

**Министерство образования и науки РТ
Казанский федеральный университет**

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады
школьников по химии 2012–2013 гг.
Задания**

Под редакцией Седова И.А.

Основные требования к проведению

1. **Каждый участник** должен получить в распечатанном виде **лист(ы)** с **заданиями для своего класса**.
2. Никто из участников не должен получить или видеть **задания другого класса** или решать задания одновременно за несколько классов.
3. **Каждый участник** должен получить в распечатанном виде таблицы Менделеева и растворимости, приведенные в этом файле ниже. **Запрещено** пользоваться принесенной с собой таблицей Менделеева и таблицей растворимости.
4. **Каждый участник** должен иметь при себе калькулятор. Организаторам желательно иметь несколько запасных калькуляторов и предоставлять их на время олимпиады по просьбе участников.
5. Участникам во время олимпиады **запрещается** пользоваться телефонами, компьютерами, наушниками, книгами и тетрадями с записями.
6. На решение задач всем участникам **вне зависимости от времени начала олимпиады** должно быть дано 4 астрономических часа (например, начало в 10.23 – окончание в 14.23). После окончания этого времени участники должны сдать свои работы в течение пяти минут.

Раздается каждому участнику

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Li, Rb, K, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Be, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Pb, (H), Bi, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au

РАСТВОРИМОСТЬ СОЛЕЙ, КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ

анион \ катион	OH ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	S ²⁻	SO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	SiO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻	CH ₃ COO ⁻
H ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P
NH ₄ ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P
K ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Na ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Ag ⁺	-	P	P	H	H	H	H	M	H	H	-	H	M
Ba ²⁺	P	P	M	P	P	P	H	H	H	H	H	H	P
Ca ²⁺	M	P	H	P	P	P	M	H	M	H	H	H	P
Mg ²⁺	H	P	M	P	P	P	M	H	P	H	H	H	P
Zn ²⁺	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	-	H	P
Cu ²⁺	H	P	P	P	P	-	H	H	P	-	-	H	P
Co ²⁺	H	P	H	P	P	P	H	H	P	H	-	H	P
Hg ²⁺	-	P	-	P	M	H	H	-	P	-	-	H	P
Pb ²⁺	H	P	H	M	M	H	H	H	H	H	H	H	P
Fe ²⁺	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P
Fe ³⁺	H	P	H	P	P	-	-	-	P	-	-	H	P
Al ³⁺	H	P	M	P	P	P	-	-	P	-	-	H	M
Cr ³⁺	H	P	M	P	P	P	-	-	P	-	-	H	P
Sn ²⁺	H	P	H	P	P	M	H	-	P	-	-	H	P
Mn ²⁺	H	P	H	P	P	H	H	H	P	H	H	H	P

P – растворимо M – малорасторимо (< 0,1 М) H – нерастворимо (< 10⁻⁴ М) -- – не существует или разлагается водой

Раздается каждому участнику

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1 H 1,008	2 He 4,0026																	
2	3 Li 6,941	4 Be 9,0122																	
3	11 Na 22,9897	12 Mg 24,3050																	
4	19 K 39,0983	20 Ca 40,078	21 Sc 44,9559	22 Ti 47,867	23 V 50,9415	24 Cr 51,9961	25 Mn 54,9380	26 Fe 55,845	27 Co 58,9332	28 Ni 58,6934	29 Cu 63,546	30 Zn 65,39	31 Ga 69,723	32 Ge 72,61	33 As 74,922	34 Se 78,96	35 Br 79,904	36 Kr 83,80	
5	37 Rb 85,4678	38 Sr 87,62	39 Y 88,9059	40 Zr 91,224	41 Nb 92,9064	42 Mo 95,94	43 Tc 98,9063	44 Ru 101,07	45 Rh 102,9055	46 Pd 106,42	47 Ag 107,868	48 Cd 112,411	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 I 126,905	54 Xe 131,29	
6	55 Cs 132,9054	56 Ba 137,327	57 La 138,9055	*	72 Hf 178,49	73 Ta 180,9479	74 W 183,84	75 Re 186,207	76 Os 190,23	77 Ir 192,217	78 Pt 195,078	79 Au 196,966	80 Hg 200,59	81 Tl 204,383	82 Pb 207,2	83 Bi 208,980	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89 Ac [227]	**	104 Rf [265]	105 Db [268]	106 Sg [271]	107 Bh [270]	108 Hs [277]	109 Mt [276]	110 Ds [281]	111 Rg [280]							

*	58 Ce 140,116	59 Pr 140,90765	60 Nd 144,24	61 Pm [145]	62 Sm 150,36	63 Eu 151,964	64 Gd 157,25	65 Tb 158,92534	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93032	68 Er 167,26	69 Tm 168,93421	70 Yb 173,04	71 Lu 174,967
**	90 Th 232,0381	91 Pa 231,03588	92 U 238,0289	93 Np [237]	94 Pu [242]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]

Число Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$

8 класс

Задача 1.

В русском языке при прочтении химических формул символ элемента в большинстве случаев заменяется названием элемента, однако есть ряд исключений. Например:

Н читается как аш, а называется водород

С – цэ – углерод

Н – эн – азот

О – о – кислород

Si – силициум – кремний

S – эс – сера

Кроме вышеперечисленных, исключениями являются еще 10 элементов. Запишите таким же образом их символы, прочтение символов в формулах и названия.

Задача 2.

В стакан с 25 г льда, находящегося при температуре -5°C , налили 100 г не смешивающегося с водой масла, нагреветого до 40°C . После установления теплового равновесия в стакане на границе раздела жидкостей плавает кусочек льда.

Теплоемкость льда составляет $2,06 \text{ Дж}/(\text{К}\cdot\text{г})$, воды $4,18 \text{ Дж}/(\text{К}\cdot\text{г})$, масла $1,67 \text{ Дж}/(\text{К}\cdot\text{г})$. Удельная теплота плавления льда $334 \text{ кДж}/\text{кг}$. Плотность льда $917 \text{ кг}/\text{м}^3$, масла $900 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Обменом теплом с окружающей средой пренебречь.

1. Найдите массу кусочка льда.

2. Какая часть от общего объема кусочка льда погружена в водный слой?

Задача 3.

Юный химик Павел Метелкин в своей лаборатории по ошибке слил два раствора серной кислоты. После этого он увидел запись, что в одном стаканчике находилось 10 мл раствора, содержащего 30% по массе серной кислоты (плотность $1,219 \text{ г}/\text{мл}$), а в другом 20 мл 5%-ного раствора той же кислоты (плотность $1,032 \text{ г}/\text{мл}$). Объем полученного раствора составил 30 мл. Павел решил не выбрасывать новый раствор, а применить, предварительно рассчитав его концентрацию.

1. Рассчитайте концентрацию раствора после смешения в % по массе и в моль/л.

2. Рассчитайте плотность того же раствора.
3. Какая максимальная масса цинка может раствориться в полученном растворе?

Задача 4.

В одной из гипотетических параллельных вселенных элементы первых трех периодов (от водорода до аргона) имеют относительную атомную массу в 2 раза больше их порядкового номера (например, бор с порядковым номером 5 имеет массу 10), а более тяжелые элементы из четвертого и последующих периодов не встречаются. При этом все химические свойства веществ не отличаются от таковых в нашем мире.

Одно из соединений в этой вселенной состоит из двух элементов и содержит 94,44% по массе одного из них.

1. Установите формулу этого соединения.

Два элемента **X** и **Y** образуют между собой ряд соединений, содержащих 25,9%; 30,4%; 36,8%; 46,7% и 63,6% **X** по массе.

2. Найдите элементы **X** и **Y** и запишите формулы всех соединений.

Три элемента образуют между собой соединение, в котором массовое содержание каждого из них составляет 27,5%; 32,5% и 40%.

3. Установите формулу этого соединения.

9 класс

Задача 1.

Химик Юлиус Мейер в 60-е годы 19 века наряду с Менделеевым занимался систематизацией химических элементов и составил свой вариант периодической системы, содержащий большинство известных на тот момент элементов (но не все).

Перед вами – таблица Мейера, в части клеток которой символы элементов заменены порядковыми числами.

Укажите в ответе, какие элементы скрываются за числами 3, 8, 10, 16, 19, 25, 29, 30, 36, 39.

1	2				3		Tl
C	4	5		6	7		8
9	10	11	As	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21		W
22	Cl	23	24		25		
			Fe		26		27
			Co		28		29
			Ni		30		31
32	33	34	35	36	37	Cs	38
39	40	41	42	43		Cd	44
							45

Задача 2.

Химическая промышленность производит 60%-ный олеум с плотность 2,00 г/мл. Сырьем для производства служит пирит (FeS_2), который подвергают обжигу, а затем один из продуктов обжига А каталитически окисляют до вещества В. Олеум получают, смешивая вещества В и С. Вещество С получают добавлением к олеуму вещества Д.

1. Запишите формулы веществ А – Д и уравнения упомянутых процессов.
2. Какая масса пиритовой руды с массовой долей инертных примесей 19,6% понадобится, чтобы произвести цистерну олеума объёмом 32,1 м³? Выходы на стадиях обжига пирита и окисления А составляют 92,2% и 93,8% соответственно, на последней стадии выход 100%.
3. При охлаждении из олеума выпадают кристаллы, содержащие 36,00% серы. Какова их формула?

Задача 3.

Искатель обнаружил в заброшенной фотолаборатории неизвестную белую соль **A**. Растворив 3,55 г этой соли в воде, он получил бесцветный раствор. При действии на него избытка соляной кислоты выделился газ **Б** без запаха. После этого он выпарил раствор, просушил сухой остаток и получил белую соль **В** массой 3,78 г. Газ **Б** при пропускании через раствор гидроксида бария давал белый осадок, растворяющийся при дальнейшем пропускании газа.

1. Определите с помощью расчета формулы веществ **A – В**.
2. Запишите уравнения всех произошедших реакций.
3. Напишите тривиальное название соли **A**.

Задача 4.

1. Найдите заряд одного электрона, если известно, что постоянная Фарадея составляет $F = 96485$ Кл/моль.
2. Найдите массу электрона в кг, если известно, что она в 1836 раз меньше массы протона.

Энергию ионизации основного состояния атома водорода можно рассчитать по формуле $E = \frac{me^4}{8h^2\varepsilon_0^2}$, где m – масса электрона, e – заряд электрона, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с (постоянная Планка), $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Дж·м) (электрическая постоянная).

3. Рассчитайте энергию ионизации основного состояния атома водорода.
4. Ионизацию атома можно произвести с помощью электронного удара. Какую минимальную скорость должны иметь электроны для ионизации атома водорода?

Задача 5.

Участник республиканской олимпиады по химии Василий Новаторов получил 7 пробирок, пронумерованных от 1 до 7, с бесцветными растворами неорганических солей: AgNO_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, MgSO_4 , CaBr_2 , K_2CO_3 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, ZnCl_2 . При этом было неизвестно, в пробирке с каким номером находится каждая из солей.

Василий смешал попарно в чистых пробирках все растворы друг с другом. Наблюдавшиеся при этом явления он записал в таблицу, где результат смешивания содержимого двух пробирок находится в клетке на пересечении строки и столбца с номерами, соответствующими номерам пробирок.

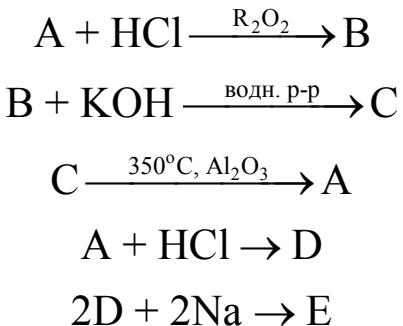
	1	2	3	4	5	6	7
1	–	белый осадок	белый осадок	белый осадок	белый осадок	белый осадок	нет изменений
2	белый осадок	–	нет изменений	белый осадок	нет изменений	нет изменений	белый осадок
3	белый осадок	нет изменений	–	белый осадок	белый осадок	нет изменений	светло-желтый осадок
4	белый осадок	белый осадок	белый осадок	–	белый осадок	белый осадок, выделение газа без запаха	светло-желтый осадок
5	белый осадок	нет изменений	белый осадок	белый осадок	–	нет изменений	белый осадок
6	белый осадок	нет изменений	нет изменений	белый осадок, выделение газа без запаха	нет изменений	–	белый осадок
7	нет изменений	белый осадок	светло-желтый осадок	светло-желтый осадок	белый осадок	белый осадок	–

1. Определите содержимое каждой из пробирок.
2. Запишите уравнения всех реакций, происходящих при попарном смешивании растворов.

10 класс

Задача 1.

Непредельный углеводород **A**, при нормальных условиях представляющий собой газ, вступает в следующие превращения:



Молекулярная масса **C** составляет 60 г/моль.

1. Приведите структурные формулы веществ **A** – **E** и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.
2. Напишите уравнения (с коэффициентами) окисления **A** перманганатом калия в сернокислом и щелочном (КОН) растворе.

Задача 2.

Смесь двух порошкообразных металлов массой 10,00 г разделили на две равные части. Первую часть поместили в разбавленную азотную кислоту, вторую – в разбавленную соляную кислоту. Первая часть полностью растворилась в азотной кислоте, при этом образовалось 0,5777 л (н.у.) смеси двух газообразных оксидов. Полученную смесь пропустили через стеклянную трубку, наполненную твердым гидроксидом натрия, при этом объем смеси не изменился. В результате взаимодействия второй части с соляной кислотой выделилось 1,37 л газа (н.у.), после завершения реакции был отфильтрован осадок массой 1,00 г. Этот осадок растворяется в разбавленной азотной кислоте, выделяя 0,2352 л (н.у.) индивидуального газа.

1. Определите металлы, содержащиеся в смеси.
2. Запишите уравнения всех реакций, упомянутых в задаче.

Задача 3.

Юный химик Руслан Колбобоев изучал химические реакции с участием бертолетовой соли KClO_3 . Нагревание этой соли до 400°C привело к образованию соединений **A** и **B**. При дальнейшем нагревании соединения **A** при температуре $550\text{-}620^\circ\text{C}$ образовались вещества **B** и **C**. Изучая реакцию **A**

с глюкозой $C_6H_{12}O_6$, Руслан обнаружил, что продуктами этой реакции являются соединения **B**, **D** и **E**. Вещество **D** можно получить взаимодействием **C** с водородом.

Определите вещества **A-E**, напишите уравнение всех упомянутых реакций.

Задача 4.

Важнейшей характеристикой автомобильного топлива является его октановое число, которое определяет стойкость топлива к самопроизвольному воспламенению (детонации) в цилиндре двигателя.

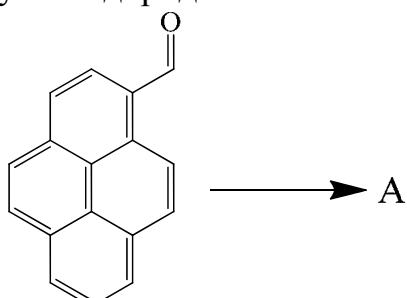
В 1988 году фирма Elf разработала несколько образцов специального горючего с октановым числом 102 для участия в автогонках Формула-1. Одна из таких смесей содержала 30% толуола, 4% н-гептана и 66% изооктана. Другая смесь содержала 60% толуола, 10% н-гептана и 30% изооктана.

Если же смешать толуол, н-гептан и изооктан в равных количествах, то полученная смесь будет иметь октановое число 73.

1. Рассчитайте октановые числа толуола, изооктана и н-гептана, принимая, что октановое число смеси горючих компонентов ON описывается формулой $ON = \sum ON_i \cdot \varphi_i$, где ON_i – октановое число i -го компонента смеси, φ_i – доля i -го компонента.
2. Какое октановое число будет иметь смесь, содержащая 5% н-гептана и 95% изооктана?
3. Напишите уравнения реакций полного сгорания компонентов топлива.

Задача 5.

В мае 2012 года британскими учёными из 1-пиренальдегида в несколько стадий был синтезирован углеводород **A**.



Хотя этот углеводород не имеет практического применения, химики очень торопились получить его до августа. Массовая доля углерода в **A** составляет 94.97%. Плотность паров **A** в 8,28 раза больше, чем у воздуха при той же температуре и давлении. Углеводород **A** является ароматическим, его

молекула содержит 18 π -электронов и имеет 2 взаимно перпендикулярные плоскости симметрии.

1. Установите брутто-формулу углеводорода **A**.
2. Предложите структурную формулу **A**.
3. Почему учёные торопились с синтезом?

11 класс

Задача 1.

Термическое разложение аммиачной селитры NH_4NO_3 может протекать по двум путям в зависимости от температуры. При температуре ниже 270°C происходит образование соединений **A** и **B**. При температуре выше 270°C образуются соединения **B**, **C** и **D**. Соединение **A** при нагревании взаимодействует с водородом с образованием соединений **C** и **B**. **B** можно получить прямым взаимодействием **D** с водородом. **D** при очень высоких температурах реагирует с веществом **C** с образованием бинарного соединения **E**, которое при комнатной температуре легко реагирует с **D** с образованием вещества **F**.

1. Определите вещества **A-F**, напишите уравнение всех упомянутых реакций.

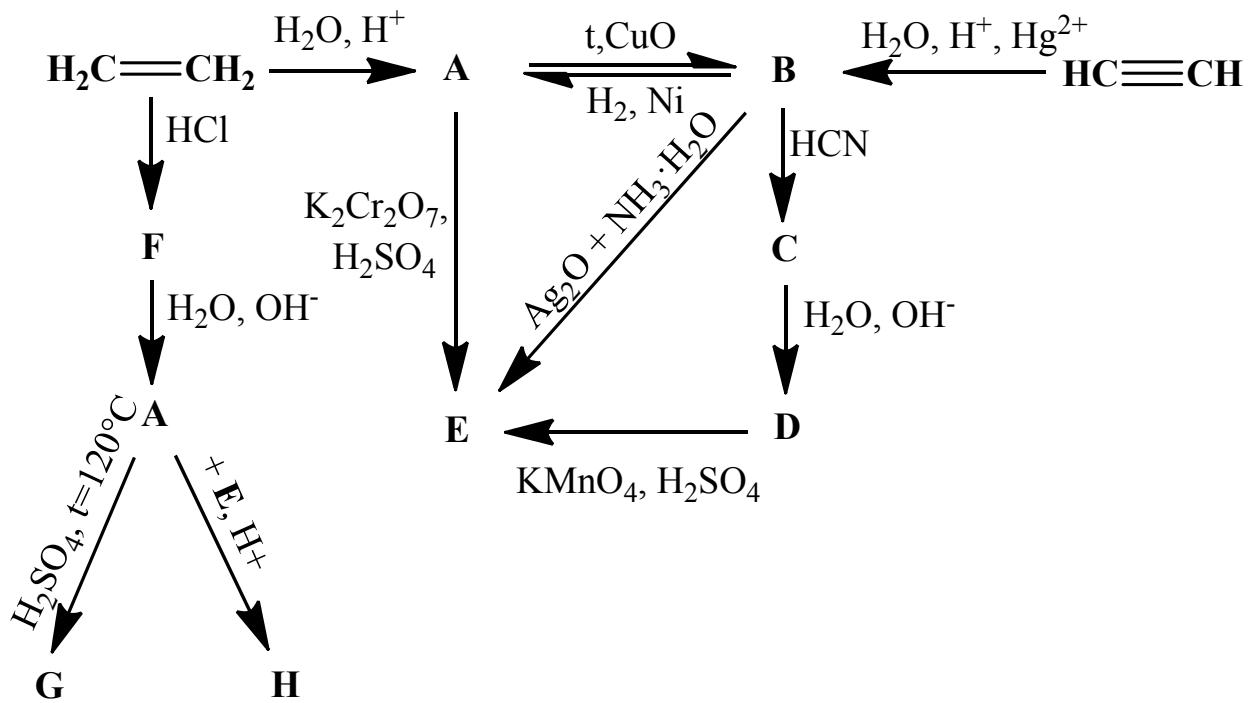
2,814 г смеси нитрата и нитрита аммония прокалили до полного исчезновения твердой фазы. Полученную смесь газов охладили до 0°C . При этом объём сконденсированной воды составил 1,42 мл.

2. Найдите массовые доли нитрата и нитрита аммония в смеси.

3. Найдите минимальный и максимальный возможный объём полученной смеси газов при н.у.

Задача 2.

Этилен способен вступать в следующую цепочку превращений:



1. Напишите структурные формулы веществ **A-H**.
2. Напишите уравнения (с коэффициентами) реакций получения **E** из **A, B** и **D**.
3. Приведите формулы всех возможных изомеров соединения **G**.

Задача 3.

В 1988-м году технический регламент автогонок Формула-1 допускал использование за всю гонку не более 150 литров горючего с октановым числом не более чем в 102 единицы. Фирма Elf разработала несколько образцов горючего с таким октановым числом. Смесь 1 содержала 30% толуола, 4% н-гептана и 66% изооктана (все проценты здесь и далее – объемные). Смесь 2 содержала 60% толуола, 10% н-гептана и 30% изооктана. Смесь 3 содержала 85% толуола и 15% н-гептана.

1. Какая из смесей будет наиболее эффективна в гонке с точки зрения количества энергии, выделяемой при сгорании? Ответ подтвердите расчетом. Мольные энталпии сгорания толуола, н-гептана и изооктана составляют –3920, –4466 и –5075 кДж/моль соответственно, а плотности – 0,867, 0,679 и 0,692 г/мл.
2. Какое октановое число имеет смесь, содержащая 5% н-гептана и 95% изооктана?
3. Напишите уравнения реакций полного сгорания каждого компонента.

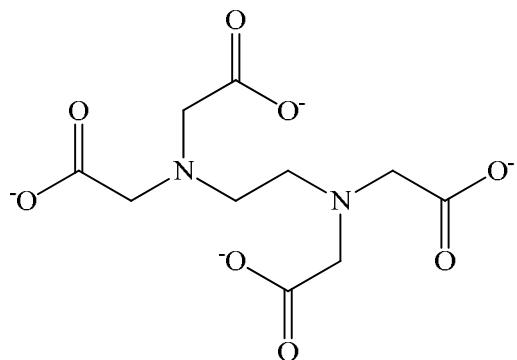
Задача 4.

Энергию ионизации основного состояния атома водорода можно рассчитать по формуле $E = \frac{me^4}{8h^2\varepsilon_0^2}$, где m – масса электрона, e – заряд электрона, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с (постоянная Планка), $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Дж·м) (электрическая постоянная).

1. Рассчитайте энергию ионизации основного состояния атома водорода, если известно, что постоянная Фарадея составляет $F = 96485$ Кл/моль, а масса электрона в 1836 раз меньше массы протона.
2. Ионизацию атома можно произвести с помощью электронного удара электронами, ускоренными разностью потенциалов. Какая минимальная разность потенциалов необходима, чтобы ускоренные электроны могли ионизировать атом водорода?

Задача 5.

Участник международной олимпиады по химии на экспериментальном туре должен был определить концентрацию хлоридов магния и натрия в растворе. Для этого он отобрал 10,0 мл исследуемого раствора и оттитровал его 0,093 М раствором нитрата серебра с индикатором, чувствительным к ионам серебра. На титрование ушло 23,2 мл раствора. Затем он отобрал 20,0 мл исследуемого раствора и оттитровал его 0,0103 М раствором ЭДТА (вещества, образующего комплекс состава 1:1 с ионами магния), добавив индикатор, чувствительный к ионам магния. На титрование ушло 18,6 мл раствора ЭДТА.



Анион этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА)

1. Напишите уравнения реакций нитрата серебра с хлоридами натрия и магния.
2. Определите концентрации (г/л) хлоридов магния и натрия в исследуемом растворе.
3. Отметьте в формуле ЭДТА кружочками атомы, участвующие в образовании комплекса с магнием.
4. Какой комплекс магния более прочен – с ЭДТА или использованным в титровании индикатором?