

Важнейшие правила

- На любой тур олимпиады запрещается брать с собой любые средства связи и источники информации (шпаргалки). В случае нарушения этого правила, Ваша работа будет аннулирована;
- Тетрадь с решениями заданий олимпиады следует сдать дежурным сразу после объявления об окончании времени. Если вы будете продолжать решение или оформление задач после объявления об окончании времени, организаторы имеют права Вашу работу не принимать и аннулировать;
- Значения атомных масс химических элементов берите из выданной вам периодической таблицы (IUPAC);
- Если вы укажете только конечный результат решения без приведения соответствующих вычислений, то Вы получите ноль баллов, если даже ответ правильный;
- При оформлении решений Вы должны обязательно должны приводить введенные Вами **обозначения**, использованные Вами **расчетные формулы**, а затем численные значения переменных и констант, использованные для расчетов (в том порядке, как Вы написали в формуле), а ответы - с учетом значащих цифр и указанием размерностей; За отсутствие формул расчета Вы потеряете половину баллов (за данный пункт), а за отсутствие размерностей (в добавок) – еще половину от половины; таким образом за правильное решение задачи можете получить только 25% баллов (за данный пункт), если не выполните эти условия;
- Максимально разборчиво должны быть приведены окончательные численные значения ответов (положение запятой, значение степени и т.п.), индексы в химических формулах и др. Если они приведены не разборчиво, то они могут не оцениваться из-за неопределенности!).

Маңызды ережелер

- Олимпиада турына өзіңізбен бірге қандай да болмасын байланыс құралдары мен ақпарат көздерін (шпаргалка) алып кіруге болмайды; Ережені бұзған қатысушылардың жұмыстары қабылданбайды;
- Егер сіз берілген уақыт біткенін хабарлағаннан кейін де есеп шығару мен жауап жазуды тоқтатпай, одан әрі жалғастыратын болсаңыз, жұмысыңыз қабылданбайды;
- Химиялық элементтердің атомдық массаларын мәндерін сізге берілген периодтық кестеден (IUPAC) алыңыз;
- Егер есептердің жауаптарын дәлелсіз (есептеулерсіз) келтіретін болсаңыз, оған дұрыс болса да ұпай қойылмайды. Шешулерді жазған кезде міндетті түрде алдымен қай белгісізді **қалай белгілегендеріңізді**, өздеріңіз қолданған **есептеу формулаларын**, сосын формуладағы физикалық шамалардың сан мәндерін (өзіңіз жазған кезекпен) қойып көрсету міндетті. Сандық жауаптар маңызды (мәнді) цифрлар сандарын ескере отырылып келтірілуі міндетті. Егер соңғы шарт орындалмаса тиісті ұпайдың жартысынан, ал оған қоса өлшем бірліктері жазылмаса, онда қалғанының жартысынан тағы айырыласыз; сонымен, бұл талаптарды орындамасаңыз, дұрыс шығарылған есебіңізге тиісті ұпайдың тек ширегін (25%) ғана аласыз;
- Жауаптардың соңғы нұсқалары (үтір орны, дәрежелер, химиялық формулалар индекстері және т.б.) мейлінше анық көрсетілуі міндетті. Олар анық болмаған жағдайда бағаланбауы мүмкін!

Periodic table of elements

with atomic masses / u

1 H 1.01	2 He 4.00																																		
3 Li 6.94	4 Be 9.01	5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18																												
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80										
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98.91	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29	55 Cs 132.91	56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.19	83 Bi 208.98	84 Po 208.98	85 At 209.99	86 Rn 222.02
87 Fr 223	88 Ra 226	89-103	104 Rf 261	105 Db 262	106 Sg 263	107 Bh 264	108 Hs 265	109 Mt 268												104 La 138.91	105 Ce 140.12	106 Pr 140.91	107 Nd 144.24	108 Pm 144.92	109 Sm 150.36	110 Eu 151.96	111 Gd 157.25	112 Tb 158.93	113 Dy 162.50	114 Ho 164.93	115 Er 167.26	116 Tm 168.93	117 Yb 173.04	118 Lu 174.97	
																				89 Ac 227	90 Th 232	91 Pa 231	92 U 238	93 Np 237	94 Pu 244	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	

Задание теоретического тура ОблХО-2020 для 11 класса.

Время для выполнения – 300 минут. 70 баллов.

(Можно использовать Периодическую таблицу и микрокалькулятор)

№11-1-2020 обл. 5 баллов.

$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ добавили к 200,0 мл 35%-ного раствора H_2SO_4 ($\rho = 1,30$ г/мл). В полученном растворе массовая доля серной кислоты равна 15%.

1. Найдите массу H_2SO_4 в исходном растворе. (1 балл)

$$m(\text{раствора}) = V (\text{мл}) * \rho (\text{г/мл}) = 200 * 1.3 = 260 \text{ г.}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{раствора}) * w (\text{H}_2\text{SO}_4) / 100\% = 260 * 35 / 100 = 91 \text{ г.}$$

2. Какая масса $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ была добавлена? (2 балла)

При растворении $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в серной кислоте происходит реакция:



x моль x моль x моль

Пусть к раствору серной кислоты добавили x моль $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($M_r = 244$ г/моль), тогда прореагировало x моль H_2SO_4 и образовалось x моль осадка BaSO_4 ($M_r = 233$ г/моль).

Масса полученного раствора:

$$m(\text{р-ра})_{\text{конеч.}} = 260 + m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) - m(\text{BaSO}_4) = 260 + 244x - 233x = 260 + 11x \text{ г.}$$

Масса серной кислоты в конечном растворе:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{конеч.}} = 91 - 98x \text{ г.}$$

По условию массовая доля серной кислоты в полученном растворе равна 15%, тогда:

$$w(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{конеч.}} / m(\text{р-ра})_{\text{конеч.}} * 100\%$$

$$= (91 - 98x) / (260 + 11x) * 100 = 15$$

$$(91 - 98x) / (260 + 11x) = 0,15$$

откуда $x = 0,522$.

Масса добавленного кристаллогидрата составляет $0,522 * 244 = 127,37$ г (1,5 балла)

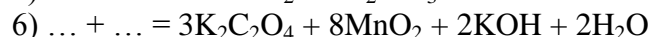
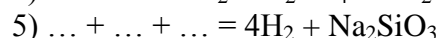
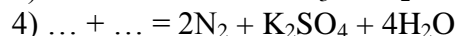
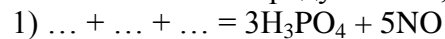
3. Найдите массу H_2SO_4 в конечном растворе. (2 балла)

Масса серной кислоты в конечном растворе:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{конеч.}} = 91 - 98x = 91 - 98 * 0,522 = 39,84 \text{ г.} \quad (2 \text{ балла})$$

№11-2-2020 обл. 6 баллов.

В соответствии с продуктами и, сохраняя коэффициенты, восстановите уравнения реакций:

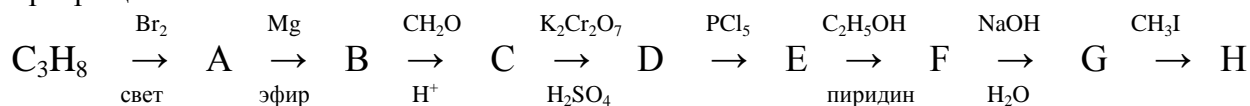


Решение: По 1 баллу за реакцию.



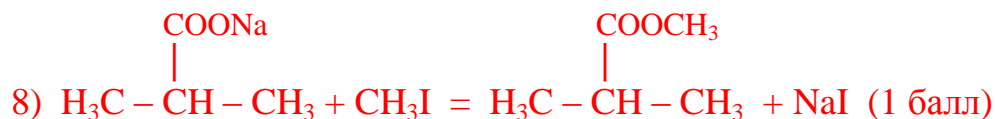
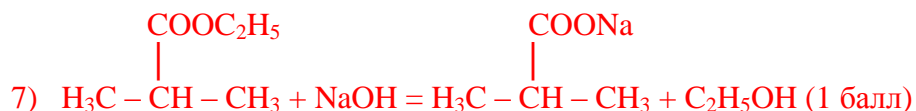
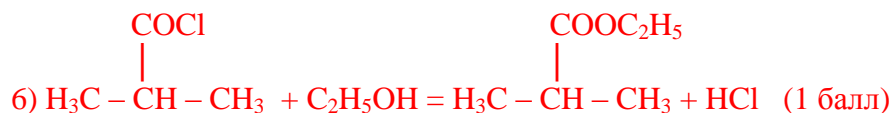
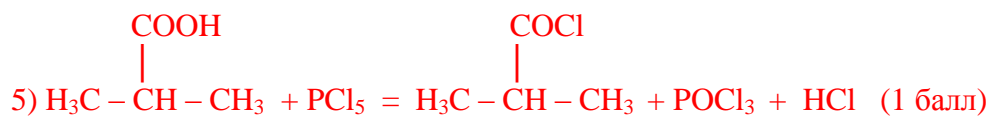
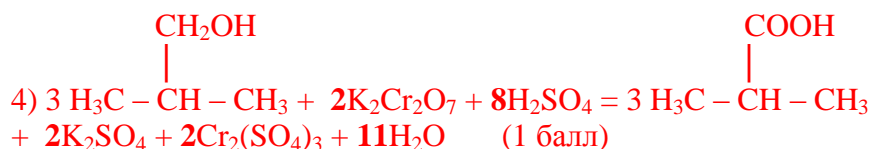
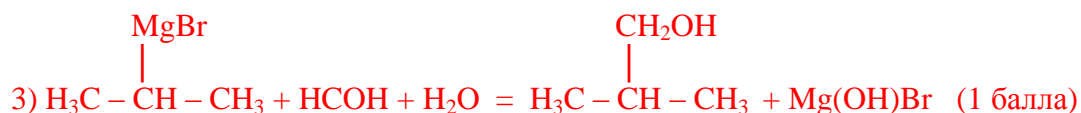
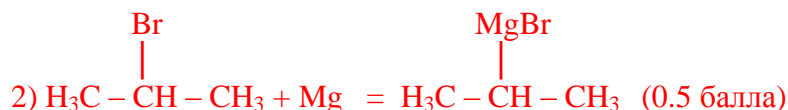
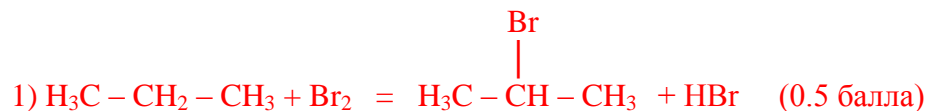
№11-3-2020 обл. 7 баллов.

Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:



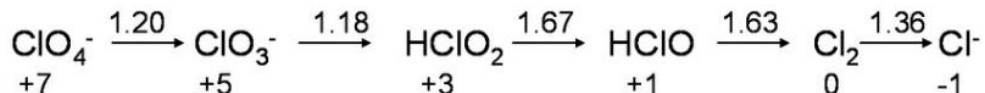
Определите неизвестные соединения и напишите их структурные формулы.

Решение:



№11-4-2020 обл. 7 баллов.

Дана диаграмма Латимера для хлора при pH = 0.



Рассчитайте потенциалы всевозможных переходов. Приведите уравнения реакций диспропорционирования, если есть таковые.

Решение:

$$E(\text{ClO}_4^- / \text{HClO}_2) = \frac{1.20 \cdot 2 + 1.18 \cdot 2}{4} = 1,19 \text{ В} \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$E(\text{ClO}_4^- / \text{HClO}) = \frac{1.20 \cdot 2 + 1.18 \cdot 2 + 1.67 \cdot 2}{6} = 1,35 \text{ В} \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$E(\text{ClO}_4^- / \text{Cl}_2) = \frac{1.20 \cdot 2 + 1.18 \cdot 2 + 1.67 \cdot 2 + 1.63}{7} = 1,39 \text{ В} \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$E(\text{ClO}_4^- / \text{Cl}^-) = \frac{1.20 \cdot 2 + 1.18 \cdot 2 + 1.67 \cdot 2 + 1.63 + 1.36}{8} = 1,38625 \text{ В} \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$E(\text{ClO}_3^- / \text{HClO}) = \frac{1.18 \cdot 2 + 1.67 \cdot 2}{4} = 1,425 \text{ В} \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$E(\text{ClO}_3^- / \text{Cl}_2) = \frac{1.18 \cdot 2 + 1.67 \cdot 2 + 1.63}{5} = 1,466 \text{ В} \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$E(\text{ClO}_3^- / \text{Cl}^-) = \frac{1.18 \cdot 2 + 1.67 \cdot 2 + 1.63 + 1.36}{6} = 1,45 \text{ В} \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$E(\text{HClO}_2 / \text{Cl}_2) = \frac{1.67 \cdot 2 + 1.63}{3} = 1,66 \text{ В} \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$E(\text{HClO}_2 / \text{Cl}^-) = \frac{1.67 \cdot 2 + 1.63 + 1.36}{4} = 1,58 \text{ В} \quad (0.5 \text{ балла})$$

$$E(\text{HClO} / \text{Cl}^-) = \frac{1.63 + 1.36}{2} = 1,5 \text{ В} \quad (0.5 \text{ балла})$$

Для определения возможности реакции диспропорционирования используем формулу $E = E_k - E_a$

$$E(\text{ClO}_3^- \text{ дисп}) = E(\text{ClO}_3^- / \text{HClO}_2) - E(\text{ClO}_4^- / \text{ClO}_3^-) = 1.18 - 1.20 = -0.02 \text{ В} \quad (-) \\ (0.5 \text{ балла})$$

$$E(\text{HClO}_2 \text{ дисп}) = E(\text{HClO}_2 / \text{HClO}) - E(\text{ClO}_3^- / \text{HClO}_2) = 1.67 - 1.18 = 0.49 \text{ В} \quad (+) \quad (0.5 \text{ балла})$$

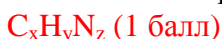
$$E(\text{HClO} \text{ дисп}) = E(\text{HClO} / \text{Cl}_2) - E(\text{HClO}_2 / \text{HClO}) = 1.63 - 1.67 = -0.04 \text{ В} \quad (-) \\ (0.5 \text{ балла})$$

$$E(\text{Cl}_2 \text{ дисп}) = E(\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-) - E(\text{HClO} / \text{Cl}_2) = 1.36 - 1.63 = -0.27 \text{ В} \quad (-) \\ (0.5 \text{ балла})$$

№11-5-2020 обл. 8 баллов.

Некое органическое вещество содержит в своем составе только углерод, водород и азот. Известно, что массовая доля углерода в этом соединении равна сумме массовых долей водорода и азота.

1. Приведите общую формулу данного соединения (индексами элементов будут неизвестные переменные). (1 балл)



2. Напишите уравнение, показывающее соотношение числа атомов углерода, водорода и азота. (1 балл)

Если массовая доля углерода равна сумме массовых долей азота и водорода, то и масса углерода в соединении равна сумме масс азота и водорода:

$$12x = y + 14z$$

(1 балл за уравнение)

3. Четным или нечетным является число атомов водорода в молекуле:

а) метиламина? б) метилendiамина? (1 балл)

а) Формула метиламина – CH_3NH_2 . Сумма атомов водорода = $3+2 = 5$ – нечетное число (0.5 балла). Или нечетное число атомов азота (один) – нечетное число атомов водорода.

б) Формула метилendiамина – $\text{CH}_2(\text{NH}_2)_2$. Сумма атомов водорода = $2+2*2 = 6$ – четное число (0.5 балла). Или четное число атомов азота (два) – четное число атомов водорода.

3. Определите молекулярную формулу вещества если известно, что его молярная масса не превышает 100 г/моль. (3 балла)

Если молярная масса вещества не превышает 100 г/моль, то максимальное значение $x = 4$. Минимальное же его значение $x = 2$, чтобы в молекуле был хотя бы один атом азота. Если $x = 2$, z может быть равен только одному, в таком случае $y = 12*2 - 14 = 10$, что не является возможным. Если $x = 3$, то z может быть равным одному или двум. Если z равен одному, то $y = 12*3 - 14 = 22$, что не является возможным. Если z равен двум, то $y = 12*3 - 14*2 = 8$, что вполне возможно (также соблюдается правило – четно число атомов азота дает четное число атомов водорода). Если $x = 4$, то z может быть равен только трем; в таком случае $y = 12*4 - 14*3 = 6$, что не является возможным (нечетное число атомов азота должно давать нечетное число атомов водорода в молекуле). То есть, молекулярная формула нашего вещества – $\text{C}_3\text{H}_8\text{N}_2$. (3 балла)

5. Приведите возможные структуры данного вещества если известно, что вещество циклическое и все атомы, кроме водорода, участвуют в образовании цикла. (2 балла)

Возможны две структуры этого вещества, исходя из условия:

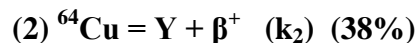
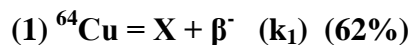


(по 1 баллу за каждую структуру).

№11-6-2020 обл. 11 баллов.

Радиоактивный распад – спонтанное изменение внутреннего состава, строения ядра одного элемента, сопровождающееся испусканием элементарных частиц, гамма-лучей или других ядерных фрагментов. Зачастую радиоактивный распад ядер одного элемента

приводит к образованию ядер другого элемента. В данной задаче мы рассмотрим с вами один из путей параллельного радиоактивного распада ядер ^{64}Cu :

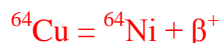
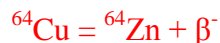


Распад ядер меди-64 подчиняется закону радиоактивного распада (кинетика первого порядка). Период полураспада меди $t_{1/2} = 12.8$ часов.

1. Определите нуклиды X и Y, запишите соответствующие уравнения распадов. Что из себя представляют β^- и β^+ частицы? (1 балл)

Известно, что бета распад протекает с образованием электрона (т.е. β^- это электрон – 0.25 балла). Таким образом, нуклидом X является ^{64}Zn (0.25 балла).

Применяя логическое мышление, можно догадаться, что β^+ должна быть частицей с противоположным зарядом. Иными словами, это позитрон (античастица соответствующая электрону) – 0.25 балла. Тогда нуклид Y это ^{64}Ni (0.25 балла)



Итого за пункт 1 балл.

2. Запишите дифференциальные уравнения скорости образования X, Y и скорости расходования меди. (1.5 балла)

$$\frac{d[^{64}\text{Zn}]}{dt} = k_1[^{64}\text{Cu}]; \quad \frac{d[^{64}\text{Ni}]}{dt} = k_2[^{64}\text{Cu}]; \quad -\frac{d[^{64}\text{Cu}]}{dt} = (k_1 + k_2)[^{64}\text{Cu}]$$

Также корректны записи через $N(^{64}\text{Cu})$ и $m(^{64}\text{Cu})$. По 0.5 балла за каждое уравнение

3. Чему равно отношение k_1/k_2 ? (0.5 балла)

Поскольку оба пути имеют одинаковый порядок, массы (концентрации) продуктов пропорциональны скоростям их образования. Иными словами:

$$\frac{m(^{64}\text{Zn})}{m(^{64}\text{Ni})} = \frac{k_1 m(^{64}\text{Cu})}{k_2 m(^{64}\text{Cu})} = \frac{k_1}{k_2} = \frac{62}{38}$$

0.5 балла за соотношение

Решением дифференциального уравнения для параллельной реакции из п.2 является уравнение, устанавливающее зависимость между количеством ядер, временем и k_1, k_2 .

4. Интегрируя выражение из пункта 2, выведите эту зависимость. (1 балл)

$$-\frac{d[Cu]}{dt} = (k_1 + k_2)[Cu]$$

$$\frac{d[Cu]}{[Cu]} = -(k_1 + k_2)dt$$

$$\int_{Cu_0}^{Cu} \frac{d[Cu]}{[Cu]} = -(k_1 + k_2) \int_0^t dt$$

$$\ln\left(\frac{Cu}{Cu_0}\right) = -(k_1 + k_2)t$$

Или

$$N(Cu) = N_0(Cu) * e^{-(k_1+k_2)t}$$

1 балл за финальную формулу с интегрированием. 0 баллов если указан только ответ.

5. Используя полученное уравнение, получите зависимость между константой скорости реакции и периодом полураспада (1 балл)

$N = \frac{N_0}{2}$, $t = t_{1/2}$ – при распаде ядер наполовину. Подставим в исходное уравнение:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-(k_1+k_2)t_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-(k_1+k_2)t_{1/2}}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{(k_1 + k_2)} \text{ или } (k_1 + k_2) = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

1 балл

6. Рассчитайте константы скоростей отдельных путей распада k_1 и k_2 . (2 балла)

$$\frac{0.62}{0.38} = \frac{k_1}{k_2}$$

$$(k_1 + k_2) = \frac{\ln 2}{12.8}$$

Решая эту систему уравнений, получаем

$$k_1 = 0.021 \text{ ч}^{-1} \quad k_2 = 0.033 \text{ ч}^{-1}$$

По 1 баллу за каждую из констант.

7. У ученого Химика Химиковича имеется образец ^{64}Cu массой 3 грамма. Этот образец подвергается параллельному распаду, определите количество ядер X и Y, образующихся в результате распада, через 20 часов. (2 балла)

Перепишем данное уравнение через массы

$$m = m_0 e^{-kt}$$

Первый образец:

$$m = 3 * e^{-0.054*20}$$

$$m(^{64}\text{Cu}) = 1.02 \text{ г}$$

Распалось: $(3-1.02) \text{ г} = 1.98 \text{ г}$ или

$$N(^{64}\text{Cu}) = \frac{m * N_A}{M} = \frac{1.98 * 6.02 * 10^{23}}{64} = 1.86 * 10^{22}$$

$$N(^{64}\text{Zn}) = 0.62 * N(^{64}\text{Cu}) = 0.62 * 1.86 * 10^{22} = 1.15 * 10^{22} \text{ (1 балл)}$$

$$N(^{64}\text{Ni}) = 0.38 * N(^{64}\text{Cu}) = 0.38 * 1.86 * 10^{22} = 7.07 * 10^{21} \text{ (1 балл)}$$

Ученый решил продолжить наблюдать за остатком образца. Для этого он составил следующую таблицу для замера массы, но случайно пролил кофе на свои записи...

Время (ч)	Теоретическая масса (г)	Практическая масса (г)	Разница (Пр.-Теор.)
	0.817		+0.011
12			-0.022
15			-0.002
20		0.345	
23		0.290	

8. Помогите Химику Химиковичу восстановить записи. (2 балла)

После распада из пункта 5, масса оставшегося образца составляет 1.02 г.

Расчет теоретических масс по формуле:

$$m_{12\text{ч}} = 1.02 * e^{-0.054*12} = 0.534 \text{ г} \quad m_{15\text{ч}} = 1.02 * e^{-0.054*15} = 0.454 \text{ г}$$

$$m_{20\text{ч}} = 1.02 * e^{-0.054*20} = 0.346 \text{ г} \quad m_{23\text{ч}} = 1.02 * e^{-0.054*23} = 0.294 \text{ г}$$

Разница = практическая масса – теоретическая масса

Расчет времени в первой строке:

$$0.817 = 1.02 * e^{-0.054t}$$
$$t = -\frac{\ln(0.801)}{0.054} = 4\text{ч}$$

Время (ч)	Теоретическая масса (г)	Практическая масса (г)	Разница (Пр.-Теор.)
4 (0.2 балла)	0.817	0.828 (0.2 балла)	+0.011
12	0.534 (0.2 балла)	0.512 (0.2 балла)	-0.022
15	0.454 (0.2 балла)	0.452 (0.2 балла)	-0.002
20	0.346 (0.2 балла)	0.345	-0.001 (0.2 балла)
23	0.294 (0.2 балла)	0.290	-0.004 (0.2 балла)

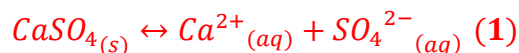
Всего за пункт 2 балла.

№11-7-2020обл. 12 баллов.

Юный химик Рустем начал растворять гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, и неожиданно для себя обнаружил, что гипс плохо растворяется в воде. Тогда он решил определить произведение растворимости K_{sp} сульфата кальция, используя насыщенный раствор. Для комплексометрического титрования 20.00 мл аликвоты насыщенного раствора, он израсходовал 7.82 мл 0.02М раствора ЭДТА.

1. Вычислите константу произведения растворимости K_{sp} (ПР) сульфата кальция и растворимость сульфата кальция в грамм на литр. (2 балла)

В растворе протекает следующая реакция с константой равновесия K_{sp} :

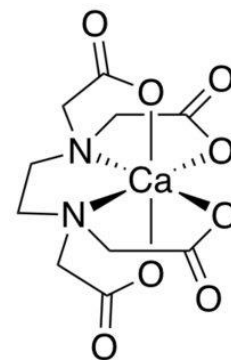


$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] \quad (2)$$

Так как при диссоциации образуются равные количества сульфат-аниона и кальций-катиона, то мы можем записать следующее:

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}]^2 \quad (3)$$

Для дальнейшего решения данной задачи необходимо понимать, что при комплексометрическом титровании ионов кальция используя ЭДТА реакция протекает в соотношении 1:1 с образованием комплекса, изображенного справа. Отсюда следует следующее:



$$c(\text{Ca}^{2+}) * V(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{ЭДТА}) * V(\text{ЭДТА})$$

$$c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{c(\text{ЭДТА}) * V(\text{ЭДТА})}{V(\text{Ca}^{2+})} \quad (4)$$

$$c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{7.82\text{мл} * 0.02\text{М}}{20.00\text{мл}} = 7.80 * 10^{-3} \text{ М} \quad (5)$$

Зная концентрацию кальция в насыщенном растворе, мы можем вычислить константу равновесия:

$$K_{sp} = (7.80 * 10^{-3})^2 = 6.08 * 10^{-5} \text{ (1 балл)} \quad (6)$$

Также, зная концентрацию кальцию, находим растворимость соли **P**. Количество растворенного сульфата кальция равно количеству ионов кальция.

$$P = 7.80 * 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{л}} * 136.14 \frac{\text{грамм}}{\text{моль}} = 1.062 \text{ г л}^{-1} \text{ (1 балл)} \quad (7)$$

Максимальный балл за первый пункт: 2 балла.

Увлечись этим экспериментом, Рустем решил изучить термодинамику растворения гипса.

Для этого он приготовил насыщенные растворы при температурах 2°C, 10°C, 25°C, 40°C, 80°C, а затем титровал аликвоты объемом 25.00 мл. Результаты эксперимента он занес в таблицу ниже.

Температура	Объем 0,0100М ЭДТА
2°C	25,00 мл
10°C	22,50 мл
25°C	18,53 мл
40°C	15,63 мл
80°C	10,63 мл

2. Используя данные из таблицы, графически определите значения изменения энтальпии ΔH^0 и энтропии ΔS^0 для реакции растворения сульфата кальция. При этом можно допустить, что эти термодинамические параметры не зависят от температуры (8 баллов)

Подсказка: выразите $\ln(K_{sp})$ как линейную функцию от $f(T)$. Вам может пригодится выражение ниже.

$$\Delta G^0 = -RT \ln K = \Delta H^0 - T \Delta S^0$$

Данный пункт решается аналогично предыдущему, так как используются выражения (3) и (4).

Для начала составим таблицу:

Температура (в Цельсиях)	Температура (в Кельвинах)	$\frac{1}{T}$ (K ⁻¹)	Объем 0,0100М ЭДТА	Концентрация Ca ²⁺ (используя столбик слева и выражение 4)	K _{sp} (используя выражение 3)	lnK _{sp}
2°C	275	3,636*10 ⁻³	25,00 мл	0,0100	10 ⁻⁴	-9.210
10°C	283	3,534*10 ⁻³	22,50 мл	0,0090	8,100*10 ⁻⁵	-9.421
25°C	298	3,356*10 ⁻³	18,53 мл	0,0074	5,476*10 ⁻⁵	-9.813
40°C	313	3,195*10 ⁻³	15,63 мл	0,0063	3,969*10 ⁻⁵	-10.13
80°C	353	2,833*10 ⁻³	10,63 мл	0,0043	1,849*10 ⁻⁵	-10.90

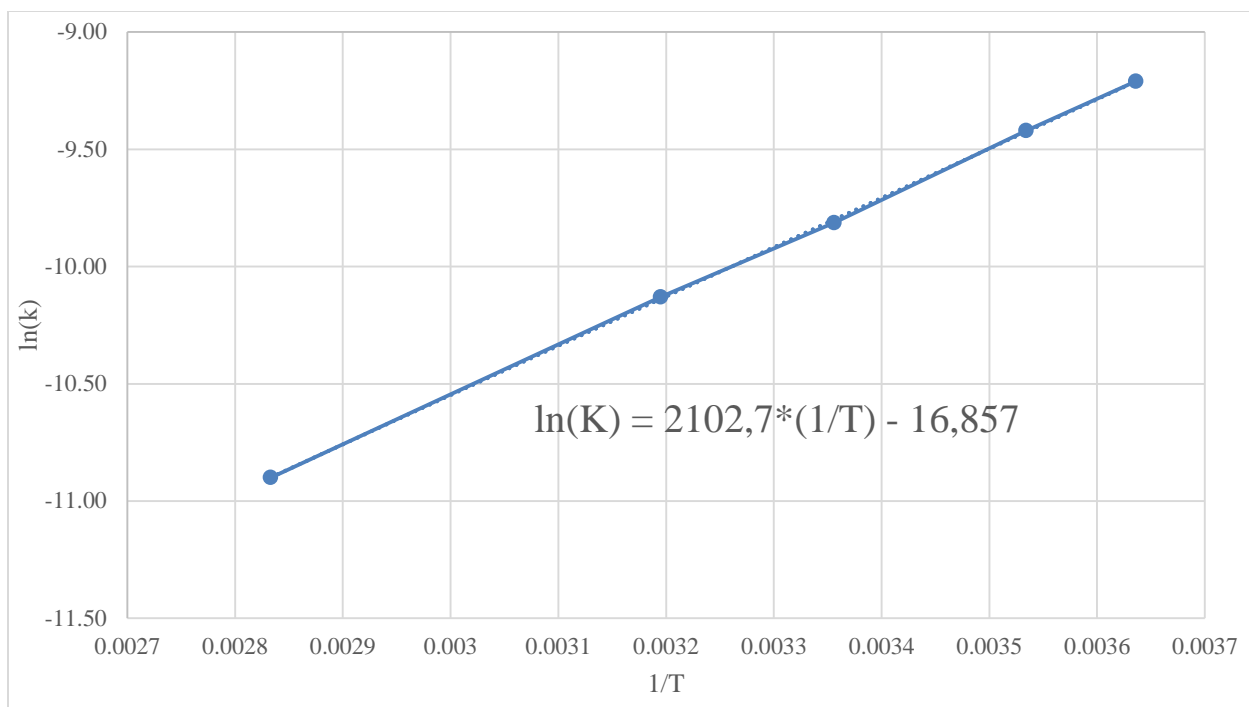
Далее необходимо вывести формулу зависимости натурального логарифма константы равновесия от обратной температуры.

$$\begin{aligned}
 -RT \ln K &= \Delta H^0 - T \Delta S^0 \\
 \ln K &= \frac{\Delta H^0}{-RT} + \frac{\Delta S^0}{R} \\
 \ln K &= \frac{\Delta H^0}{-R} * \left(\frac{1}{T}\right) + \frac{\Delta S^0}{R}
 \end{aligned}$$

Из этого выражения мы видим, что lnK зависит от $\left(\frac{1}{T}\right)$ линейно. Тогда, $\frac{\Delta H^0}{-R}$ – есть значение тангенса угла (градиент) линейного графика, а $\frac{\Delta S^0}{R}$ – не что иное, как точка пересечения графика с осью ординат.

За идею приведения lnK к линейной зависимости от 1/T 1 балл.

Данные из третьего и седьмого столбика таблицы используем для построения графика:



3 балла за построение графика. Штраф в 1 балл если не подписана любая из осей (если не подписаны обе оси – минус два балла).

Чтобы найти градиент мы берем две точки на наилучшей прямой и считаем следующим образом:

$$\text{градиент} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Так мы получаем значение для градиента 2102.7

Скорее всего, установить точку пересечения с осью Оу будет сложно из-за масштаба. Поэтому мы можем просто взять несколько точек и вычисленный нами градиент для нахождения значения точки пересечения с осью. Так мы получаем значение -16.857.

Получив два этих значения, мы с легкостью вычислим значения для изменения энтальпии и энтропии реакции:

$$\Delta H = -17481.8 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}; \Delta S = -140.15 \frac{\text{Дж}}{\text{К} * \text{моль}}$$

По 2 балла за значения ΔH и ΔS

Так же этот пункт можно решить с помощью метода наименьших квадратов и режима STAT на инженерном калькуляторе. Тем не менее, баллы даются только при наличии графика.

Итого за пункт – 8 баллов.

После того как Руستم вышел из лаборатории он случайно поскользнулся и повредил ногу. В медпункте было решено наложить ему гипс.

3. Какой температуры должна быть вода, чтобы в ней растворилось максимальное количество гипса? Свой ответ обоснуйте рассуждениями из пункта (2). (2 балла)

- (а) Температура воды должна быть приближена к температуре кипения
(б) Температура воды должна быть приближена к температуре замерзания
(в) Температура воды не влияет на растворимость гипса

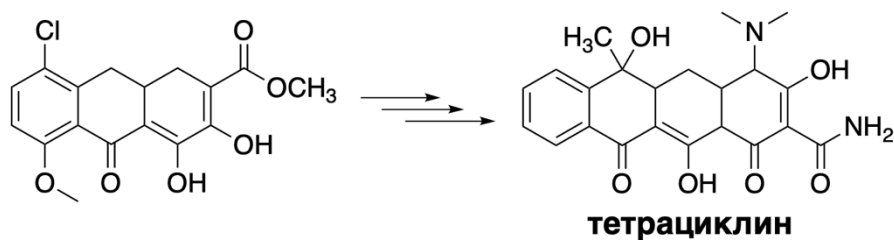
Ответ – (б). Учащийся может дать одно из обоснований:

- Согласно тренду из таблицы в решении ко второму пункту – концентрация растворенного сульфата кальция увеличивается при понижении температуры
- Значение энтропии в ответе ко второму пункту отрицательно, следовательно, реакция растворения сульфата кальция – экзотермическая. Согласно принципу Ле Шателье, равновесие будет сдвигаться в сторону диссоциации при понижении температуры.

Максимальный балл за этот пункт – 2 балла (Баллы не даются если отсутствует обоснование или обоснование неверно)

№11-8-2020 обл. 14 баллов.

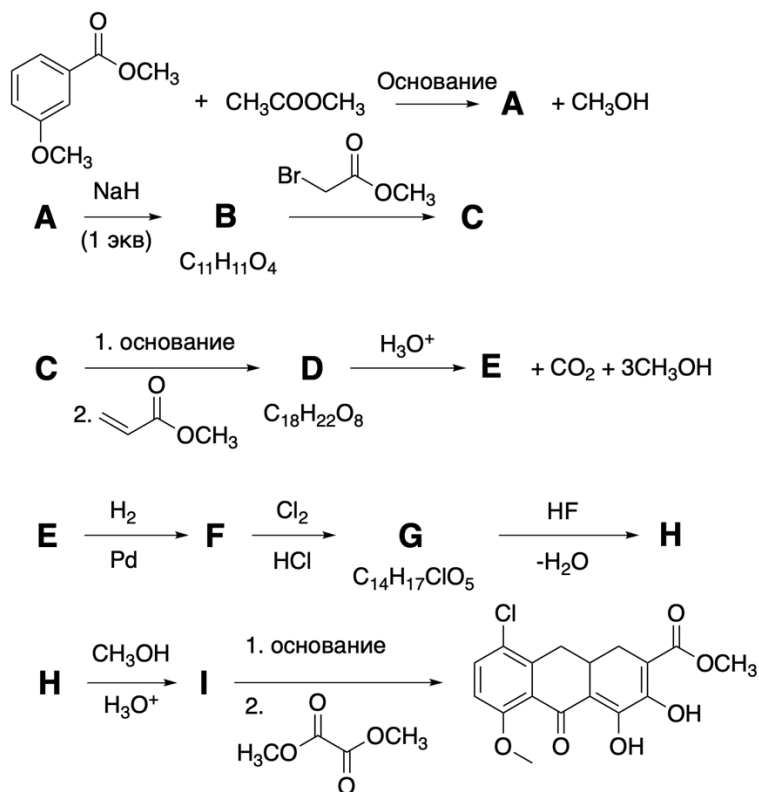
Тетрациклин – распространенный антибиотик, применяемый против бактерий, устойчивых к пенициллину. Впервые тетрациклин был синтезирован профессором Вудвардом и фармацевтической компанией Pfizer в 1962 году.



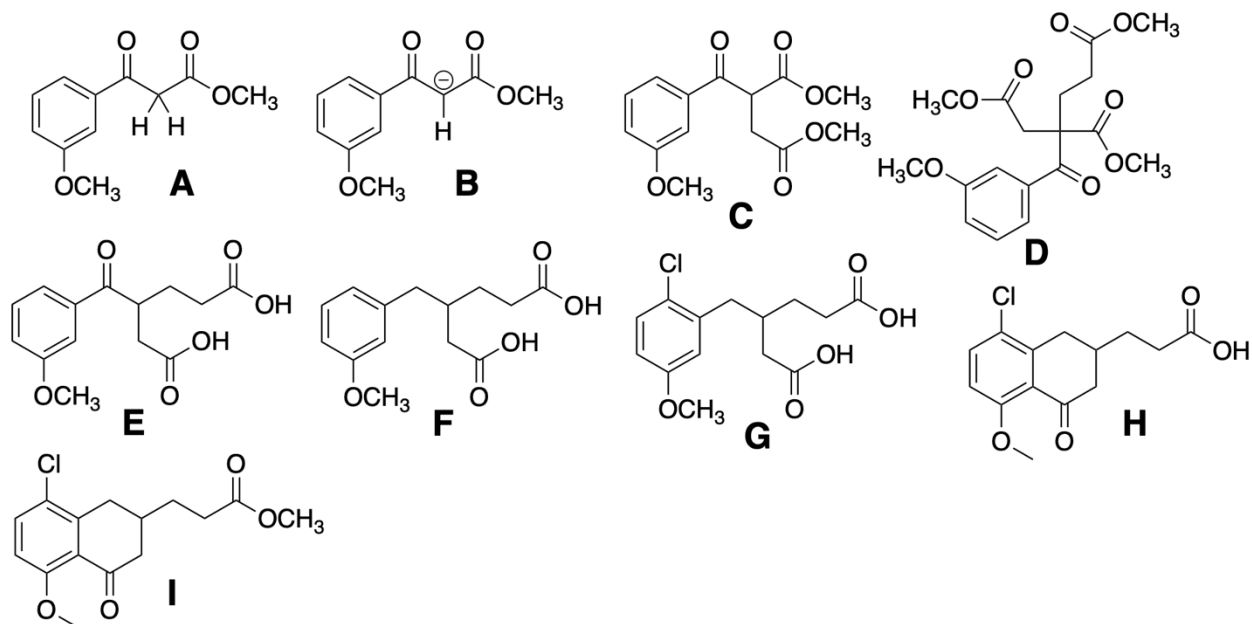
Тетрациклин был получен из прекурсора с тремя кольцами

В этой задаче мы предлагаем рассмотреть самые первые этапы синтеза прекурсора тетрациклина. Несмотря на то, что молекула тетрациклина выглядит довольно сложной и большой, реакции, используемые в синтезе, вам наверняка знакомы.

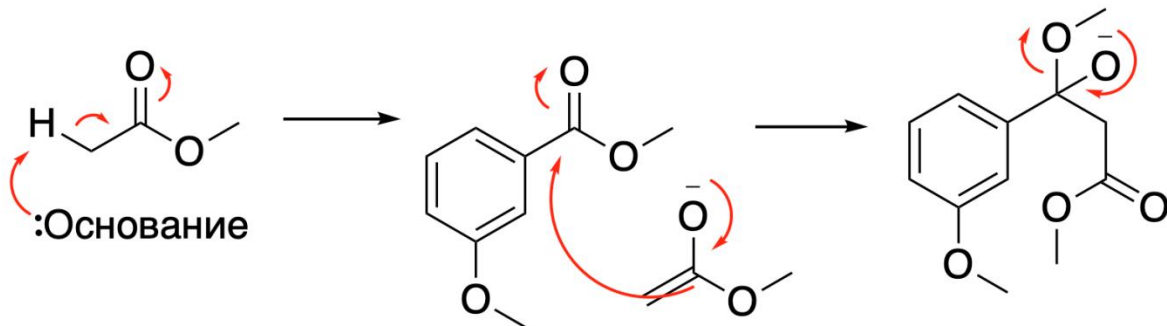
Известно, что образование **A** является конденсацией Кляйзена, **B** – карбанион. HF является катализатором реакции Фриделя-Крафтса. Превращение **F** в **G** в ином случае требовало бы присутствия кислоты Льюиса (например $AlCl_3$), но благодаря наличию MeO-заместителя в бензольном кислоте, реакция протекает даже без нее. В соединении **H** – два кольца.



1. Нарисуйте структуры соединений **A-I**. (9 баллов) по 1 баллу за каждую структуру

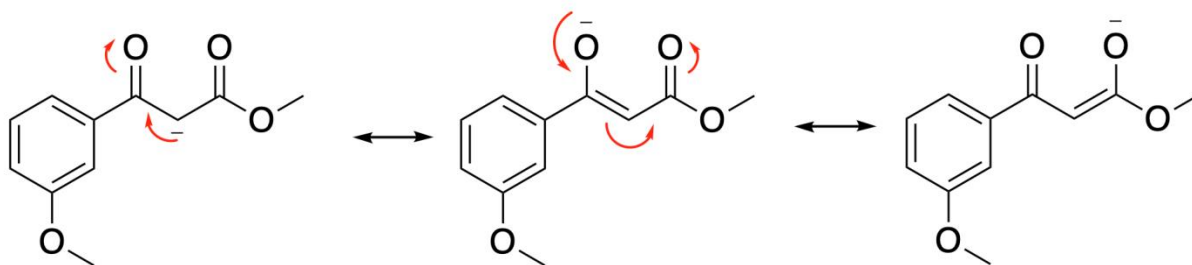


2. Нарисуйте механизм первой стадии (1 балл)



1 балл за механизм.

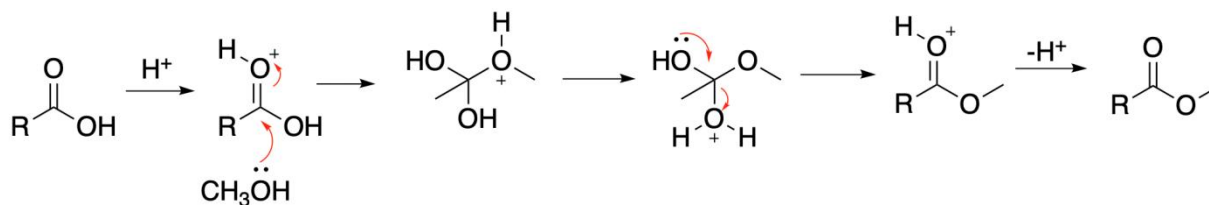
3. Укажите две резонансные структуры иона **B** (1 балл)



По 0.5 балла за структуру по центру и справа.

4. Нарисуйте механизм превращения **H** в **I**. В чем заключается роль ионов H^+ ? (2 балла)

Механизм превращения **H** в **I** – самая обычная этерификация. Можно спрятать всю оставшуюся часть структуры в **R**.



1 балл за механизм.

H^+ протонируют кислоту и тем самым увеличивают электрофильность атома углерода при карбонильной группе (1 балл за идею о увеличении электрофильности). Если ученик сказал, что H^+ являются катализатором – не больше 0.1 балла.

5. Предложите альтернативный реагент для превращения **E** в **F** (1 балл)

Есть много разных вариантов. H_2 на Ni/Ra , N_2H_4 с KOH , Zn/Hg и т.д. За любой – 1 балл.