

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!

Задание теоретического тура ОблХО-2020 для 10 класса.

Время для выполнения – 300 минут. 70 баллов.

(Можно использовать Периодическую таблицу и микрокалькулятор)

№10-1-2020 обл. 5 баллов.

Оксид углерода (IV) получили при взаимодействии карбоната кальция массой 15г с раствором соляной кислоты массой 40 г, в котором массовая доля HCl равна 25%.

1. Вычислите количество вещества карбоната кальция. (2 балла)

$$n(\text{CaCO}_3) = m(\text{CaCO}_3) / M_r(\text{CaCO}_3) = 15 / 100 = 0,15 \text{ моль (2 балла)}$$

2. Найдите массу оксид углерода. (3 балла)



$$m(\text{HCl}) = m(\text{р-ра}) * \omega(\text{HCl}) / 100\% = 40 * 25 / 100 = 10 \text{ г.}$$

$$n(\text{HCl}) = m(\text{HCl}) / M_r(\text{HCl}) = 10 / 36,5 = 0,274 \text{ моль (1 балл)}$$

CaCO₃ в избытке, расчет ведём через HCl.

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{CO}_2) = 0,274 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = 0,274/2 = 0,137 \text{ моль}$$

$$m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) * M_r(\text{CO}_2) = 0,137 * 44 = 6,03 \text{ г. (1 балл)}$$

№10-2-2020 обл. 5 баллов.

Имеются две одинаковые по мольному составу порции смеси Al, Mg, Fe, Zn, каждая массой 7,4 г. Одну порцию растворили в соляной кислоте и получили 3,584 л (н.у.) газа, другую – в растворе щелочи и получили 2,016 л (н.у.) газа. Известно, что в обеих смесях на один атом алюминия приходится три атома цинка. Найдите массы металлов в смеси.

Решение:

Уравнения реакций со щелочью:

$2\text{Al} + 2\text{KOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2\uparrow \quad (0,5 \text{ балла})$	$v(\text{H}_2) = \frac{2,016 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,09 \text{ моль.}$
$\text{Zn} + 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2\uparrow \quad (0,5 \text{ балла})$	$4,5x = 0,09, x = 0,02.$
$v(\text{Al}) = 0,02 \text{ моль,}$	$v(\text{Zn}) = 0,06 \text{ моль.}$

$$m(\text{Al}) = v(\text{Al}) \times M(\text{Al}) = 0,02 \text{ моль} \times 27 \text{ г/моль} = 0,54 \text{ г; (0.7 балла)}$$

$$m(\text{Zn}) = v(\text{Zn}) \times M(\text{Zn}) = 0,06 \text{ моль} \times 65 \text{ г/моль} = 3,90 \text{ г; (0.7 балла)}$$

$$m(\text{Al}) + m(\text{Zn}) = 0,54 \text{ г} + 3,90 \text{ г} = 4,44 \text{ г.}$$

Следовательно,

$$m(\text{Mg}) + m(\text{Fe}) = 7,4 \text{ г} + 4,44 \text{ г} = 2,96 \text{ г.}$$

Уравнения реакций с кислотой:

$2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\uparrow \quad (0,3 \text{ балла})$	Во время реакций смеси с кислотой всего было выделено газа: $v(\text{H}_2) = \frac{3,584 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,16 \text{ моль, из них}$ $0,03 + 0,06 = 0,09 \text{ моль за счет алюминия и цинка.}$
$\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\uparrow \quad (0,3 \text{ балла})$	
$\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\uparrow \quad (0,3 \text{ балла})$	Составляем систему уравнений: $24y + 56z = 2,96 \quad \text{Отсюда:}$ $y + z = 0,07 \quad y = 0,03, z = 0,04$
$\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow \quad (0,3 \text{ балла})$	
$v(\text{Mg}) = 0,03 \text{ моль,}$	$v(\text{Fe}) = 0,04 \text{ моль.}$

$$m(\text{Mg}) = v(\text{Mg}) \times M(\text{Mg}) = 0,03 \text{ моль} \times 24 \text{ г/моль} = 0,72 \text{ г; (0.7 балла)}$$

$$m(\text{Fe}) = v(\text{Fe}) \times M(\text{Fe}) = 0,04 \text{ моль} \times 56 \text{ г/моль} = 2,24 \text{ г.} \quad (0.7 \text{ балла})$$

№10-3-2020 обл. 8 баллов.

Раствор КОН с $c(\text{КОН}) = 1,5$ моль/л и плотностью $1,07$ г/мл разделили на три равные части. К первой части добавили 60 мл раствора HBr ($\omega(\text{HBr}) = 12\%$, $\rho = 1,125$ г/мл) и получили раствор с массовой долей соли $6,819\%$, ко второй части добавили 150 мл такого же раствора HBr и получили раствор с массовой долей соли $6,473\%$. Какой объем раствора HBr надо добавить к третьей части, чтобы получить раствор с массовой долей соли $8,57\%$? Какие еще вещества содержались в трех полученных растворах и каковы их массовые доли?

Решение:

Расчеты к первой части:



$$\omega(\text{KBr}) = m(\text{KBr})/m_{(\text{ep})} + 67,5$$

$$0,06819 = 11,9/(67,5 + m_{(\text{ep})})$$

$$m_{(\text{ep})} = 107 \text{ г}$$

$$V_1/3 = m_{(\text{ep})}/\rho$$

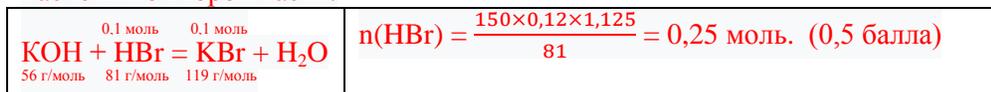
$$V_1 = 300 \text{ мл}$$

$$n(\text{КОН}) = 0,0015 \times 100 = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{КОН}) = 56 \times (0,15 - 0,1) = 2,8 \text{ г}$$

$$\omega(\text{КОН}) = 2,8/(67,5 + 107) = 0,016 \quad (1.5 \text{ балла})$$

Расчеты ко второй части:



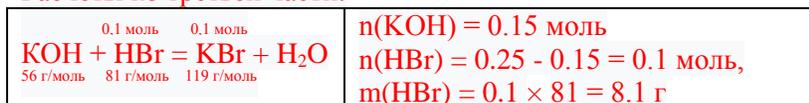
$$n(\text{КОН}) = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{HBr}) = 0,25 - 0,15 = 0,1 \text{ моль, } m(\text{HBr}) = 0,1 \times 81 = 8,1 \text{ г}$$

$$m_{(\text{ep})2} = 107 + 150 \times 1,125 = 275,75 \text{ г}$$

$$\omega(\text{HBr}) = 8,1/275,75 = 0,02937 \quad (2 \text{ балла})$$

Расчеты ко третьей части:



$$m_{(\text{ep})2} = 107 + 150 \times 1,125 = 275,75 \text{ г}$$

$$\omega(\text{HBr}) = 8,1/275,75 = 0,02937$$

$$n(\text{КОН}) = n(\text{KBr}) = 0,15 \text{ моль, } m(\text{KBr}) = 0,15 \times 119 = 17,85 \text{ г}$$

$$m(\text{HBr}) = a \times 1,125 = 1,125a, \text{ где } a - \text{объем бромоводорода}$$

$$\omega(\text{KBr}) = 17,85/(107 + 1,125a), \quad a = 90 \text{ мл, } V(\text{HBr}) = 90 \text{ мл} \quad (3 \text{ балла})$$

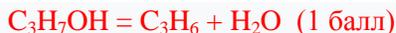
Ответ:

$$\omega(\text{КОН}) = 1,6\%, \quad \omega(\text{HBr}) = 2,937\%, \quad V(\text{HBr}) = 90 \text{ мл.}$$

№10-4-2020 обл. 8 баллов.

Концентрированную серную кислоту массой 55 г смешали с пропанолом-2 массой 36 г. Полученную смесь нагрели до высокой температуры, при этом выделилась газо-паровая смесь, имеющая плотность по азоту $1,4286$ осталось 30 мл жидкости с плотностью $1,833$ г/мл, не содержащей органических веществ. Рассчитайте массы каждого из трех образовавшихся органических веществ, учитывая, что 15% исходного вещества не вступает в реакцию, а 5% его изомеризовалось.

Решения:



$$n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = n(\text{C}_3\text{H}_6) = n(\text{H}_2\text{O}) = z \text{ моль}$$



$$n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = q \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OC}_3\text{H}_7) = n(\text{H}_2\text{O}) = 0.5q \text{ моль}$$

$$M(\text{пропанол-2}) = 60 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{пропанол-2}) = 60z + 60q = 36 - 36 \times 0.15 + 36 \times 0.05 \quad (1)$$

$$D_{\text{N}_2}(\text{газо-пар}) = 1.4286, M(\text{газо-пар}) = 1.4286 \times 28 = 40 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_6) = z \text{ моль} \quad n(\text{H}_2\text{O}) = z + 0.5q \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OC}_3\text{H}_7) = 0.5q \quad n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = (36 \times 0.2)/60 = 0.12 \text{ моль}$$

$$n(\text{н-C}_3\text{H}_7\text{OH}) = (36 \times 0.05)/60 = 0.03 \text{ моль}$$

$$\Sigma M = (m(\text{C}_3\text{H}_6) + m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OC}_3\text{H}_7) + m(\text{H}_2\text{O}) + 5.4 + 1.8) / (n(\text{C}_3\text{H}_6) + n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OC}_3\text{H}_7) + n(\text{H}_2\text{O}) + n(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})) = 40$$

$$(42z + 51q + 18 \times (z + 0.5q) + 7.2) / (z + 0.5q + z + 0.5q + 0.12) = 40 \quad (2)$$

Решаем систему уравнений (1) и (2);

$$z = 0.3 \text{ моль}, \quad q = 0.18 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_6) = 0.3 \times 42 = 12.6 \text{ г}$$

$$m(\text{н-C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 0.03 \times 60 = 1.8 \text{ г}$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OC}_3\text{H}_7) = 102 \times 0.5 \times 0.18 = 9.18 \text{ г}$$

Ответ:

$$m(\text{C}_3\text{H}_6) = 12.6 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

$$m(\text{н-C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 1.8 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OC}_3\text{H}_7) = 9.18 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

№10-5-2020 обл. 8 баллов.

В некотором бинарном соединении массовая доля азота равна 28.87%, а мольная доля второго элемента равна 14.29%.

1. Найдите соотношение числа атомов азота к числу атомов второго элемента через мольную долю. (2 балла)

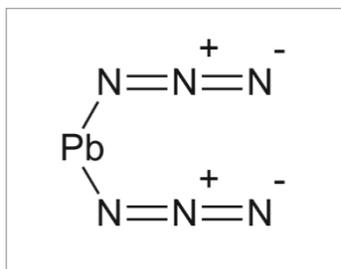
$$\text{Соотношение атомов азота к атомам элемента в неизвестном веществе} = (100\% - 14.29\%) / 14.29\% = 6/1. \quad (2 \text{ балла})$$

2. Какой будет молекулярная формула данного соединения? Дайте его название. (3 балла)

Молярная масса вещества = $14 \times 6 / 0.2887 = 291$ г/моль. Молярная масса элемента = $291 - 14 \times 6 = 207$ г/моль, это свинец (1 балл). Молекулярная формула – PbN_6 (1 балл). Или $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ – азид свинца (1 балл).

3. Какой будет гибридизация на центральном атоме этого соединения? Нарисуйте структуру данного вещества. Дайте описание его пространственного строения. (3 балла)

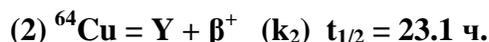
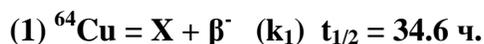
Гибридизация свинца (он же и центральный атом) – sp^2 (1 балл). Структура приведена ниже (1 балл):



Азид свинца имеет угловую форму, которая возникла при искажении плоского треугольника (1 балл).

№10-6-2020обл. 10 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 радиоактивного распада ядер ^{64}Cu :



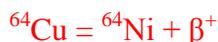
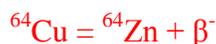
Распад ядер меди-64 подчиняется закону радиоактивного распада (кинетика первого порядка)

Для простоты решения примем, что наш радиоактивный распад будет протекать только по одной реакции из двух параллельных.

1. Определите нуклиды X и Y, запишите соответствующие уравнения распадов. Что из себя представляют β^- и β^+ частицы? (2 балла)

Известно, что бета распад протекает с образованием электрона (т.е. β^- это электрон – 0.5 балла). Таким образом, нуклидом X является ^{64}Zn (0.5 балла).

Применяя логическое мышление, можно догадаться, что β^+ должна быть частицей с противоположным зарядом. Иными словами, это позитрон (античастица соответствующая электрону) – 0.5 балла. Тогда нуклид Y это ^{64}Ni (0.5 балла)



Итого за пункт 2 балла.

2. Запишите кинетические уравнения скорости реакций для (1) и (2). Опираясь на вашу запись, определите во сколько раз увеличится скорость распада в каждом случае, если увеличить количество ядер ^{64}Cu в 3, 6 и 9 раз. (2 балла)

$$r_1 = -\frac{d[^{64}\text{Cu}]}{dt} = k_1[^{64}\text{Cu}]; \quad r_2 = -\frac{d[^{64}\text{Cu}]}{dt} = k_2[^{64}\text{Cu}]$$

(по 0.75 балла за каждую из записей. Ученику не обязательно указывать дифференциал $d\text{Cu}/dt$ – достаточно просто $r=k_1*\text{Cu}$, но и если ученик указал дифференциал – такой ответ тоже засчитывается. Также учитываются записи через $N(^{64}\text{Cu})$ и $m(^{64}\text{Cu})$).

Реакции радиоактивного распада подчиняются кинетическим уравнениям первого порядка, то есть изменение скорости радиоактивного распада зависит прямопропорционально изменению концентрации. Следовательно, при увеличении количества ядер ^{64}Cu в 3, 6, 9 раз скорость распада увеличивается в 3, 6 и 9 раз соответственно (0.5 балла)

Итого за пункт 2 балла

После интегрирования кинетических уравнений скорости, можно получить следующую функцию количества атомов N по прошествии времени t .

$$N = N_0 e^{-kt}$$

3. Используя данное 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:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-kt_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-kt_{1/2}}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} \text{ или } k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

1 балл.

4. Рассчитайте константы скорости k_1 и k_2 . (1 балл)

$$k_1 = \frac{\ln 2}{34.6} = 0.02 \text{ ч}^{-1} \quad k_2 = \frac{\ln 2}{23.1} = 0.03 \text{ ч}^{-1}$$

По 0.5 баллов за каждую из констант

5. У ученого Химика Химиковича имеется 2 образца ^{64}Cu массами 3 грамма. Предположим, что один образец распадается исключительно по пути (1), а второй по пути (2). Определите сколько ядер X и Y образуется через 40 часов после распада обоих образцов. (2 балла)

Перепишем данное уравнение через массы

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

Первый образец:

$$m = 3 * e^{-0.02*40}$$
$$m(^{64}\text{Cu}) = 1.35 \text{ г}$$

Распалось: (3-1.35) г=1.65 г.

$$N(^{64}\text{Zn}) = \frac{m * N_A}{M} = \frac{1.65 * 6.02 * 10^{23}}{64} = 1.55 * 10^{22} \text{ (1 балл)}$$

Второй образец:

$$m = 3 * e^{-0.03*40}$$
$$m(^{64}\text{Cu}) = 0.90 \text{ г}$$

Распалось: (3-0.90) г=2.10 г.

$$N(^{64}\text{Ni}) = \frac{m * N_A}{M} = \frac{2.10 * 6.02 * 10^{23}}{64} = 1.98 * 10^{22} \text{ (1 балл)}$$

Ученый решил продолжить наблюдать за оставшимся образцом (1). Для этого он составил следующую таблицу для замера массы образца каждые 10 часов, но случайно пролил кофе на свои записи...

Время (ч)	Теоретическая масса (г)	Практическая масса (г)	Разница (Теор. – Прак.)
10	1.104		+0.019
20			-0.039
30			0
40		0.634	
50		0.473	

6. Помогите Химику Химиковичу восстановить записи (2 балла)

После распада из пункта 5, масса оставшегося образца составляет 1.35 г.

Расчет теоретических масс по формуле:

$$m_{20\text{ч}} = 1.35 * e^{-0.02*20} = 0.905 \text{ г} \quad m_{30\text{ч}} = 1.35 * e^{-0.02*30} = 0.741 \text{ г}$$

$$m_{40\text{ч}} = 1.35 * e^{-0.02*40} = 0.607 \text{ г} \quad m_{50\text{ч}} = 1.35 * e^{-0.02*50} = 0.497 \text{ г}$$

Разница = Теоретическая масса – практическая масса

Время (ч)	Теоретическая масса (г)	Практическая масса (г)	Разница (Теор. – Прак.)
10	1.104	1.085 (0.2 балла)	+0.019
20	0.905 (0.2 балла)	0.944 (0.2 балла)	-0.039

30	0.741 (0.2 балла)	0.741 (0.2 балла)	0
40	0.607 (0.2 балла)	0.634	-0.027 (0.2 балла)
50	0.497 (0.2 балла)	0.473	-0.024 (0.2 балла)

По 0.2 балла за каждое вычисление (всего 9). Дополнительные 0.2 балла даются если все 9 вычислений верные. Максимальный балл – 2 балла.

№10-7-2020 обл. 10 баллов.

Гипс – это слабо растворимый кристаллогидрат сульфата кальция $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где n – неизвестное натуральное число. Юный химик Айдын решил вычислить точную формулу кристаллогидрата. Из справочника он узнал, что растворимость гипса – 1.343 г/л.

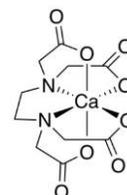
1. Какую максимальную массу гипса можно растворить в 75 мл воды? (0.5 балла)

Делаем перерасчет:

$$1.343 \frac{\text{г}}{\text{л}} * 0.075 \text{ л} = 0.101 \text{ г (0.5 балла)}$$

Для начала Айдын взял 80.00 мг гипса и полностью растворил его в 75.00 мл воды. Чтобы установить точное содержание ионов кальция, Айдын решил прибегнуть к комплексометрическому титрованию.

Комплексометрическое титрование – это метод количественного анализа, при котором некий комплекс реагирует с ионом металла, образуя прочное комплексное соединение. Один из известных комплексонов – этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА). Она реагирует с любыми ионами в соотношении 1 к 1 с образованием стабильного комплекса (изображенного справа).



На титрование 75.00мл приготовленного раствора гипса у Айдына ушло 4.65мл 0.1М ЭДТА.

2. Используя данные выше, вычислите формулу кристаллогидрата. (3 балла)

Для решения этого пункта введем следующие значения:

$$M(\text{гипс}) = (136.14 + 18.02n) \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Отсюда следует, что количество вещества гипса равно:

$$n(\text{гипса}) = \frac{80.00 * 10^{-3} \text{ г}}{M(\text{гипс})}$$

Также, при полном растворении всего гипса, количество вещества ионов кальция в растворе равно количеству вещества гипса

$$n(\text{гипса}) = n(\text{Ca}^{2+})$$

Из условия известно, что при комплексонометрическом титровании ионы кальция реагируют с ЭДТА в соотношении 1 к 1. Следовательно

$$n(\text{Ca}^{2+}) = n(\text{ЭДТА})$$

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

Таким образом:

$$C(\text{ЭДТА}) * V(\text{ЭДТА}) = \frac{80.00 * 10^{-3} \text{ г}}{M(\text{гипс})}$$

Вычисляя, мы получаем, что

$$M(\text{гипс}) = \frac{80,00 * 10^{-3} \text{ грамм}}{C(\text{ЭДТА}) * V(\text{ЭДТА})} = 172.04 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Следовательно,

$$n = \frac{172.04 - 136.14}{18.02} = 1.99 \approx 2$$

Формула кристаллогидрата - $\text{CaSO}_4 * 2\text{H}_2\text{O}$ (3 балла)

Итого за второй пункт: 3 балла

Альтернативный метод решения, идентичный ответ - полный балл. Если учащийся указывает верную формулу гипса без каких-либо вычислений и размышлений, то за пункт – 0 баллов.

При диссоциации кристаллогидрата протекает следующая реакция:



Константа равновесия этой реакции K_{sp} (также известная как произведение растворимости ПР), вычисляется как произведение концентраций ионов в насыщенном растворе.

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

Эта константа связана с такими термодинамическим параметром как изменение энергии Гиббса следующим уравнением:

$$\Delta G = -RT \ln K, \text{ где}$$

ΔG – изменение энергии Гиббса в ходе реакции, R – универсальная газовая постоянная, T – температура системы в Кельвинах, $\ln K$ – натуральный логарифм константы равновесия реакции.

- Используя значение растворимости гипса 1.343 г/л, вычислите значение K_{sp} . Используя полученное значение, посчитайте значение изменения энергии Гиббса ΔG для реакции растворения при 25°C. Если вы не рассчитали значение n во втором пункте, то примите $n=1$. Если Ваш калькулятор не может поддерживать функцию натурального логарифма, вы можете оставить ответ в виде $a * \ln(b)$. Является ли

реакция растворения гипса термодинамически выгодной при 298 К? Ответьте, используя предшествующие расчеты. (3,5 балла)

Для расчета произведения растворимости, мы используем концентрации ионов кальция и сульфат-ионов в насыщенном растворе. При полном растворении 1.343 г гипса в 1 л воды, образуется:

$$n = \frac{1.343 \text{ г}}{172.04 \text{ г/моль}} = 7.81 * 10^{-3} \text{ моль}$$

гипса.

По стехиометрии, при полной диссоциации сульфата кальция образуется столько же ионов кальция и сульфат ионов. С учетом того, что объем раствора – 1 л.

$$K_{sp} = (7.81 * 10^{-3})^2 = 6.10 * 10^{-5}$$

(2 балла за расчет значения K_{sp}) Если учащийся использовал формулу гипса $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ($n=1$), и получил значение $7.59 * 10^{-5}$ он получает полные 2 балла.

Для расчета энергии Гиббса:

$$\begin{aligned} \Delta G &= -RT \ln K = -8.314 \frac{\text{Дж}}{\text{К} * \text{моль}} * 298,15 \text{ К} * \ln(6.10 * 10^{-5}) \\ &= -247.76 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} * \ln(6.10 * 10^{-5}) = 24.04 * 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \end{aligned}$$

1 балла. Допускается оставить ответ в формате $a * \ln(b)$. Если учащийся использовал значение $n=1$, он также получает 1 балл

$$\Delta G = -247.76 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} * \ln(7.59 * 10^{-5}) = 23.50 * 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

Реакция термодинамически невыгодна, так как изменение энергии Гиббса – положительное число. (0,5 балл за обоснование)

Итого за третий пункт: 3,5 балла. За любую вычислительную ошибку штраф -0,5 балла.

4. Айдын решил растворить безводный сульфат кальция (значение K_{sp} такое же, как и у гипса) в 1 литре раствора, содержащего 5 мкмоль хлорида кальция. Какое максимальное количество гипса получится растворить в таком растворе? Изменением объема можно пренебречь. Если вы не рассчитали K_{sp} в предыдущем пункте, то примите его равным $1.5 * 10^{-5}$. (3 балла)

Используем выражение

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

Здесь, параметр $[\text{Ca}^{2+}]$ состоит из суммы концентраций уже присутствующих в растворе ионов кальция и ионов кальция, полученных в ходе диссоциации.

Тогда:

$$6.10 \cdot 10^{-5} = (x + 5 \cdot 10^{-3}) \cdot x$$

где x – это концентрация кальция, образовавшегося в ходе диссоциации гипса.

Решая уравнение, получаем $x=5.7 \cdot 10^{-3}$. То есть, в 1 литре такого раствора мы сможем растворить $5.70 \cdot 10^{-3}$ моль гипса. (3 балла)

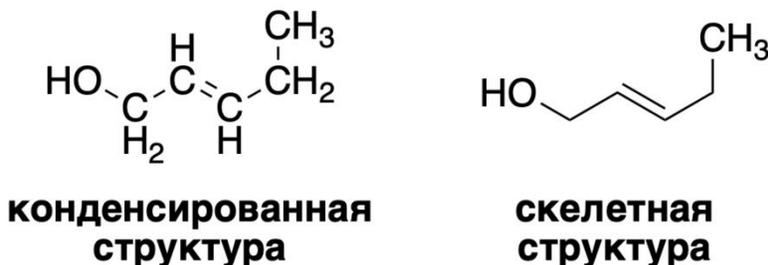
Ответ для тех, кто использовал $n=1$ в третьем пункте: $6.56 \cdot 10^{-3}$ моль (полный балл)

Ответ для тех, кто использовал $K_{sp}=1.5 \cdot 10^{-5}$: $2.11 \cdot 10^{-3}$ моль (также – полный балл)

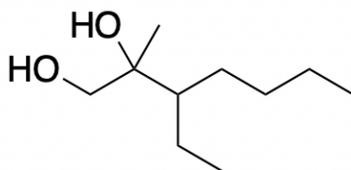
Итого за четвертый пункт: 3 балла. За вычислительную ошибку при решении квадратного уравнения штраф - 1 балл.

№10-8-2020 обл. 8 баллов.

В органической химии большинство молекул проще всего изображать в скелетной форме. В данной форме, каждый угол (изгиб) представляет из себя атом углерода. Также, допускается, что все атомы углерода образуют 4 связи. Т.е, если к определенному атому углерода нарисованы только две связи, подразумевается, что остальные два электрона используются на связь C-H. Например, две структуры ниже являются идентичными.



1. Нарисуйте скелетную структуру 1,2-дигидрокси-2-метил-3-этилгептана (1 балл)



1 балл

При рассмотрении органических молекул очень полезным может оказаться поиск степени окисления атома углерода.

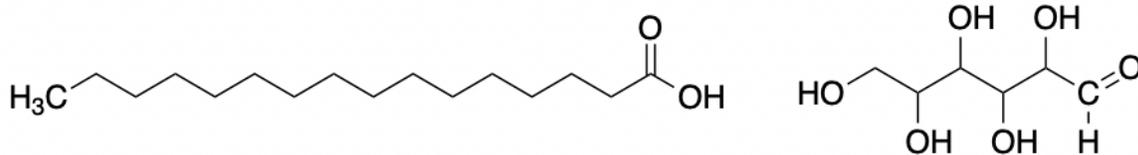
2. Какая степень окисления каждого атома углерода в ацетальдегиде? (CH_3CHO) (1 балл)

Атом в CH_3 -3; атом в CHO +1 (1 связь с водородом, 2 связи с кислородом: $-1+2=+1$).
1 балл за полное соответствие. 0 баллов если хотябы одна С.О. неверная.

3. Какая степень окисления каждого атома углерода в этаноле? ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) (1 балл)

Атом в CH_3 -3; атом в CH_2OH -1 (две связи с водородом, одна с кислородом: $-2+1=-1$).
1 балл за полное соответствие. 0 баллов если хотябы одна С.О. неверная.

При метаболизме макромолекул, таких как белки, жиры или углеводы, выделяется энергия. Количество энергии пропорционально количеству электронов, которые образуются в процессе окисления этих самых макромолекул. Допустим, молекулы жира и углеводов имеет следующий вид:



Слева – молекула жира, справа – молекула углевода

Считайте, что и жиры, и углеводы в организме окисляются до CO_2 .

4. От какой пищи можно получить больше энергии (при условии, что потребляется одинаковое количество атомов углерода) – той, что богата жирами, или той, что богата углеводами? Объясните. (5 баллов)

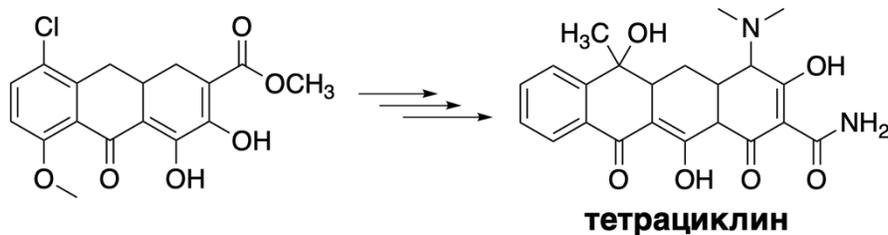
В молекулах жира средняя степень окисления углерода ниже, чем в молекулах углеводов (2 балла за идею сравнения степеней окисления)

Значит, при окислении жиров выделяется больше электронов, чем при окислении углеводов (2 балла за большее кол-во электронов)

Значит, с пищи богатой жирами можно получить больше энергии (1 балл за финальный ответ).

№10-9-2020 обл. 8 баллов.

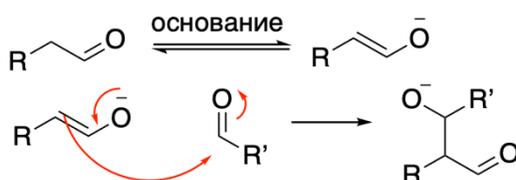
Тетрациклин – распространенный антибиотик, применяемый против бактерий, устойчивых к пенициллину. Впервые тетрациклин был синтезирован профессором Вудвардом и фармацевтической компанией Pfizer в 1962 году.



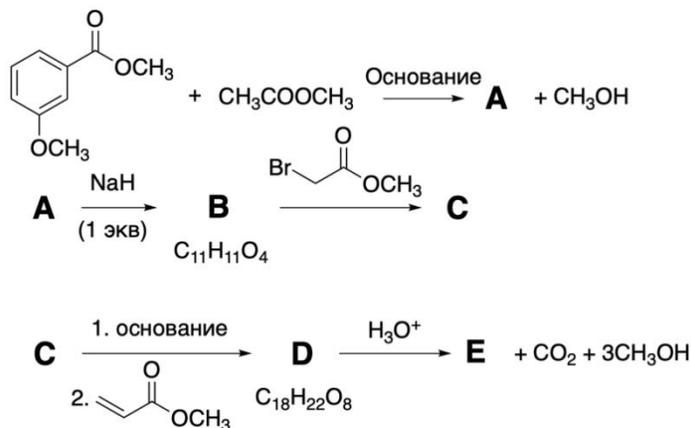
Тетрациклин был получен из прекурсора с тремя кольцами

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.

Первой стадией синтеза (образование **A**) является конденсация Кляйзена, протекающая по механизму крайне схожему с альдольной конденсацией. Общий механизм альдольной конденсации приведен ниже:



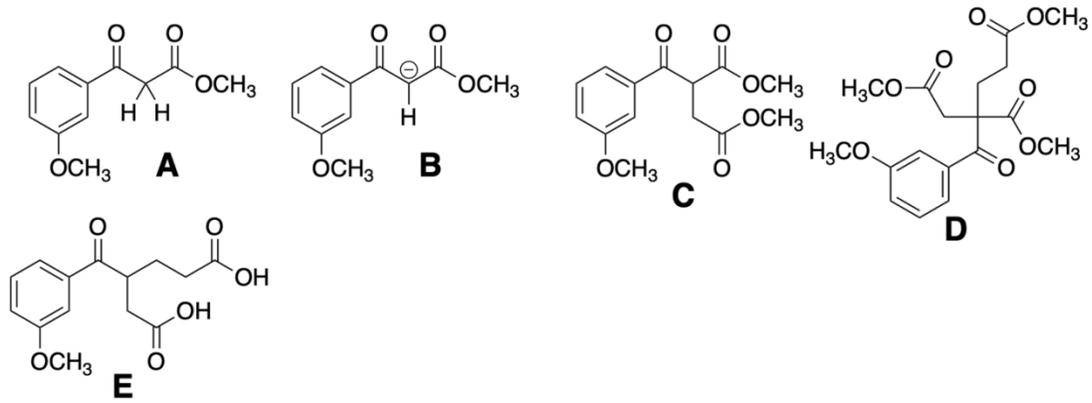
Первый пять стадий указаны ниже:



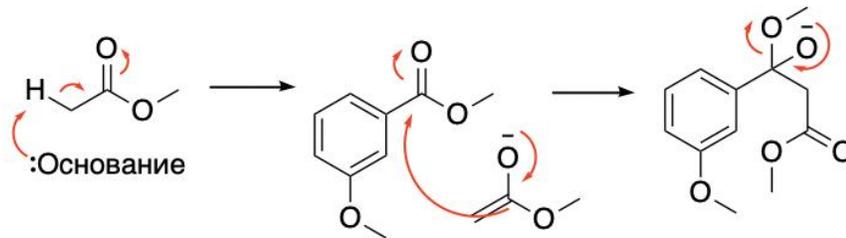
Известно, что **B** – это карбанион, а NaH выступает в роли сильного основания. Превращение **B** в **C** протекает по S_N2 механизму.

1. Нарисуйте структуры соединений **A** – **E**. (5 баллов)

За каждую структуру по 1 баллу

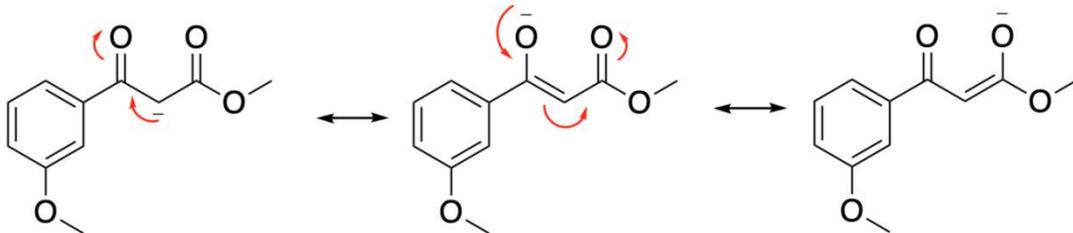


2. Нарисуйте механизм образования **A**. (1 балл)



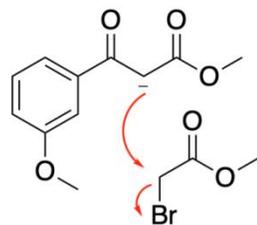
1 балл за механизм

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



По 0.5 балла за структуру по центру и справа.

4. Нарисуйте механизм превращения **B** в **C**. (1 балл)



1 балл за Sn2 замещение.