

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

Задание 1. Однажды юный художник Малевич зарисовал, как Менделей и его друзья выполняют лабораторные работы по химии. Выберите изображения, на которых представлены химические процессы:

Ответ:



Критерий оценивания: за каждый правильно выбранный и правильно невыбранный ответ начисляется 2 балла. За каждый неверно выбранный и неверно невыбранный ответ вычитается 2 балла.

Всего 10 баллов

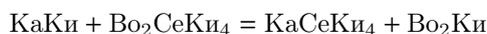
Максимальный балл за задание — 10

Решение.

Физические явления — это любые превращения вещества или проявление его свойств, происходящие без изменения состава вещества: запись мелом на доске и измельчение веществ.

Химические явления — это явления, при которых из одних веществ образуются другие: проведение реакции «Вулкан», смешение веществ с выделением газа, горение спиртовки.

Задание 2. Однажды юный химик Менделей нашёл старый лабораторный журнал. Журнал был заполнен подробными наблюдениями экспериментов, вот только вместо обычных реакций Менделей встретил следующие записи:



Немного поразмыслив, Менделей догадался, что вместо привычных химических символов автор использовал первые две буквы русского названия этих элементов. Например, $\text{Во}_2\text{Ки}$ можно расшифровать как H_2O .

Дано описание эксперимента: «В печи обжёл растолчённый мел КаУгКи_3 . К оставшемуся в тигле порошку добавил $\text{Во}_2\text{СеКи}_4$. После протекания бурной реакции остался мутный раствор КаСеКи_4 ».

а) Запишите химическую формулу вещества КаСеКи_4 .

Ответ: CaSO_4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Где применяется вещество КаСеКи_4 ?

Ответ:

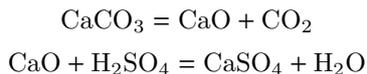
- В солнечных батареях
- ✓ В травматологии
- В хлебопекарном деле
- В качестве подсластителя

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

а) Формула мела CaCO_3 , а кровью химии H_2SO_4 называют H_2SO_4 . Таким образом, проводимые реакции:



Формула CaSO_4 , формула также соответствует первым буквам каждого элемента.

б) Свойство CaSO_4 затвердевать при смешении с водой нашло применение в медицине: травматологии и хирургии для изготовления гипсовых повязок, обеспечивающих фиксацию отдельных частей тела.

Задание 3. Впервые посетив лабораторию, Менделеев встретился с различными обозначениями техники безопасности. Установите соответствие между знаками и их значениями.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

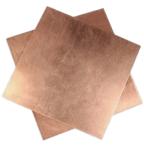
Знак	Значение
	Нельзя брать вещества руками
	Осторожно — ядовитые вещества
	Осторожно направляйте к себе газ рукой
	Нельзя набирать одной и той же пипеткой разные вещества
	Опасность растрескивания стекла

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 10 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Задание 4. Учитель решил расставить простые вещества, имеющиеся в его лаборатории, по цвету так, чтобы получился порядок радуги. Оказалось, для большинства цветов можно подобрать вещество близкое по оттенку, сложности возникли только с голубым и синим цветами. Немного подумав, учитель всё же выбрал простое вещество близкого цвета. Расставив образцы, педагог предложил своему ученику Менделееву определить, где что находится. Помогите юному химику определить формулы расставленных веществ.

Ответ:

Изображение	Цвет	Формула вещества
	Красный	Br_2
	Оранжевый	Cu
	Жёлтый	S
	Зелёный	Cl_2
	Голубо-синий	O_3
	Фиолетовый	I_2

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего 6 баллов

Максимальный балл за задание — 6

Задание 5. Два элемента **А** и **Б**, находящиеся в одном периоде таблицы Д.И. Менделеева, образуют бинарное вещество с массовой долей одного из элементов 60,7%. При этом в одном грамме этого вещества количество атомов элемента **А** оказалось равно количеству атомов элемента **Б**.

а) Запишите формулу этого вещества.

Ответ: NaCl

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 6 баллов

б) Куда юный химик Менделей мог добавить бы это вещество?

Ответ:

- В обувь
- В розетку
- ✓ В пельмени
- В цветы

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) Так как количество атомов **A** и **B** в веществе совпало, формулу вещества можно записать как **AB**. Тогда массовая доля элемента **A** равна:

$$\omega(A) = \frac{M(A)}{M(AB)} \cdot 100 \% = \frac{M(A)}{M(A) + M(B)} \cdot 100 \% = 60.7 \%$$

$$M(A) \cdot 100 \% : 60.7 \% = M(A) + M(B)$$

$$M(A) \cdot 1.647 = M(A) + M(B)$$

$$M(A) \cdot 0.647 = M(B)$$

$$M(A) = M(B) \cdot 1.546$$

Зная, что элементы находятся в одном периоде, переберём возможные значения $M(B)$:

Период	Элемент B	$M(B)$	$M(A)$	Элемент A	Вещество AB
1	Нет смысла (всего 2 элемента, один из них гелий, не образующий соединений).				
2	Li	7	11	B	LiB — нет такого
	Be	9	14	N	BeN — нет такого
	B	11	17	Нет такого	
	C	12	19	F	CF — нет такого
	N	14	22	Слишком большая масса	
3	Na	23	35.5	Cl	NaCl — подходит
	Mg	24	37	Нет такого	
	Al	27	41	Слишком большая масса	

Дальнейший перебор не имеет смысла.

Таким образом, бинарным веществом является NaCl.

б) NaCl — это поваренная соль, поэтому логично, было бы добавить это вещество в пельмени.

Задание 6. Выберите вещества, **НЕ** соответствующие характеристикам.

Ответ:

Характеристика	Вещество
Цветной металл	<ul style="list-style-type: none"> • Cr • Cu ✓ Fe • Au
Растворимое в воде вещество	<ul style="list-style-type: none"> • Серная кислота ✓ Мел • Марганцовка • Пищевая сода
Газ при н.у	<ul style="list-style-type: none"> • N₂ ✓ C • H₂ • He
Неприятно пахнущее вещество	<ul style="list-style-type: none"> • Сероводород • Сернистый газ • Аммиак ✓ Кислород
Оксид	<ul style="list-style-type: none"> • CO • Na₂O • Fe₃O₄ ✓ HCl

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 10 баллов

Максимальный балл за задание — 10

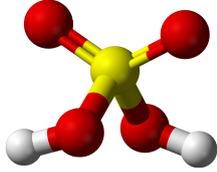
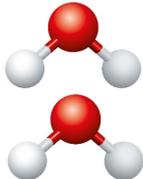
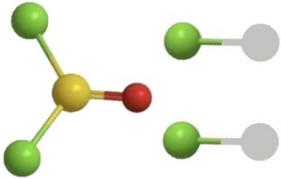
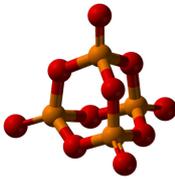
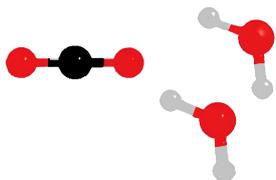
Решение.

К цветным металлам относят все металлы, кроме железа и элементов его группы, поэтому лишним будет Fe (X). Растворимыми в воде веществами будут все из перечисленных, за исключением мела (X). Азот, водород и неон являются газами при н.у., поэтому лишним будет твёрдый углерод C (X). Неприятно пахнут сероводород (запах тухлых яиц), сернистый газ (запах горелой спички), аммиак (резкий запах), поэтому лишним будет кислород (X). Оксиды — это бинарные соединения химического элемента с кислородом, поэтому лишней будет кислота HCl (X).

Задание 7. На уроке учитель рассказал про закон сохранения массы: масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе образовавшихся веществ. Помогите Менделееву выполнить задание, установив соответствие между реагентами и продуктами реакций.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

Реагенты	Продукты
$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} =$	
$2\text{H}_2 + \text{O}_2 =$	
$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} =$	
$\text{P}_4 + 5\text{O}_2 =$	
$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 =$	

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 10 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

По тому сколько типов элементов участвуют в реакции, и их количеству, можно выйти на соотношение.

Задание 8. Установите соответствие между названиями смесей и формулами двух основных компонентов этих смесей.

Ответ:

Аптечный иод	I_2
Аптечный иод	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
Газированная минеральная вода	H_2O
Газированная минеральная вода	CO_2
Чугун	Fe
Чугун	C
Воздух	N_2
Воздух	O_2

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего 8 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

Аптечный спиртовой раствор йода состоит из йода и йодида калия, растворённых в этиловом спирте и воде. Подходят ответы: I_2 , C_2H_5OH .

Газированная минералка может состоять из природной минеральной воды, насыщенной углекислым газом. Подходят ответы: H_2O , CO_2 .

Чугун состоит из двух основных компонентов — железа и углерода. Подходят ответы: Fe, C.

Воздух состоит из смеси газов. Больше всего в нём азота и кислорода (в совокупности 98–99 %). Оставшаяся доля приходится на водяной пар, углекислый газ, метан, водород, озон, инертные газы (аргон, ксенон, неон, гелий, криптон) и другие. Подходят ответы: N_2 , O_2 .

Задание 9. Перед тренировкой юный химик Менделеев всегда готовит себе изотоник — спортивный напиток, помогающий поддерживать электролитный баланс в организме. Для этого в 1.4 л воды (плотность 1 г/мл) он добавляет 75 г сахара и 5 г поваренной соли, всё это перемешивает и охлаждает в холодильнике.

а) По какой из формул можно рассчитать количество вещества сахара в приготовленном изотоническом растворе?

Ответ:

- $n = \frac{V_{\text{сахара}}}{V_m}$
- $n = \frac{V_{\text{р-ра}} \cdot \rho}{M_{\text{сахара}}}$
- ✓ $n = \frac{m_{\text{сахара}}}{M_{\text{сахара}}}$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Представив формулу сахара как $C_{12}H_{22}O_{11}$, определите количество этого вещества в изотонике. Ответ выразите в молях, округлите до десятых.

Ответ: 0.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Определите массовую долю сахара в изотонике. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) Подходящей формулой будет: $n = \frac{m_{\text{сахара}}}{M_{\text{сахара}}}$.

Формулу $n = \frac{V_{\text{сахара}}}{V_m}$ можно использовать только для расчёта количества молей газа.

В формуле $n = \frac{V_{\text{р-ра}} \cdot \rho}{M_{\text{сахара}}}$ в числителе проводится расчёт массы раствора, а значит, дальнейшее деление на молярную массу сахара теряет смысл.

б) Рассчитаем количество вещества сахара в изотонике:

$$n = \frac{m_{\text{сахара}}}{M_{\text{сахара}}} = \frac{75}{12 \cdot 12 + 1 \cdot 22 + 16 \cdot 11} = 0.2 \text{ моль.}$$

в) Рассчитаем массу воды:

$$m_{\text{воды}} = V_{\text{воды}} \cdot \rho = 1400 \cdot 1 = 1400 \text{ г.}$$

Рассчитаем массу раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = m_{\text{воды}} + m_{\text{сахара}} + m_{\text{соли}} = 1400 + 75 + 5 = 1480 \text{ г.}$$

Рассчитаем массовую долю сахара в изотонике:

$$\omega_{\text{сахара}} = \frac{m_{\text{сахара}}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100 \% = \frac{75}{1480} \cdot 100 \% = 5.068 \approx 5 \%$$

Задание 10. При растворении оксида двухвалентного металла был взят в необходимом количестве 20 %-й раствор хлороводорода, при этом получился 30.3 %-й раствор соли. Запишите формулу металла.

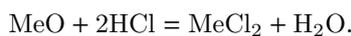
Ответ: Cu

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 8 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

Так как мы рассматриваем оксид двухвалентного металла, его формулу можно представить, как MeO , тогда реакция имеет вид:



Пусть $M(Me) = y$ г/моль, а также $n(MeO) = x$ моль, тогда по соотношению химической реакции $n(MeCl_2) = x$ моль, $n(HCl) = 2x$ моль.

Рассчитаем массу веществ:

$$m(MeO) = n(MeO) \cdot M(MeO) = x(y + 16) \text{ г.}$$

$$m(MeCl_2) = n(MeCl_2) \cdot M(MeCl_2) = x(y + 35.5 \cdot 2) = x(y + 71) \text{ г.}$$

$$m(HCl) = n(HCl) \cdot M(HCl) = 2x(1 + 35.5) = 73x \text{ г.}$$

Рассчитаем массу раствора соляной кислоты и массу раствора соли:

$$m(\text{р-ра } MeCl_2) = \frac{m(MeCl_2)}{\omega(MeCl_2)} = \frac{x(y + 71)}{0.303} = 3.3x(y + 71) \text{ г.}$$

$$m(\text{р-ра } HCl) = \frac{m(HCl)}{\omega(HCl)} = \frac{73x}{0.20} = 365x \text{ г.}$$

По закону сохранения массы:

$$m^H(\text{смеси}) = m^K(\text{смеси})$$

$$x(y + 16) + 365x = 3.3x(y + 71)$$

$$(y + 16) + 365 = 3.3(y + 71)$$

$$y + 381 = 3.3y + 234.3$$

$$2.3y = 146.7$$

$$y = 63.7$$

То есть $M(Me) = 63.7$ г/моль, что соответствует меди. Значит, формула металла — Cu .

Задание 11. В химической лаборатории используется много разнообразной специализированной посуды и инструментов. Помогите юному химику Менделеев подобрать один нужный прибор к следующим экспериментам.



1



2



3



4



5



6



7



8



9

В этом задании используются не все варианты ответа из правого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы.

Ответ:

Разделение смеси воды и подсолнечного масла	3
Определение плотности молока	2
Прокаливание медного купороса	4
Измерение объёма уксусной кислоты	6
Получение водорода	8
	1
	5
	7
	9

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего 10 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

<p>Вода и подсолнечное масло не смешиваются и образуют два слоя, поэтому разделение этой смеси стоит провести с помощью делительной воронки</p>	
<p>Определение плотности молока можно провести с помощью ареометра</p>	
<p>Прокаливание медного купороса надо проводить в фарфоровом тигле</p>	
<p>Измерение объёма уксусной кислоты проводят в мерном цилиндре</p>	
<p>Получение водорода проводят с помощью аппарата Кирюшкина</p>	

Задание 12. Таблица Д.И. Менделеева удивительна своими совпадениями. Например, в таблице есть элементы, порядковый номер и масса которых в три, четыре, пять, шесть, семь и восемь раз больше соответственно порядкового номера и массы элемента X (атомные массы элементов брать из Периодической таблицы).

Периодическая система элементов по группам и рядам.

Группы	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H							
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru
6	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm
7	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu

Определите элемент X. В ответ запишите химический символ элемента.

Ответ: He

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 6 баллов

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

Только для гелия He можно найти элементы, порядковые номера и масса которых в три, четыре, пять, шесть, семь и восемь раз больше соответственно: углерод C, кислород O, неон Ne, магний Mg, кремний Si, сера S.