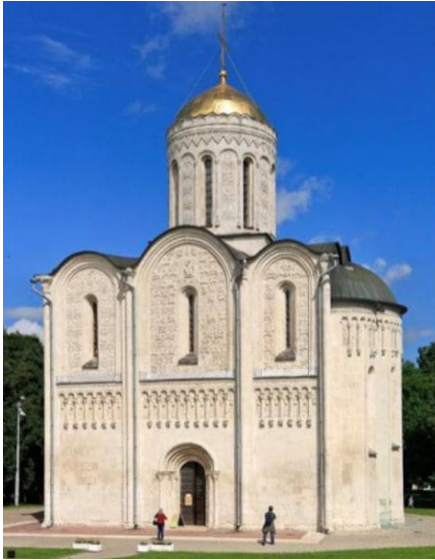


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ХИМИЯ. 2024–2025 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

Максимальный балл за работу – 100.

Задача 1 (1)

Известняк, из которого построен Дмитриевский собор во Владимире (XII век), в течение многих столетий разрушается под действием газов, присутствующих в атмосфере и образующихся в результате сжигания топлива. Какие из веществ, содержащихся в воздухе, в присутствии водяного пара приводят к разрушению известняка?



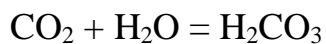
- ✓ Углекислый газ
- Кислород
- ✓ Сернистый газ
- Водород
- Азот

За каждый верный ответ – 4 балла

Штраф за каждый лишний выбор – 2 балла

Решение.

Углекислый и сернистый газы взаимодействуют с водой с образованием растворов слабых кислот, которые реагируют с известняком с образованием растворимых веществ, что приводит к разрушению известняка.



Максимальный балл за задание №1 — 8

Задача 2 (2–5)

Школьники исследовали минеральную воду, на бутылке с которой была следующая этикетка:

МИНЕРАЛЬНАЯ ВОДА
ГАЗИРОВАННАЯ
ПИТЬЕВАЯ

Химический состав, мг/дм³

гидрокарбонаты 200-250

хлориды 200-250

натрий 50-100

кальций 50-100



В таблице приведены результаты количественного анализа этой воды.

Анализируемый ион	Концентрация, ммоль/л
HCO_3^-	4.0
Cl^-	6.0
Na^+	5.0
Ca^{2+}	2.5

2. Концентрация какого иона превышена по сравнению с тем, что указано на этикетке?

Ответ:

- HCO_3^-
- Cl^-
- Na^+
- Ca^{2+}

Точное совпадение ответа – 2 балла

Решение.

Пересчитаем молярные концентрации ионов в массовые (1 л = 1 дм³).

HCO_3^- : 4.0 ммоль/л · 61 мг/ммоль = 244 мг/л – в пределах нормы.

Cl^- : 6.0 ммоль/л · 35.5 мг/ммоль = 213 мг/л – в пределах нормы.

Na^+ : 5.0 ммоль/л · 23 мг/ммоль = 115 мг/л – выше нормы.

Ca^{2+} : 2.5 ммоль/л · 40 мг/ммоль = 100 мг/л – в пределах нормы.

3–5. Исследуемую минеральную воду можно имитировать, растворив в дистиллированной воде три соли. Определите массы навесок солей, необходимых для приготовления 1 л данной воды. Ответы выразите в миллиграммах, округлите до целых.

Ответ:

	Формула соли	Масса навески, мг
3.	NaHCO_3	засчитывается в диапазоне [334; 338]
4.	NaCl	засчитывается в диапазоне [57; 61]
5.	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	засчитывается в диапазоне [546; 550]

За каждый верный ответ – 2 балла

Решение.

Ион HCO_3^- (4.0 ммоль) содержится только в NaHCO_3 .

$$m(\text{NaHCO}_3) = 4.0 \cdot 84 = 336 \text{ мг.}$$

Иона Na^+ требуется 5.0 ммоль, из них 4.0 ммоль уже есть в составе NaHCO_3 . Необходимо добавить 1.0 ммоль в составе NaCl .

$$m(\text{NaCl}) = 1.0 \cdot 58.5 = 58.5 \approx 59 \text{ мг.}$$

Для того, чтобы раствор содержал 2.5 ммоль Ca^{2+} , надо добавить 2.5 ммоль $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

$$m(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 2.5 \cdot 219 = 547.5 \approx 548 \text{ мг.}$$

Максимальный балл за задания №2–5 — 8

Задача 3 (6)

Для лечения некоторых внутренних воспалений используют озон-кислородные смеси с небольшим содержанием озона O_3 . Одна из таких смесей содержит 10 мг/л (н.у.) озона. Во сколько раз число молекул озона в такой смеси меньше числа молекул кислорода? Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [212; 216]

Точное совпадение ответа – 8 баллов

Максимальный балл за задание №6 — 8 баллов

Решение.

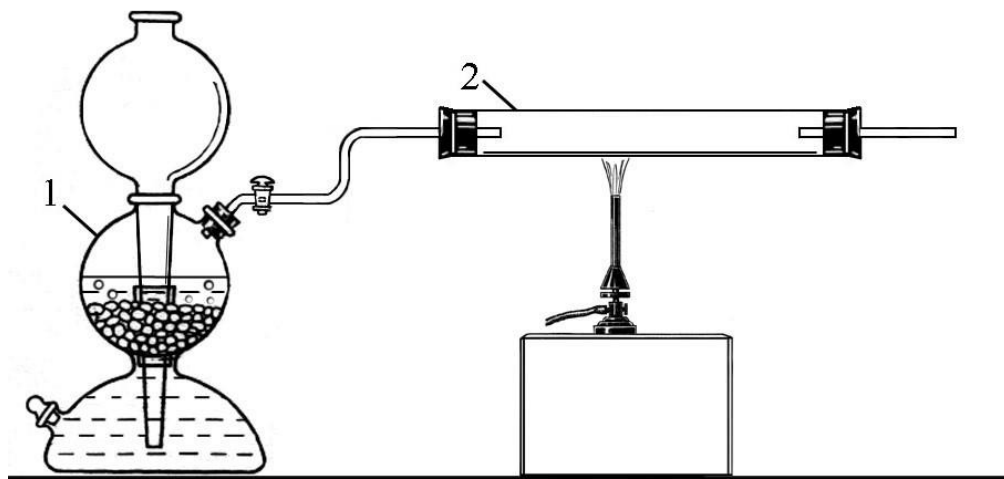
Составим общую формулу для всех клонов. Возьмём 22.4 л (1 моль) смеси, в ней содержится $\frac{22.4 \cdot X}{48} = 0.467X$ ммоль O_3 , остальное $(1 - 0.467 \cdot 10^{-3}X)$ ммоль – кислород. Отношение числа молекул равно отношению молей:

$$\frac{v(O_2)}{v(O_3)} = \frac{1 - 0.467 \cdot 10^{-3}X}{0.467 \cdot 10^{-3}X} = \frac{2143}{X} - 1.$$

Например, при $X = 10$, получаем ответ 213.

Задача 4 (7–11)

Смешали 5.6 г порошка некоторого металла А и 3.2 г порошка некоторого неметалла В. При нагревании смеси образовалось 8.8 г соединения Х. Частички Х загрузили в аппарат Киппа (на рисунке обозначен цифрой 1). Под действием разбавленной серной кислоты на соединение Х из аппарата Киппа выделялся газ Y, имеющий неприятный запах (этот же газ образуется при протухании яиц). Газ Y поступал в трубку (2). При сильном нагревании Y обратимо разлагался на два простых вещества, одним из которых является газ Z вещество без цвета и без запаха. Второе вещество – неметалл В.



7–8. Запишите химические символы элементов, которыми образованы простые вещества А и В.

Ответ:

7.	А	Fe
8.	В	S

За каждый верный ответ – 1 балл

Решение.

Газ Y, судя по описанию, – H_2S . При сильном нагревании он разлагается на простые вещества – газообразный H_2 (газ Z) и серу S (неметалл В).

9–11. Запишите химические формулы веществ X, Y и Z.

Ответ:

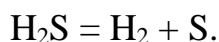
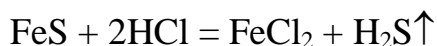
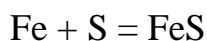
9.	X	FeS
10.	Y	H ₂ S
11.	Z	H ₂

За каждый верный ответ – 2 балла

Решение.

$\nu(\text{S}) = \frac{3.2}{32} = 0.1$ моль. Если предположить, что металл реагировал с серой в соотношении 1 : 1, то $\nu(\text{A}) = 0.1$ моль, $M(\text{A}) = \frac{5.6}{0.1} = 56$ г/моль – это железо Fe. Тогда соединение X – FeS.

Уравнения реакций:



Максимальный балл за задания №7–11 — 8

Задача 5 (12–15)

К каждому описанию подберите соответствующее(-ую) вещество / пару веществ.

- Сероводородная кислота
- Кремниевая кислота
- Азотная кислота
- Соляная кислота
- Гидроксид натрия
- Гидроксид железа (II)
- Гидроксид алюминия
- Гидрокарбонат натрия

Ответ:

	Описание	Вещества (Пары веществ)
12.	Кислота, не изменяющая окраску лакмуса	✓ Кремниевая кислота
13.	Кислота и основание, способные вступать друг с другом в окислительно-восстановительную реакцию	✓ Азотная кислота ✓ Гидроксид железа (II)

14.	Два гидроксида металла, вступающие друг с другом в водном растворе в химическую реакцию	✓ Гидроксид натрия ✓ Гидроксид алюминия
15.	Два вещества, вступающие в химические реакции как с кислотами, так и с щелочами	✓ Гидроксид алюминия ✓ Гидрокарбонат натрия

За каждый верный ответ – 1 балл. Если выбрано более 2 пунктов – 0 баллов.

Решение.

А) Кислоты обычно изменяют окраску лакмуса, однако кремниевая кислота является слабой и практически не растворяется в воде, поэтому она не изменяет окраску лакмуса.

Б) Азотная кислота является сильным окислителем и может реагировать с основанием, например, с гидроксидом железа (II), который проявляет восстановительные свойства.

В) Гидроксид натрия и гидроксид алюминия вступают в реакцию, образуя растворимую комплексную соль.

Г) Как с кислотами, так и со щелочами реагируют амфотерные гидроксиды и кислые соли, в нашем случае – гидроксид алюминия и гидрокарбонат натрия.

Максимальный балл за задания №12–15 — 7

Задача 6 (16–17)

Один из радиоактивных нуклидов, применяемых в медицине для лечения рака, при распаде испускает бета-частицу (электрон) и превращается в устойчивый нуклид, цирконий-90. Определите исходный нуклид.

Ответ:

16.	Химический символ элемента	Y
17.	Массовое число	90

За каждый верный ответ – 4 балла

Решение.

При β^- -распаде заряд ядра увеличивается на 1. Заряд ядра Zr равен 40, значит, у исходного нуклида $Z = 39$, это – иттрий Y. Массовое число при β^- -распаде не меняется, у исходного нуклида оно было равно 90.

Максимальный балл за задания №16–17 — 8

Задача 7 (18–20)

Для приготовления популярного лабораторного реактива взяли навеску вещества X массой 14.0 г, растворили в небольшом количестве воды, а затем водой довели объём раствора до 250 мл. В полученном растворе молярная концентрация X равна 1.40 моль/л.

18. Определите молярную массу вещества X. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 40

Точное совпадение ответа – 4 балла

19. Запишите формулу вещества X.

Ответ: NaOH

Точное совпадение ответа – 2 балла

Решение.

$$v(X) = CV = 1.40 \text{ моль/л} \cdot 0.25 \text{ л} = 0.35 \text{ моль.}$$

$$M(X) = \frac{14.0 \text{ г}}{0.35 \text{ моль}} = 40 \text{ г/моль} - \text{NaOH.}$$

20. Сколько миллилитров воды надо добавить к раствору объёмом 250 мл, чтобы концентрация X стала равна 1.00 моль/л? Ответ округлите до целых.

Ответ: 100

Точное совпадение ответа – 2 балла

Решение.

Если $C = 1.00$ моль/л, то $V = \frac{0.35}{1.00} = 0.35 \text{ л} = 350 \text{ мл}$. Надо добавить $350 - 250 = 100$ мл воды. Предполагаем, что объёмы при смешивании суммируются.

Максимальный балл за задания №18–20 — 8

Задача 8 (21–24)

Одно из самых твёрдых веществ, X, состоит из двух элементов, которые содержатся в нём в равных мольных долях. При сжигании 4.0 г X в кислороде получили белый порошок Y массой 6.0 г, при этом выделился газ, реагирующий с известковой водой с образованием белого осадка Z массой 10.0 г

21–23. Запишите химические формулы веществ X, Y и Z.

Ответ:

21.	X	SiC
22.	Y	SiO ₂
23.	Z	CaCO ₃

За каждый верный ответ – 2 балла

Решение.

Газ, реагирующий с известковой водой с образованием белого осадка, – CO_2 или SO_2 . Очень твёрдое вещество X – скорее всего, карбид, тогда газ – CO_2 , а вещество Z – CaCO_3 .

24. Запишите химические формулы веществ, образующихся при сплавлении 1 моль Y с 2 моль гидроксида натрия. Каждый ответ записывайте в отдельном поле.

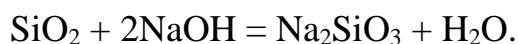
Ответ:

24.	Na_2SiO_3	H_2O
------------	---------------------------	----------------------

Точное совпадение ответа – 2 балла

Решение.

Найдём второй элемент в составе X . $\nu(\text{C}) = \nu(\text{CaCO}_3) = \frac{10.0}{0.1 \text{ моль}}$, $m(\text{C}) = 0.1 \cdot 12 = 1.2$ г, масса второго элемента в X равна $4 - 1.2 = 2.8$ г, а количество вещества тоже 0.1 моль. Значит его молярная масса 28 г/моль, это – кремний. X – SiC . Белый порошок, который образуется при сгорании SiC – это SiO_2 .



Максимальный балл за задания №21–24 — 8

Задача 9 (25–27)

Серо-чёрное кристаллическое вещество X необычного состава образовано двумя элементами в соотношении 2 : 1 по числу атомов и 8 : 1 по массе. При сгорании вещества X в кислороде образуются бесцветный газ Y , являющийся основным компонентом воздуха, и красно-коричневый порошок Z , содержащий 30 % кислорода по массе. Запишите химические формулы веществ X , Y и Z .

Ответ:

25. X – Fe_2N

Точно совпадение ответа – 4 балла

Ответ:

26.	Y	N_2
27.	Z	Fe_2O_3

За каждый верный ответ – 2 балл

Решение.

Основной компонент воздуха – N_2 (газ Y). Красно-коричневый порошок Z – Fe_2O_3 ($\omega(\text{O}) = \frac{48}{160} = 0.3 = 30\%$). Вещество X состоит из Fe и N, это – Fe_2N или

FeN_2 . В первом случае $m(\text{Fe}) : m(\text{N}) = \frac{2 \cdot 56}{14} = \frac{8}{1}$, подходит, X – нитрид железа Fe_2N .

Максимальный балл за задания №25–27 — 8

Задача 10 (28–32)

Для исследования были выданы образцы трёх бинарных соединений элемента А: AX_2 , AY_2 и AZ . Химические элементы X, Y и Z – «соседи» по одной подгруппе в Периодической системе Д.И. Менделеева. Некоторые свойства этих соединений представлены в таблице ниже:

Свойство	AX_2	AY_2	AZ
Цвет безводных кристаллов	Голубовато-зелёный	Практически чёрный	Белый
Растворимость в воде	Хорошо растворяется, раствор имеет голубую окраску	Хорошо растворяется, раствор имеет голубую окраску	Не растворяется
Взаимодействие раствора с цинком	На поверхности цинка выделяется металл золотисто-розового цвета	На поверхности цинка выделяется металл золотисто-розового цвета	—
Взаимодействие раствора с нитратом серебра	Выпадает творожистый осадок белого цвета	Выпадает творожистый осадок светло-жёлтого, практически белого цвета	—
Взаимодействие кристаллов с концентрированной серной кислотой	Выделяется бесцветный газ с резким запахом; газ хорошо растворяется в воде; раствор этого газа является кислотой	Выделяются газы с резким запахом и пары простого вещества, имеющие красно-бурый цвет	Выделяются газ с резким запахом и пары простого вещества, имеющие фиолетовый цвет

Запишите химические символы элементов, которыми образованы исследуемые вещества.

Ответ:

28.	A	Cu
29.	X	Cl
30.	Y	Br
31.	Z	I

За каждый верный ответ – 2 балла

Решение.

Металл золотисто-розового цвета – медь, элемент А – Cu. Творожистый осадок белого цвета, содержащий серебро, – AgCl, тогда элемент X – Cl. Элементы Y и Z – тоже галогены. Иодид серебра – жёлтый, а бромид – светло-жёлтый, почти белый, поэтому Y – Br. При взаимодействии CuZ с концентрированной H₂SO₄ выделяются фиолетовые пары, это – I₂, а элемент Z – I.

32. Один из продуктов реакции концентрированной серной кислоты с веществом AY₂ образует пары красно-бурого цвета (вещество 1). В аналогичной реакции с AZ образуется вещество, пары которого имеют интенсивную фиолетовую окраску (вещество 2). Определите молярные массы описанных продуктов реакций. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ:

Вещество 1 – 160 г/моль

Вещество 2 – 254 г/моль

За каждый верный ответ – 1 балл

Решение.

Концентрированная H₂SO₄ – сильный окислитель, она окисляет бромид- и иодид-ионы.

$\text{CuBr}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, простое вещество – Br₂ (M = 160 г/моль),

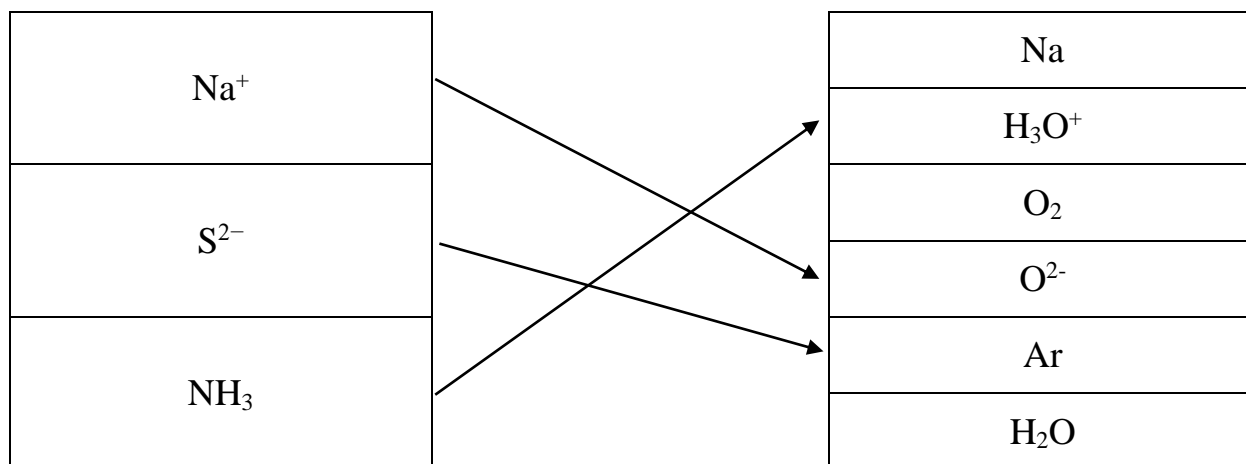
$2\text{CuI} + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CuSO}_4 + 2\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$, простое вещество – I₂ (M = 254 г/моль).

Максимальный балл за задания №28–32 — 10

Задача 11 (33)

Частицы называются изоэлектронными, если они содержат одинаковое количество электронов и равное число атомов, например, ион Li^+ и атом He , молекула CH_4 и ион NH_4^+ . Установите соответствие между парами изоэлектронных частиц.

Ответ:



За каждую верную пару – 2 балла.

Максимальный балл за задание №33 — 6

Решение.

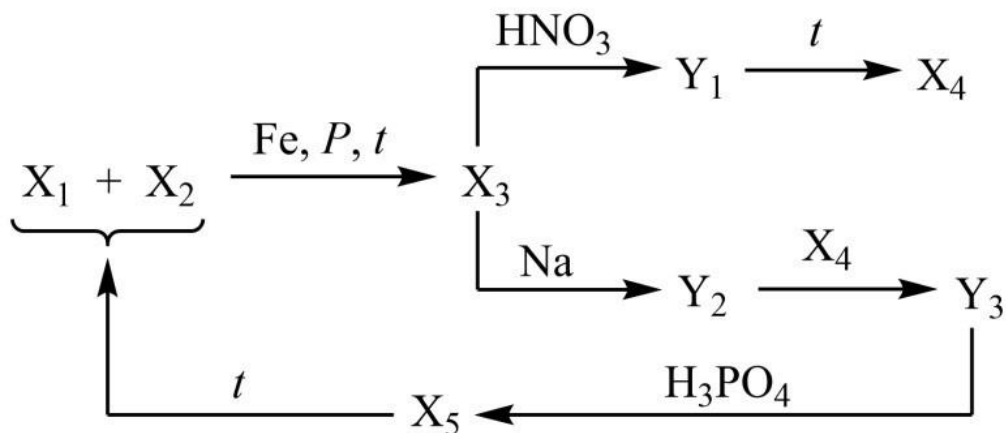
Ион Na^+ содержит $11 - 1 = 10$ электронов. Изоэлектронной ему является одноатомная частица с 10 электронами, в правом столбце это – ион O^{2-} .

Ион S^{2-} содержит $16 + 2 = 18$ электронов. Изоэлектронной ему является любая одноатомная частица с 18 электронами, в правом столбце это – атом Ar .

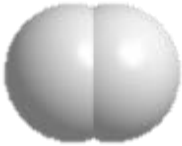
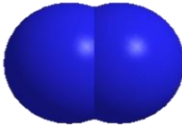

Молекула NH_3 содержит $7 + 3 = 10$ электронов. Изоэлектронной ей должна быть четырёхатомная частица с 10 электронами, в правом столбце это – H_3O^+ .

Задача 12 (34–39)

Дана схема превращений.



Вещества $X_1 - X_5$ имеют молекулярное строение. Ниже представлены масштабные модели молекул первых трёх из этих веществ, «шариками» одного цвета обозначены атомы одного и того же химического элемента. Вещества $Y_1 - Y_3$ имеют ионное строение.

Вещество	Модель молекулы	Молярная масса, г/моль
X_1		2
X_2		28
X_3		17
X_4	–	44
X_5	–	43

34–38. Запишите химические формулы веществ $X_1 – X_5$.

Ответ:

34.	X_1	H_2
35.	X_2	N_2
36.	X_3	NH_3
37.	X_4	N_2O
38.	X_5	HN_3

За каждый верный ответ – 2 балла

Решение.

Формулы веществ $X_1 – X_3$ находим по молярным массам и молекулярным моделям:

$X_1 – H_2$, $X_2 – N_2$, $X_3 – NH_3$.

39. Определите молярные массы веществ $Y_1 – Y_3$. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

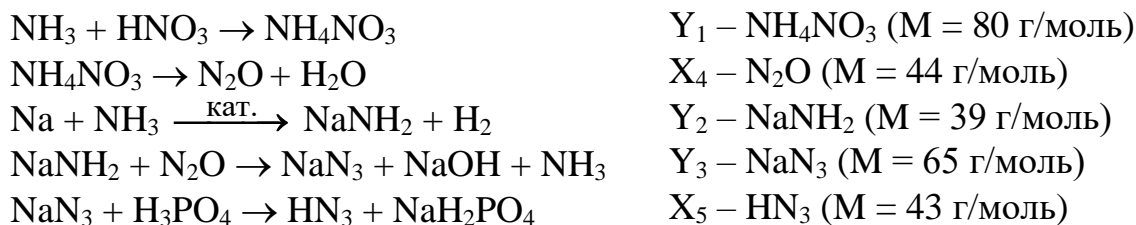
Ответ:

Y_1	Y_2	Y_3
80	39	65

За каждый верный ответ – 1 балл

Решение.

Дальше записываем схемы реакций (без коэффициентов) и определяем продукты:



Максимальный балл за задания № 34–39 — 13

Максимальный балл за работу – 100.