

Решение теоретического тура ОХО-2001 для 10 класса

№10-1-2001обл.

1. Введем обозначения:

C_nH_{2n+2} - а моль, $M = 14n + 2$; $C_{n+2}H_{2n+6}$ - b моль, $M = 14n + 30$.

При сгорании 1 моль C_nH_{2n+2} образуется n моль CO_2 а моль - an моль;

Тогда можно составить систему уравнений:

$$a(14n + 2) + b(14n + 30) = 2,72 \quad 44(an + bn + 2b) = 8,36 \quad \text{или} \quad an + a/7 + bn + (30/14)b = 2,72/14$$
$$an + bn + 2b = 8,36/44 \quad \text{Отсюда} \quad 1/7 (a+b) = 2,72/14 - 8,36/44, \quad a+b = 0,03; \quad n(a+b) = 0,19 - 2b,$$

$n = 6,33 - 66,66b$; $b = (6,3 - n)/66,6$ Если $n = 1,2,3,4$, то $b > 0,03$, $a < 0$ - не подходит; если $n=5$, $b = 0,02$, $a = 0,01$ - подходит; при $n = 6$, $b = 0,005$, $a = 0,025$ - тоже подходит.

Ответ: 1) 0,01 моль C_5H_{12} и 0,02 моль C_7H_{16} ; 2) 0,025 моль C_6H_{14} и 0,005 моль C_8H_{18} .

№10-2-2001обл.

Уравнение реакции окисления сахара: $C_{12}H_{22}O_{11} + 12O_2 \rightarrow 12CO_2 + 11H_2O$. Тепловой эффект данной реакции вычислим по закону Гесса: $\Delta H_R = 12\Delta H_f(CO_2) + 11\Delta H_f(H_2O) - \Delta H_f(C_{12}H_{22}O_{11}) = 12 \cdot (-394) + 11 \cdot (-242) - (-2000) = -5390$ кДж/моль. Такое количество тепла выделится при окислении 1 моль или 342 г сахара. Для 5 г сахара это составит $(5 \text{ г} \cdot 5390 \text{ кДж/моль}) / 342 \text{ г} = 78$ кДж = 78000 Дж.

Зная известное соотношение между количеством тепла подаваемым на тело и изменением его температуры: $Q = cm\Delta T$, где c - удельная теплоемкость тела, можно найти изменение температуры: $\Delta T = Q/cm$. Подставив известные данные получим:

$$\Delta T = 78000 \text{ Дж} / (4000 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К} \cdot 60 \text{ кг}) = 0,33 \text{ К} \quad \text{или} \quad 0,33^\circ \text{C}. \quad (\text{автор Тусупбаев С.Н}).$$

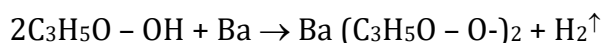
№10-3-2001обл.

1,85 г искомого вещества составляют $n = PV/RT = (101300 \text{ н/м}^2 \cdot 0,97 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3) / (8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{град} \cdot 473^\circ \text{K}) = 0,025$ моля, т.е. M_r (вещества) = $1,85 \text{ г} / 0,025 \text{ моль} = 74 \text{ г/моль}$.

При сжигании искомого вещества массой 55,5 мг образовалось 99 мг CO_2 , следовательно, в таком образце содержится $99/44 = 2,25$ ммоль С, т.е., $2,25 \times 12 = 27$ мг. При сжигании образовалось также 40,5 мг H_2O - следовательно, образец содержит $2 \times 40,5 / 18 = 4,5$ ммоль Н, т.е. 4,5 мг. Поскольку сжигали образец массой 55,5 мг, то разница $(55,5 - 27 - 4,5) = 24$ мг приходится на кислород О, которого было $24/16 = 1,5$ ммоль.

Отсюда простейшая формула вещества $\nu(C) : \nu(H) : \nu(O) = 2,25 : 4,5 : 1,5 = 1,5 : 3 : 1 = 3 : 6 : 2 = C_3H_6O_2$, поскольку его молекулярная масса $M_r = 74 \text{ г/моль}$, то истинная формула совпадает с простейшей.

2,96 г анализируемого вещества ($2,96/74 = 0,04$ моля) при взаимодействии с избытком бария дают $(101300 \text{ н/м}^2 \times 0,489 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3) / (8,31 \text{ дж/моль} \cdot \text{град} \times 298^\circ \text{К}) = 0,02$ моля H_2 . Это означает, что вещество содержит одну гидроксильную группу OH , так как



0,04 моля 0,02 моля

Остается решить вопрос о структуре анализируемого вещества. Так как молекула вещества содержит 2 атома кислорода и одну группу OH , то его изомерами могут быть либо кислоты, либо альдегидспирты, либо кетонспирты и т. д. Формально можно предложить следующие формулы:

- 1)
 2) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$, 2) $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH} = \text{O}$, 3) $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{O}$,
 3) $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{C} = \text{O}$ 5) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{OH}$ 6)

№10-4-2001обл.

Рассчитаем константу равновесия реакции. Для этого удобно воспользоваться следующей таблицей.

Реакция	$\text{H}_2 + \text{Br}_2 \leftrightarrow 2\text{HBr}$		
Начальная концентрация C_0 , моль/л	0,1	0,05	0
Изменение концентраций во время реакции ΔC , моль/л	-0,01	-0,01	+0,02
Равновесная концентрация $[C]$, моль/л	0,09	0,04	0,02

Константа равновесия $K = \frac{0,02^2}{0,04 \cdot 0,09} = 0,111$

Для того чтобы ответить на вопрос задачи, составим следующую таблицу

Реакция	$\text{H}_2 + \text{Br}_2 \leftrightarrow 2\text{HBr}$		
Начальная концентрация C_0 , моль/л	0,1	0,025	0
Изменение концентраций во время реакции ΔC , моль/л	-x	-x	+2x
Равновесная концентрация $[C]$, моль/л	0,1 - x	0,025 - x	2x

Выражение для константы равновесия $K_c = 0,111 = \frac{(2x)^2}{(0,1 - x) \cdot (0,025 - x)} \Rightarrow x = 6,85 \cdot 10^{-3}$

Равновесная концентрация HBr равна $1,37 \cdot 10^{-2}$ моль/л, а общее количество HBr - 0,137 моль.

№10-5-2001обл.

Для датировки возраста археологических находок используется радиоуглеродный метод. Суть его состоит в следующем. В верхних слоях атмосферы под действием космического излучения (его интенсивность предполагается постоянной на протяжении длительного периода) образуется радиоуглерод ^{14}C с периодом полураспада около 5730 лет. Поскольку этот углерод непрерывно превращается в CO_2 и участвует во всех процессах круговорота углерода на земле давно установилась его постоянная концентрация. Это означает, что содержание радиоуглерода в обычном углероде постоянно для любых живых объектов, участвующих в круговороте углерода.

Скорость радиоактивного распада атомов выражается уравнением: $v = v_0 \cdot 2^{-\tau/\tau_{1/2}}$, v - скорость распада атомов углерода ^{14}C в 1 г углероде в мертвом организме или растении, v_0 - скорость распада атомов углерода ^{14}C в 1 г углероде в живом организме или растении.

Приблизительно будем считать, что 3,7 составляют 1/4 от скорости распада ^{14}C в 1 г углерода свежесрубленного дерева (она равна 16). Поскольку содержание ^{14}C в растущем дереве и в тканях животных (в расчете на 1 г углерода) одинаково, с момента гибели мамонта прошло примерно два периода полураспада, т.е. 11460 лет.

Расчет по точной формуле дает после логарифмирования $\ln(v_0/v) = (\tau/\tau_{1/2}) \cdot \ln 2$, откуда

$\tau = \ln(v_0/v) \cdot \tau_{1/2} / \ln 2 = 12100$ лет.

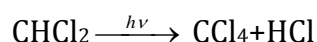
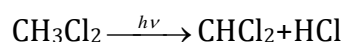
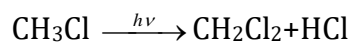
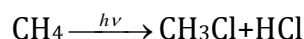
Образование $^{14}_6\text{C}$ идет согласно уравнению: $^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} = ^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{p}$, а распад: $^{14}_6\text{C} = ^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\beta$

№10-6-2001обл.

Примерная схема генетических связей между классами органических соединений:

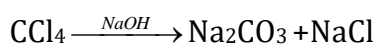
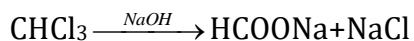
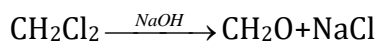
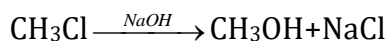
№10-7-2001обл.

Прежде всего напишем реакции, протекающие при хлорировании метана.



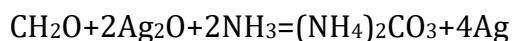
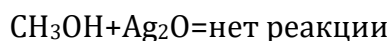
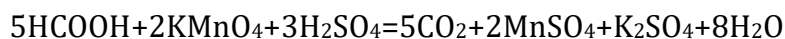
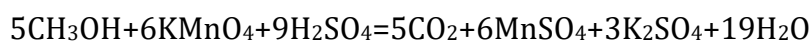
Образуются метилхлорид, метилендихлорид, хлороформ и четыреххлористый углерод. Также, вероятно, остается не прореагировавший метан.

Напишем реакции, происходящие в растворе гидроксида натрия:



Таким образом, газообразным остается избыток метана, и мы теперь знаем его количество – 0,04 моль. Кроме того, мы знаем общее количество щелочи, потраченной на гидролиз. Это 0,960 моль (что легко рассчитать, зная начальное количество и количество соляной кислоты, потраченной на нейтрализацию).

При добавлении избытка соляной кислоты из карбоната натрия получается углекислый газ. Это единственный газ, который может здесь образоваться, отсюда известно количество четыреххлористого углерода, образовавшегося при хлорировании – 0,05 моль. Отсюда на гидролиз остальных хлорпроизводных было потрачено 0,660 моль щелочи. Напишем реакции продуктов гидролиза с перманганатом калия и аммиачным раствором оксида серебра (необходимо учитывать, что и формальдегид, и муравьиная кислота при этом окисляются до карбоната аммония):



С учетом того, что потрачено было 0,248 моль перманганата калия и выделилось 0,32 моль серебра, можно составить систему уравнений. Пусть при хлорировании образовалось x моль метилхлорида, y моль метилендихлорида и z моль хлороформа. Тогда

$$x + 2y + 4z = 0,66$$

$$1,2x + 0,8y + 0,4z = 0,248$$

$$2y + z = 0,32$$

Вычитая из второго уравнения третье, умноженное на 0,4, получаем сразу $x = 0,1$. Вычитая третье из первого, получаем

$$x + 3z = 0,34$$

Что с учетом значения x дает $z=0,08$. Тогда из третьего уравнения имеем $y=0,12$.

Теперь нам известны количества всех продуктов хлорирования и количество непрореагировавшего метана. Их простым сложением нетрудно определить количество взятого в реакцию метана – 0,39 моль.