный	78,7	78,6	78,5	78,06
Апельсиновый	100,0	99,8	100,2	100,00
Клубничный	121,5	121,3	121,4	121,40

Из уравнения реакции аскорбиновой кислоты с иодом известно, что на 1 моль кислоты требуется 1 моль иода, тогда рассчитаем какое количество вещества аскорбиновой кислоты содержалось в каждом соке:

$$n_{\text{л}} = n_{\text{I}_2} = n_{\text{I}_2} = C_{\text{I}_2} \cdot V_{\text{ср}}^{\text{л}} = 0,0028 \cdot 78,6 \cdot 10^{-3} = 0,00022 \text{ моль,}$$

$$n_{\text{а}} = n_{\text{I}_2} = n_{\text{I}_2} = C_{\text{I}_2} \cdot V_{\text{ср}}^{\text{а}} = 0,0028 \cdot 100,0 \cdot 10^{-3} = 0,00028 \text{ моль,}$$

$$n_{\text{к}} = n_{\text{I}_2} = n_{\text{I}_2} = C_{\text{I}_2} \cdot V_{\text{ср}}^{\text{к}} = 0,0028 \cdot 121,4 \cdot 10^{-3} = 0,00034 \text{ моль.}$$

Теперь можно определить массу кислоты в каждом соке:

$$m_{\text{л}} = n_{\text{л}} \cdot M_{\text{к-ты}} = 0,00022 \cdot 176 \cdot 10^3 = 38,7 \text{ мг,}$$

$$m_{\text{а}} = n_{\text{а}} \cdot M_{\text{к-ты}} = 0,00028 \cdot 176 \cdot 10^3 = 50,0 \text{ мг,}$$

$$m_{\text{к}} = n_{\text{к}} \cdot M_{\text{к-ты}} = 0,00034 \cdot 176 \cdot 10^3 = 59,8 \text{ мг.}$$

Сок	V_1 , мл	V_2 , мл	V_3 , мл	$V_{\text{ср.}}$, мл	$m_{\text{к-ты}}$, мг
Лимонный	78,7	78,6	78,5	78,60	38,7
Апельсиновый	100,0	99,8	100,2	100,00	50,0
Клубничный	121,5	121,3	121,4	121,40	59,8

(4 балла) Рассчитаем необходимые объемы потребления каждого сока. Для этого составим пропорцию:

$$100 \text{ мл} - m_{\text{к-ты}}, \text{ мг}$$

$$X - 45 \text{ мг}$$

Тогда для лимонного сока, расчет X будет выглядеть следующим образом:

$$V_{\text{л}} = \frac{45 \cdot 100}{38,7} = 116 \text{ мл.}$$

Для апельсинового сока:

$$V_{\text{а}} = \frac{45 \cdot 100}{50} = 90 \text{ мл.}$$

Для клубничного сока:

$$V_{\text{л}} = \frac{45 \cdot 100}{59,8} = 75 \text{ мл.}$$

(2 балл)

Посчитаем общий объем титранта, который необходимо затратить для проведения всех титрований:

$$\begin{aligned} V_{\text{общ.}} &= V_{\text{л}} + V_{\text{а}} + V_{\text{к}} = (V_{\text{л}}^1 + V_{\text{л}}^2 + V_{\text{л}}^3) + (V_{\text{а}}^1 + V_{\text{а}}^2 + V_{\text{а}}^3) + (V_{\text{к}}^1 + V_{\text{к}}^2 + V_{\text{к}}^3) = \\ &= (78,7 + 78,6 + 78,5) + (100,0 + 99,8 + 100,2) + (121,5 + 121,3 + 121,4) = 900 \text{ мл.} \end{aligned}$$

Таким образом, приготовленного раствора титранта хватит для проведения всего анализа.

(1 балл)

(7 баллов за пункт)

Задача VI.1.4.3. Электрохимия (25 баллов)

При пропускании электрического тока через раствор светло-голубого цвета на катоде кристаллизовались красно-оранжевые образования, а на аноде выделялся бесцветный газ без запаха. Масса получившихся образований составила 7 г. Сила тока в цепи является постоянной и составляет 3 А. Определите качественный состав растворённой соли, объем газа (н. у.), выделившегося на аноде, время протекания реакции, массу соли, вступившей в реакцию, и напишите реакции на катоде и аноде. Постоянная Фарадея равна 96 485 Кл/моль. Соотношение между молярной массой катиона и кислотного остатка в соли составляет 2 : 3.

Решение

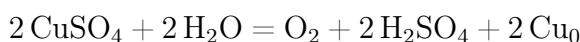
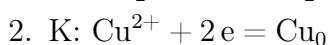
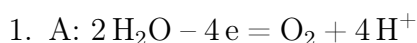
По цвету раствора и характеру образований делаем предположение, что катионом в соли является Cu^{2+} . По соотношению молярных масс определяем молярную массу кислотного остатка:

$$M(\text{К.О.}) = M(\text{Cu}) \cdot 3/2 = 96.$$

Эта молярная масса соответствует сульфату (SO_4^{2-}). Следовательно, состав смеси — CuSO_4 .

(8 баллов)

Реакции, протекающие в системе, будут следующими:



(5 баллов)

Закон Фарадея:

$$m = \frac{MQ}{zF}.$$
$$Q = I \cdot t.$$

Для того, чтобы определить время протекания реакции, подставим значения массы меди, выделившейся на катоде, в уравнение закона Фарадея:

$$7 = \frac{64 \cdot Q}{4 \cdot 96\,485}.$$

Находим количество электричества Q :

$$Q = 42219\text{А} \cdot \text{с}.$$

Зная силу тока, находим время протекания реакции: $t = 14\,073$ с.

(5 баллов)

Газ, выделяющийся на аноде — кислород, и его объем можно вычислить по электрохимической реакции.

$$n(\text{O}_2) = 1/2n(\text{Cu})$$

$$n(\text{O}_2) = 7/64 \cdot 1/4 = 0,05 \text{ моль}$$

$$V(\text{O}_2) = 0,05 \cdot 22,4 = 1,12 \text{ л}.$$

(5 баллов)

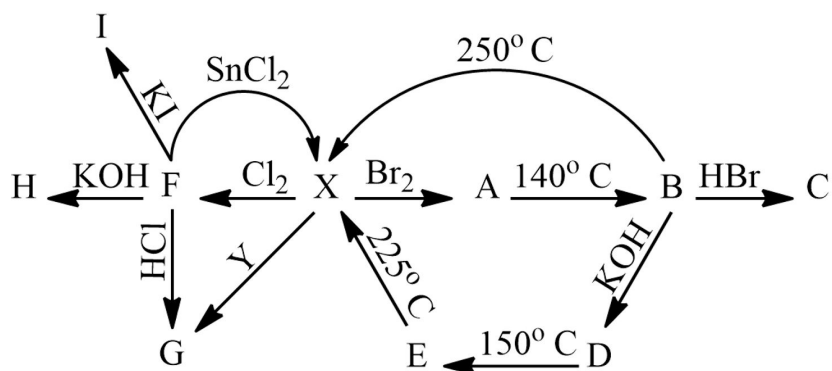
Массу соли можно найти из электрохимической реакции:

$$m(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{Cu}) \cdot M(\text{CuSO}_4)}{M(\text{Cu})} = 17,5 \text{ г.}$$

(2 балла)

Задача VI.1.4.4. Металл со множеством имен (25 баллов)

Металл **X** интересен тем, что каждый химик знает не меньше трех его «имен» из разных языков. Напишите уравнения всех реакций и определите зашифрованные на схеме вещества.



Известно, что вещество **A** красно-коричневого цвета, а **B**, **F**, **G** и **I** — разных оттенков желтого. Таинственный реагент **Y** имеет свое традиционное название, в русском языке оно связано с жидкостью, очень плохо влияющей на человеческое здоровье. В таблице приведена массовая доля **X** в % для некоторых соединений:

B	D	E	I	H
71,4	92,1	96,1	60,1	79,4

Определите элемент **X** и найдите формулы содержащих его соединений **A–I**, запишите уравнения всех реакций. Определите таинственный реагент **Y** и назовите его.

Увидеть результат реакции **F** с хлоридом олова можно, прогуливаясь в хорошую погоду по Красной Площади. Объясните, о чем идет речь. Если реакцию **F** с хлоридом олова проводить, варьируя температуру и концентрации реагентов, то уравнение реакции останется неизменным, а цвет получаемого раствора может меняться, объясните этот факт.

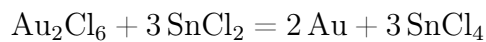
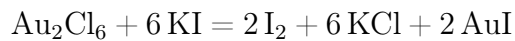
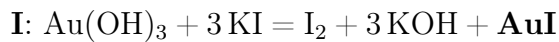
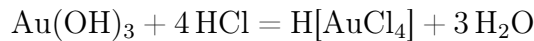
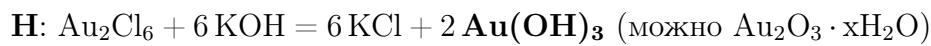
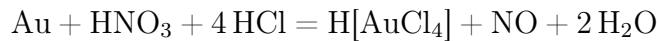
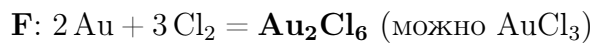
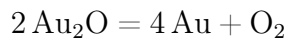
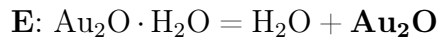
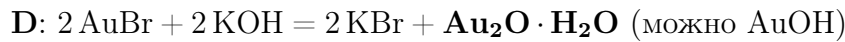
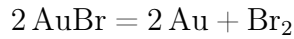
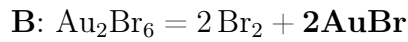
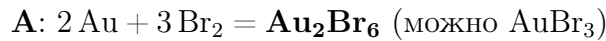
Решение

Если металл известен под разными названиями, значит это один из известных с древности металлов, судя по невысоким температурам разложения соединений **E** и **B** до металла, это один из наименее активных металлов: Ag, Au, Pt. Соединение **B** не может содержать ничего кроме **X** и Br, перебором по массовым долям получаем, что **X** — золото.

(8 баллов)

Тогда **Y** — царская водка ($\text{HNO}_3 + \text{HCl}$).

(1 балл)



(по 0,5 балла за каждую реакцию и вещество, всего 12 баллов)

В реакции восстановления хлорида золота хлоридом олова выделяется коллоидное золото, которое использовалось для производства рубинового стекла для кремлевских звезд.

(2 балла)

В зависимости от скорости реакции получают наночастицы разного размера, которые поглощают свет разной длины волны, поэтому мы видим раствор разного цвета.

(2 балла)