

10 класс

Задача 10-1 (20 баллов)

При сгорании углеводородов выделяется большое количество тепла, поэтому они широко применяются как источники тепловой энергии, которую используют для промышленных и хозяйственных нужд. Молярные теплоты сгорания первых четырех предельных углеводородов представлены в таблице.

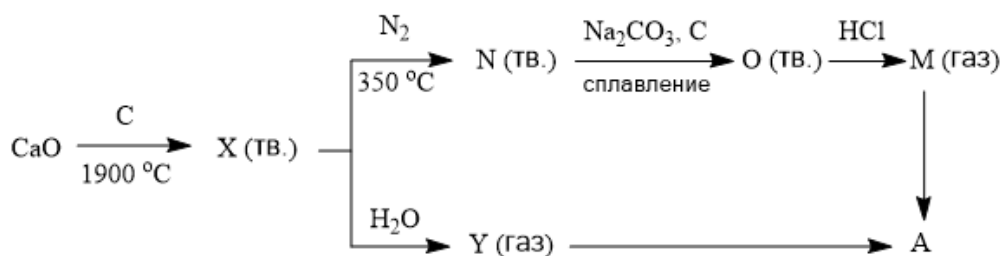
Вещество	$Q_{\text{сгор.}}$ кДж/моль
Метан (CH_4)	890
Этан (C_2H_6)	1555
Пропан (C_3H_8)	2220
Бутан (C_4H_{10})	2885

1. Запишите уравнения полного горения данных алканов в кислороде. (2 балла)
2. Какое значение имеет теплота сгорания для 0,5 г этана? (2 балла)
а) 52 кДж; б) 26 кДж; в) 778 кДж; г) 416 кДж; д) 9 кДж.
3. Постройте графики зависимостей молярной теплоты сгорания алканов от числа атомов углерода в молекуле углеводорода. Предложите уравнение для описания этой зависимости. (6 баллов)
4. При сгорании $3,6 \text{ дм}^3$ неизвестного алкана (измерено при $t = 77^\circ\text{C}$, $p = 1 \text{ атм}$) выделилось 528,4 кДж теплоты. Определите формулу алкана. (8 баллов)
5. Какое количество структурных изомеров (не включая оптические) имеет алкан из пункта 4? (2 балла)
а) 3; б) 4; в) 5; г) 6; д) 7.

Задача 10-2 (20 баллов)

Конструктор LEGO производят из термопластической смолы на основе сополимера трех мономеров – так называемого АБС-пластика (или ABS по-английски). Соплимер – это высокомолекулярное соединение, цепи которого состоят из разных повторяющихся звеньев. Благодаря выверенному составу оригинальные конструкторы LEGO известны своими превосходными потребительскими свойствами – детали износостойкие и прочные, но в то же время в достаточной степени пластичные. Они легко соединяются друг с другом и не отваливаются после соединения. Так сложилось, что на рынке появляются и более дешевые аналоги LEGO, которые раньше производили из менее качественного полимера. В настоящее время, реплики также производятся из АБС-пластика и по своим потребительским свойствам стали намного ближе к оригиналу.

АБС – это аббревиатура, построенная по названиям трех мономеров сополимера. Мономером, отвечающим букве А в названии АБС-пластик, является вещество **А**, которое может быть получено в ходе следующей цепочки превращений в реакции газообразных веществ **М** и **Y**:



Известно, что **N** – имеет линейный по строению анион, состоящий из трех атомов. Массовая доля азота в веществе **N** равна 34,97 %. В ходе реакции между **N**, углеродом и веществом **O**, выделяется токсичный газ и исходное вещество данной цепочки превращений.

1. Приведите формулы соединений **X**, **Y**, **N**, **O**, и **M**. Приведите структурную формулу мономера **A**, отвечающего букве А, и структурную формулу полимера, образующегося при полимеризации **A**. (8 баллов)

Мономером, отвечающим букве Б, является вещество **Б**, которое получается при нагревании этилового спирта до 450 °С в присутствии катализатора на основе оксидов цинка и алюминия.

2. Приведите структурную формулу мономера, отвечающего букве Б. Приведите структурную формулу полимера(-ов), которые могут образоваться при полимеризации мономера, отвечающего букве Б. (4 балла)

Мономером, отвечающим букве С, является вещество **С**, при полном сгорании 6,2 г которого в избытке кислорода образуется 20,95 г газообразного вещества, которое при 30 °С и 120 кПа занимает объем 10,0 л, и 4,29 г воды. Описанный мономер имеет в своем составе ароматический фрагмент и обесцвечивает бромную воду. Плотность паров **С** по воздуху не превышает 4.

3. Приведите структурную формулу мономера **С**. Приведите структурную формулу полимера, образующегося при полимеризации мономера, отвечающего букве С. (6 баллов)
4. Как расшифровывается аббревиатура АБС (или ее аналог (ABS) на английском языке)? (1 балл)
5. Приведите структуру АБС-сополимера в общем виде. (1 балл)

Задача 10-3 (20 баллов)

В клинической онкологии широко используется метод позитронно-эмиссионной томографии, сущность которого заключается в исследовании внутренних органов человека или животного после введения в организм биологически-активного соединения, содержащего изотопы элемента, склонного к позитронному (бета-плюс) распаду. Позитроном называют античастицу электрона. Они имеют равную массу, но противоположные заряды. При записи уравнений ядерных реакций, вверху слева от символа химического элемента или обозначения частицы мы указываем массовое число, а слева снизу – зарядовое число элемента или частицы.

1. Выберите обозначение, которое можно использовать для позитрона в уравнениях ядерных реакций. (1 балл)

а) ${}_{-1}^0e$; б) ${}_{+1}^0e$; в) ${}_{-1}^0e$; г) ${}_{+1}^0e$; д) ${}_{+1}^0e$; е) ${}_{-1}^{+1}e$.

В дальнейшем придерживайтесь этого обозначения.

В настоящее время Республиканский ПЭТ-центр государственного учреждения «РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова» имеет возможность проводить диагностические исследования с радиофармпрепаратами на основе изотопа ${}^{18}\text{F}$.

2. Напишите уравнение бета-плюс распада изотопа ${}^{18}\text{F}$. (2 балла)

Одним из таких препаратов, содержащих изотоп ^{18}F , является фтордезоксиглюкоза, полное название которой 2-фтор-2-дезоксид-глюкоза.

3. Изобразите структурную формулу фтордезоксиглюкозы. (2 балла)

Радиоактивный распад происходит согласно кинетическому уравнению для реакций 1-го порядка. Основное уравнение радиоактивного распада представлено ниже:

$$N_t = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}},$$

где N_0 – начальное количество атомов изотопа при $t = 0$, N_t – количество атомов радиоактивного изотопа, оставшееся спустя время t , $T_{1/2}$ – период полураспада.

4. Рассчитайте за какое время количество фтордезоксиглюкозы, введенной в организм, уменьшится в 10 раз. Период полураспада ^{18}F принять равным 109,771 мин. (4 балла)

В сфере ядерной медицины используются и изотопы других элементов. Поскольку медь является важным биологически-активным элементом – введение радиоактивного изотопа в организм приводит к его распределению в форме разных комплексных соединений. Анализ метаболизма таких ^{64}Cu -содержащих биологически активных веществ можно проводить методом позитронно-эмиссионной томографии.

Облучение изотопа меди-63 нейтронами приводит к образованию радиоактивного изотопа ^{64}Cu .

5. Приведите уравнение описанного превращения. (2 балла)

Период полураспада ^{64}Cu составляет 12,700 ч. Известно, что 61,0 % атомов ^{64}Cu подвергается бета-минус распаду, а оставшиеся 39,0 % атомов ^{64}Cu подвергаются бета-плюс распаду.

6. Определите продукт бета-плюс распада ^{64}Cu . (2 балла)

а) ^{64}Zn ; б) ^{63}Co ; в) ^{63}Zn ; г) ^{64}Ni ; д) ^{60}Co ; е) ^{63}Ni .

7. Определите продукт бета-минус распада ^{64}Cu . (2 балла)

а) ^{64}Zn ; б) ^{63}Co ; в) ^{63}Zn ; г) ^{64}Ni ; д) ^{60}Co ; е) ^{63}Ni .

8. Рассчитайте доли всех трех изотопов в образце ^{64}Cu спустя 35 ч после начала распада. (5 баллов)

Задача 10-4 (20 баллов)

Электролиз растворов и расплавов – один из эффективных методов промышленного получения веществ. Электролиз активно используется и в лабораторной практике – для получения соединений, синтез которых другими методами по тем или иным причинам затруднителен.

Соль **X** в лаборатории может быть получена с высоким выходом и практически без примесей с помощью электролиза. Для этого электролитическую ячейку заполняют 25 %-ным раствором гидросульфата калия ($\rho = 1,206 \text{ г/см}^3$) и опускают в раствор графитовый и платиновый электроды (графитовый электрод подключают к отрицательному полюсу источника тока, а платиновый – к положительному). Электролиз проводят в течение часа, не допуская, чтобы температура раствора в ячейке превышала 40°C . После завершения электролиза раствор охлаждают и отделяют выпадающее в осадок вещество **X** – соль двухосновной кислоты.

В соли **X** наряду с ионным типом связи присутствует ковалентная полярная и ковалентная неполярная связь. Структурный фрагмент аниона **X**, ответственный за появление ковалентной неполярной связи, обеспечивает очень высокую окислительную активность **X**. По окислительной способности анион **X** превосходит даже озон.

1. При электролизе катод заряжен: (1 балл)

а) всегда положительно;

б) всегда отрицательно;

- в) может быть заряжен как положительно, так и отрицательно, в зависимости от химической природы вещества, которое подвергается электролизу;
- г) может быть заряжен как положительно, так и отрицательно, в зависимости от силы тока, протекающего через электролит;
- д) может быть заряжен как положительно, так и отрицательно, в зависимости от того, протекает электролиз раствора либо электролиз расплава.
2. Теоретически, увеличить количество продукта в электросинтезе, сохранив его чистоту, можно: (1 балл)
- а) увеличив время проведения электролиза;
- б) уменьшив силу тока, протекающего через электролит;
- в) увеличив концентрацию исходного реагента в электролите;
- г) заменив электроды на электроды из более активных металлов;
- д) увеличив объем электролита и снизив концентрацию исходного реагента.
3. Укажите, какой из электродов в описанном выше процессе является анодом, а какой – катодом. Запишите полуреакции, протекающие на катоде и аноде при электролизе раствора гидросульфата калия и суммарную реакцию электролиза. Происходят ли химические изменения с электродами при таком электролизе? (5 баллов)
4. Рассчитайте максимальную массу (г) соли **X**, которая может быть получена описанным в условии задачи способом, если электролизу подвергался раствор объемом 200 см³, сила тока, протекавшего через раствор составляла 4 А, а потери при отделении синтезированного продукта от раствора и высушивании составили 7,3 % ($F = 96485$ Кл/моль, $1 \text{ А} = 1 \text{ Кл/с}$). (5 баллов)
5. Приведите названия и формулы серосодержащих кислот, соответствующих гидросульфат-аниону и аниону соли **X**, укажите степени окисления атомов серы в них, изобразите структурные формулы гидросульфат-аниона и аниона соли **X**. (4 балла)
6. Запишите уравнения реакций взаимодействия раствора соли **X** с сульфатом марганца(II) в присутствии соли Ag(I), выступающей в качестве катализатора; разложения соли **X** горячей водой с выделением газа; с гидроксидом калия с выделением газа. Кратко поясните, почему в последних двух реакциях выделяется газ. (4 балла)

Задача 10-5 (20 баллов)

Нестероидные противовоспалительные препараты – группа лекарственных средств, обладающих обезболивающим, жаропонижающим и противовоспалительным эффектами, уменьшают боль, озноб и воспаление. К группе таких препаратов относится и ибупрофен, который является производным пропионовой кислоты. Синтез ибупрофена можно осуществить в 7 стадий начиная с бензола. При взаимодействии бензола с хлорангидридом изомасляной кислоты образуется соединение **A**, которое под действием гидразина и гидроксида калия превращается при 250 °С в соединение **B**. При реакции соединения **B** с уксусным ангидридом в присутствии плавиковой кислоты происходит образование **B**, которое восстанавливается NaBH₄ в спиртовом растворе до соединения **Г**. Соединение **Г** превращается в соединение **Д** под действием HCl. Взаимодействие **Д** и магния в диэтиловом эфире приводит к получению

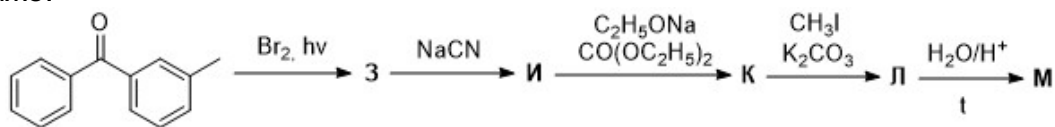
соединения **Е**, которое под действием углекислого газа с дальнейшей обработкой кислотой приводит к образованию ибупрофена (соединение **Ж**).

1. Расшифруйте структуры соединений **А–Ж**. (8 баллов)
2. Какие катализаторы помимо плавиковой кислоты могут применяться при синтезе соединения **В** из соединения **Б**? (1,5 балла)
а) $\text{BF}_3 \cdot \text{Et}_2\text{O}$; б) KOH ; в) AlCl_3 ; г) CH_3COONa ; д) H_2SO_4 .
е) могут применяться все перечисленные соединения;
ж) правильных ответов нет.
3. Суточная доза ибупрофена составляет 20 мг/кг массы тела. Рассчитайте, какой объем (см^3) бензола нужно взять для синтеза ибупрофена, чтобы восполнить суточную дозу для человека массой 75 кг, учитывая, что выход на каждой стадии синтеза составляет 80 %. (Плотность бензола – 876 кг/м^3)? (1,5 балла)
а) 2,71; б) 2,17; в) 3,09; г) 1,98; д) 2,47.

Стандартная упаковка лекарственного средства «Ибупрофен» содержит 5 блистеров по 10 таблеток, содержащих по 200 мг действующего вещества.

4. Рассчитайте, какая масса ибупрофена теряется при формовании таблеток для одной упаковки, если для изготовления 1 таблетки необходимо 3 г бензола (выход на каждой стадии составляет 70 %). (2 балла)

Помимо ибупрофена к производным пропионовой кислоты относится противовоспалительное лекарственное средство кетопрофен. Схема его синтеза представлена ниже.

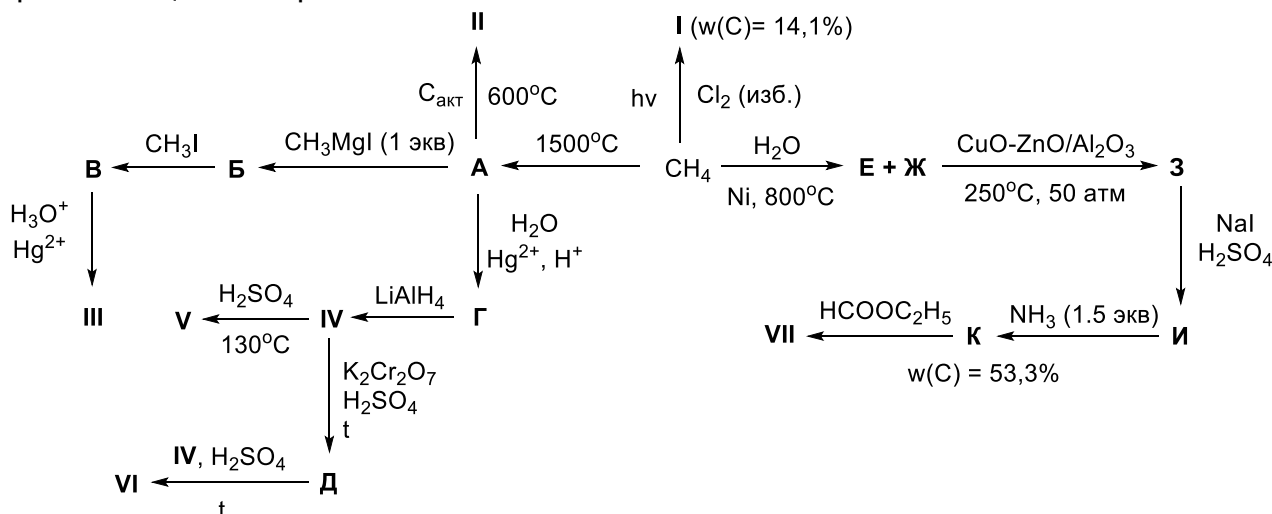


5. Расшифруйте структуры **З–М**. (7 баллов)

Задача 10-6 (20 баллов)

Растворители – одни из самых используемых реагентов в современной химии. Они применяются в парфюмерной промышленности, в быту, а также в химическом синтезе, где порой от выбора растворителя зависит как будет протекать та или иная химическая реакция.

Ниже представлены схемы синтеза семи растворителей **I–VII**, наиболее часто применяющихся в органическом синтезе.



1. Напишите структурные формулы веществ I–VII, А–К. (17 баллов)
2. Помимо соединения I в реакции метана с хлором возможно получение ещё двух соединений, использующихся в качестве растворителей. Массовые доли углерода в данных соединениях составляют (%)? (1 балл)
а) 10,0; 23,7; б) 7,8; 10,0; в) 24,2; 7,8; г) 10,0; 24,2; д) 7,8; 23,7.
3. Какая из пар растворителей склонная вступать во взаимодействие друг с другом в присутствии кислотного катализатора? (1 балл)
а) II и VI; б) I и III; в) V и VII; г) II и IV; д) III и VII.
4. Изобразите структурную формулу продукта взаимодействия из пункта 3 данной задачи. (1 балл)