

**LXXXI Московская олимпиада школьников по химии**

Отборочный этап 2024-2025 учебный год

**11 класс**

*Каждое задание оценивается максимально в 10 баллов.*

*Всего за выполнение варианта – максимально 100 баллов.*

**При решении задач используйте значения атомных масс, указанные в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева.**

**№ 1-1**

Выберите все вещества, взаимодействующие с бромной водой:

1. Стирол
2. Бензол
3. Этилацетат
4. Акролеин
5. Трет-бутанол
6. Бензальдегид
7. Ацетилен

**Ответ:** 1467

*+2,5 балла за каждый верный ответ, -2,5 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).  
Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

С бромной водой взаимодействуют вещества, содержащие кратные связи и/или группы, способные к окислению (например, альдегидную группу), а также анилины и фенолы. К ним относятся: стирол, акролеин, бензальдегид, ацетилен.

**№ 1-2**

Выберите все вещества, взаимодействующие с бромной водой:

1. 1,3-Дигидроксибензол
2. Этилен
3. Бензойная кислота
4. Уксусная кислота
5. Глюкоза
6. Анилин
7. Нитробензол

**Ответ:** 1256

*+2,5 балла за каждый верный ответ, -2,5 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).  
Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

С бромной водой взаимодействуют вещества, содержащие кратные связи и/или группы, способные к окислению (например, альдегидную группу), а также анилины и фенолы. К ним относятся: 1,3-дигидроксибензол, этилен, глюкоза, анилин.

**№ 1-3**

Выберите все вещества, взаимодействующие с бромной водой:

1. Бензонитрил
2. Метилакрилат
3. Акролеин
4. Галактоза
5. Ацетальдегид
6. Хлороформ
7. Толуол

**Ответ:** 2345

*+2,5 балла за каждый верный ответ, -2,5 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).  
Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

С бромной водой взаимодействуют вещества, содержащие кратные связи и/или группы, способные к окислению (например, альдегидную группу), а также анилины и фенолы. К ним относятся: метилакрилат, акролеин, галактоза, ацетальдегид.

**№ 1-4**

Выберите все вещества, взаимодействующие с бромной водой:

1. 2-метоксипропен
2. Манноза
3. Бутадиен-1,3
4. Фенол
5. Уксусная кислота
6. Трет-бутанол
7. Ацетонитрил

**Ответ:** 1234

*+2,5 балла за каждый верный ответ, -2,5 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).  
Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

С бромной водой взаимодействуют вещества, содержащие кратные связи и/или группы, способные к окислению (например, альдегидную группу), а также анилины и фенолы. К ним относятся: 2-метоксипропен, манноза, бутадиен-1,3, фенол.

### № 2-1

Установите соответствие между полимером и областью его применения:

Полимер:

1. Полиэтилен
2. Поликарбонат
3. Полиэтилентерефталат
4. Политетрафторэтилен
5. Поливинилхлорид

Область применения:

- А. Изоляция для проводов
- Б. Изготовление пластиковых бутылок
- В. Создание химически стойких реакторов
- Г. Пищевые пленки
- Д. Пластиковые полупрозрачные заборы

**Ответ:** 1Г, 2Д, 3Б, 4В, 5А.

*По 2 балла за каждое верное соответствие.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Полиэтилен является основным материалом для пищевой пленки. Из поликарбоната изготавливают пластиковые полупрозрачные заборы. Полиэтилентерефталат – основной материал для производства одноразовых пластиковых бутылок. Политетрафторэтилен или тефлон обладает высокой химической стойкостью и используется при производстве химических реакторов. Поливинилхлорид – один из материалов для изоляции проводов.

### № 2-2

Установите соответствие между полимером и областью его применения:

Полимер:

1. Полиэтилен
2. Поликарбонат
3. Полиэтилентерефталат
4. Политетрафторэтилен
5. Поливинилхлорид

Область применения:

- А. Покрытие для линолеума
- Б. Изготовление компакт-дисков
- В. Уплотнение для водопроводных труб
- Г. Упаковочные пакеты
- Д. Синтетическая ткань

**Ответ:** 1Г, 2Б, 3Д, 4В, 5А.

*По 2 балла за каждое верное соответствие.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Полиэтилен – основной материал для производства упаковочных пакетов. Поликарбонат – основа компакт-дисков. Полиэтилентерефталат (ПЭТФ) используется как синтетическая ткань под названием полиэстер. Политетрафторэтилен под названием ФУМ-лента применяется для уплотнения водопроводных труб. Поливинилхлорид – основной компонент обычного линолеума.

### № 2-3

Установите соответствие между полимером и областью его применения:

Полимер:	Область применения:
1. Поливинилацетат	А. Одноразовая посуда
2. Полиэтиленгликоль	Б. Материал для пластиковых аквариумов
3. Полиметилметакрилат	В. Клей для древесины
4. Полипропилен	Г. Покрытие для ламината
5. Поливинилхлорид	Д. Загуститель для кремов и мазей

**Ответ:** 1В, 2Д, 3Б, 4А, 5Г.

*По 2 балла за каждое верное соответствие.*

*Максимум 10 баллов.*

#### **Решение:**

Поливинилацетат (ПВА) – клей для древесины и бумаги. Полиэтиленгликоль под названием ПЭГ (PEG) используется в косметике как загуститель. Полиметилметакрилат (оргстекло) применяется как материал для пластиковых аквариумов. Из полипропилена изготавливают прозрачную одноразовую посуду. Поливинилхлорид применяют как покрытие для ламината.

### № 2-4

Установите соответствие между полимером и областью его применения:

Полимер:	Область применения:
1. Пенополистирол	А. Антипригарное покрытие для сковородок
2. Поликарбонат	Б. Пластиковая лабораторная посуда
3. Капрон	В. Строительный утеплитель
4. Политетрафторэтилен	Г. Рыболовная леска
5. Полипропилен	Д. Покрытие для теплиц

**Ответ:** 1В, 2Д, 3Г, 4А, 5Б.

*По 2 балла за каждое верное соответствие.*

*Максимум 10 баллов.*

#### **Решение:**

Пенополистирол – разновидность пенопласта, используется как строительный утеплитель. Поликарбонат применяется как прозрачное покрытие для теплиц (сотовый поликарбонат). Из капрона изготавливают рыболовную леску. Политетрафторэтилен под названием тефлон используется как одна из разновидностей антипригарного покрытия для сковородок. Из полипропилена изготавливают прозрачную пластиковую лабораторную посуду.

**№ 3-1**

Белый порошок вещества **А** растворили в воде. К полученному раствору добавили избыток водного раствора аммиака. Получили ярко-синий раствор вещества **Б**. Затем к раствору **Б** добавили избыток порошка простого вещества **В** и через некоторое время получили бесцветный раствор вещества **Г**, имеющего тот же качественный состав, что и вещество **Б**. К полученному бесцветному раствору добавили избыток 10% раствора соляной кислоты. При этом выпал белый осадок вещества **Д**, который по качественному составу отличается от вещества **А**. Определите неизвестные вещества **А-Д**. В качестве ответа приведите формулы веществ **В** и **Д**.

**Ответ:** **В** – Cu, **Д** – CuCl

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

**А** – CuSO<sub>4</sub>

**Б** – [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]SO<sub>4</sub>

**В** – Cu

**Г** – [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**Д** – CuCl

**№ 3-2**

Металл **А** и неметалл **Б** образованы элементами, находящимися в одном периоде периодической системы. При их взаимодействии образуется бинарное соединение **В**. Водный раствор **В** окрашен в голубой цвет. К полученному раствору добавили концентрированный раствор бескислородной кислоты **Г**, образованной элементом **Б**. При этом из-за образования вещества **Д** окраска раствора изменилась на зеленую. К полученному раствору добавили избыток металла **А**, в результате чего раствор обесцветился, а в растворе образовалось соединение **Е**. Разбавление раствора **Е** водой приводит к выпадению белого осадка вещества **Ж**. Определите неизвестные вещества **А-Ж**. В качестве ответа приведите формулы веществ **Б** и **Ж**.

**Ответ:** **Б** – Br<sub>2</sub> **Ж** – CuBr

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

**А** – Cu

**Б** – Br<sub>2</sub>

**В** – CuBr<sub>2</sub>

**Г** – HBr

**Д** – H<sub>2</sub>[CuBr<sub>4</sub>]

**Е** – H[CuBr<sub>2</sub>]

**Ж** – CuBr

**№ 3-3**

Белый порошок соли **А** нерастворим в воде. Тем не менее при взаимодействии суспензии вещества **А** с раствором гидроксида натрия наблюдается образование красно-оранжевого осадка бинарного соединения **Б**. При взаимодействии соединения **Б** с концентрированной азотной кислотой образуется соединение **В** и наблюдается выделение бурого газа. При аккуратном упаривании из полученного раствора удалось выделить синие кристаллы. Прокаливание этих синих кристаллов при высокой температуре приводит к образованию черного бинарного соединения **Г**. При нагревании выше 1100 °С соединение **Г** разлагается на вещество **Б** и простое вещество **Д**. Определите неизвестные вещества **А-Д**. В качестве ответа приведите формулы веществ **Б** и **Г**.

**Ответ:** **Б** –  $\text{Cu}_2\text{O}$ , **Г** –  $\text{CuO}$

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

**А** –  $\text{CuCl}$

**Б** –  $\text{Cu}_2\text{O}$

**В** –  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

**Г** –  $\text{CuO}$

**Д** –  $\text{O}_2$

**№ 3-4**

В концентрированном водном растворе аммиака простое вещества **А** реагирует с кислородом, давая яркоокрашенный раствор вещества **Б**. Прокаливание вещества **Б** приводит к образованию черного бинарного соединения **В**. Вещество **В** растворили в 20% серной кислоте и получили окрашенный раствор вещества **Г**. При аккуратном упаривании из раствора удастся выделить окрашенные кристаллы, белеющие при перегреве. Если раствор **Г** подкислить соляной кислотой и пропустить через раствор сернистый газ, то наблюдается выпадение белого осадка вещества **Д**. Определите неизвестные вещества **А-Д**. В качестве ответа приведите формулы веществ **В** и **Д**.

**Ответ:** **В** –  $\text{CuO}$ , **Д** –  $\text{CuCl}$

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

**А** –  $\text{Cu}$

**Б** –  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$

**В** –  $\text{CuO}$

**Г** –  $\text{CuSO}_4$

**Д** –  $\text{CuCl}$

#### № 4-1

Выберите соединения, в структуре которых имеется как минимум одна ковалентная полярная связь углерод-гетероатом:

- А) Метилвиниловый эфир
- Б) Диметилкарбонат
- В) Бензойная кислота
- Г) Этан
- Д) Бензол
- Е) Фруктоза
- Ж) L-Аланин
- З) Бутадиен-1,3
- И) Полипропилен

**Ответ:** А, Б, В, Е, Ж

*+2 балла за каждый верный ответ, -2 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).  
Максимум 10 баллов.*

#### **Решение:**

Как минимум одну ковалентную полярную связь углерод-гетероатом содержат:

Метилвиниловый эфир – связь С-О;

Диметилкарбонат – связь С-О;

Бензойная кислота – связь С-О;

Фруктоза – связь С-О;

L-Аланин – связь С-N;

#### № 4-2

Выберите соединения, в структуре которых имеется как минимум одна ковалентная полярная связь водород-гетероатом:

- А) Метионин
- Б) Окись этилена
- В) Диэтиловый эфир
- Г) Кумол
- Д) Тетрабутиламмония бромид
- Е) Пиррол
- Ж) Метиллактат
- З) Этантиол
- И) Целлюлоза

**Ответ:** А, Е, Ж, З, И

*+2 балла за каждый верный ответ, -2 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).  
Максимум 10 баллов.*

#### **Решение:**

Как минимум одну ковалентную полярную связь водород-гетероатом содержат:

Метионин – связь Н-N;

Пиррол – связь Н-N;

Метиллактат – связь Н-О;

Этантиол – связь Н-S;

Целлюлоза – связь Н-О;

#### № 4-3

Выберите соединения, в структуре которых имеется как минимум одна ковалентная полярная связь гетероатом-гетероатом:

- А) Фуран
- Б) Нитрометан
- В) Полидиметилсилоксан
- Г) Гистидин
- Д) Диметилсульфоксид
- Е) 2,4,6-Триброманилин
- Ж) Пикриновая кислота
- З) Олеиновая кислота
- И) Нитрозобензол

**Ответ:** Б, В, Д, Ж, И

*+2 балла за каждый верный ответ, -2 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).  
Максимум 10 баллов.*

#### **Решение:**

Как минимум одну ковалентную полярную связь гетероатом-гетероатом содержат:

Нитрометан – связь N-O;

Полидиметилсилоксан – связь Si-O;

Диметилсульфоксид – связь S-O;

Пикриновая кислота – связь N-O;

Нитрозобензол – связь N-O;

#### № 4-4

Выберите соединения, в структуре которых имеется как минимум одна ковалентная связь гетероатом-гетероатом:

- А) Глюкоза
- Б) Метанол
- В) Пиразол
- Г) Метиловый оранжевый
- Д) Гидропероксид кумола
- Е) Аденин
- Ж) Диметилдисульфид
- З) Тиофен
- И) 1,1-Диметилгидразин

**Ответ:** В, Г, Д, Ж, И

*+2 балла за каждый верный ответ, -2 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).  
Максимум 10 баллов.*

#### **Решение:**

Как минимум одну ковалентную связь гетероатом-гетероатом содержат:

Пиразол – связь N-N;

Метиловый оранжевый – связь N-N;

Гидропероксид кумола – связь O-O;

Диметилдисульфид – связь S-S;

1,1-Диметилгидразин – связь N-N;

### № 5-1

Металлический титан обладает высокой коррозионной стойкостью, не растворяется в азотной и фосфорной кислотах, царской водке. При этом титан можно растворить даже в достаточно разбавленных растворах пероксида водорода в серной кислоте, что связано с образованием различных пероксокомплексов Ti(IV).

Определите формулу одного из таких комплексов, если известно, что он моноядерный, обладает зарядом 2+,  $KЧ(Ti) = 6$ , а  $\omega(Ti) = 31,52\%$ . В поле ответа запишите брутто-формулу комплекса без указания заряда, располагая химические элементы в порядке возрастания атомного номера (пример  $H_4O_4Al$ ).

**Ответ:**  $H_8O_6Ti$

При упаривании раствора пероксида водорода и  $TiOSO_4$  в концентрированной серной кислоте образуются кристаллы вещества, в котором  $\omega(Ti) = 20,83\%$ . Запишите брутто-формулу этого вещества, располагая химические элементы в порядке возрастания атомного номера (пример  $H_3O_3Al$ ).

**Ответ:**  $H_6O_9STi$

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов*

**Решение:**

Под условия задачи подходит комплекс  $[Ti(O_2)(H_2O)_4]^{2+}$  и вещество  $Ti(O_2)SO_4 \cdot 3H_2O$ .

### № 5-2

Металлический титан обладает высокой коррозионной стойкостью, не растворяется в азотной и фосфорной кислотах, царской водке. При этом титан можно растворить даже в достаточно разбавленных растворах пероксида водорода в серной кислоте, что связано с образованием различных пероксокомплексов титана(IV).

Определите формулу одного из таких комплексов, если известно, что он моноядерный, обладает зарядом 2-,  $KЧ(Ti) = 6$ , а  $\omega(Ti) = 17,61\%$ . В поле ответа запишите брутто-формулу комплекса без указания заряда, располагая химические элементы в порядке возрастания атомного номера (пример  $H_4O_4Al$ ).

**Ответ:**  $O_{10}S_2Ti$

При высаливании этанолом раствора пероксида водорода и  $TiOSO_4$  образуется осадок вещества, в котором  $\omega(Ti) = 36,31\%$ . Запишите брутто-формулу этого вещества, располагая химические элементы в порядке возрастания атомного номера (пример  $H_3O_3Al$ ).

**Ответ:**  $H_4O_5Ti$

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов*

**Решение:**

Под условия задачи подходит комплекс  $[Ti(O_2)(SO_4)_2]^{2-}$  и вещество  $TiO_3 \cdot 2H_2O$ .

### № 5-3

Ванадий(V) имеет большое сродство к O-донорным лигандам. Если к водному раствору ванадатов или  $V_2O_5$  добавить пероксид водорода, то в зависимости от pH образуется ряд пероксокомплексов ванадия(V).

Определите формулу одного из таких комплексов, если известно, что он моноядерный, обладает зарядом  $1+$ ,  $KЧ(V) = 6$ , а  $\omega(V) = 33,30\%$ . В поле ответа запишите брутто-формулу комплекса без указания заряда, располагая химические элементы в порядке возрастания атомного номера (пример  $H_4O_4Al$ ).

**Ответ:**  $H_6O_6V$

При добавлении концентрированного раствора ортованадата натрия ( $Na_3VO_4$ ) к концентрированному раствору пероксида водорода образуется твердое вещество, в котором  $\omega(V) = 20,55\%$ . Запишите брутто-формулу этого вещества, располагая химические элементы в порядке возрастания атомного номера (пример  $H_3O_3Al$ ).

**Ответ:**  $O_8Na_3V$

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов*

**Решение:**

Под условия задачи подходит комплекс  $[VO(O_2)(H_2O)_3]^+$  и вещество  $Na_3VO_8$ .

### № 5-4

Ванадий(V) имеет большое сродство к O-донорным лигандам. Если к водному раствору ванадатов или  $V_2O_5$  добавить пероксид водорода, то в зависимости от pH образуется ряд пероксокомплексов ванадия(V).

Определите формулу одного из таких комплексов, если известно, что он моноядерный, обладает зарядом  $1-$ ,  $KЧ(V) = 6$ , а  $\omega(V) = 34,20\%$ . В поле ответа запишите брутто-формулу комплекса без указания заряда, располагая химические элементы в порядке возрастания атомного номера (пример  $H_4O_4Al$ ).

**Ответ:**  $H_2O_6V$

При добавлении концентрированного раствора ортованадата калия ( $K_3VO_4$ ) к концентрированному раствору пероксида водорода образуется твердое вещество, в котором  $\omega(V) = 17,20\%$ . Запишите брутто-формулу этого вещества, располагая химические элементы в порядке возрастания атомного номера (пример  $H_3O_3Al$ ).

**Ответ:**  $O_8K_3V$

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов*

**Решение:**

Под условия задачи подходит комплекс  $[VO(O_2)_2(H_2O)]^-$  и вещество  $K_3VO_8$ .

**№ 6-1**

Некоторые атомы хлора в органических соединениях могут быть заменены на атомы фтора с помощью пары веществ **X** и **Y**. Массовые и атомные доли элементов в этих соединениях приведены в таблице:

	$\omega_1$	$\omega_2$	$\chi_1$	$\chi_2$
<b>X</b>	5%	95%	50%	50%
<b>Y</b>	53,4%	46,6%	25%	75%

Стадия с использованием **X** и **Y** является ключевой при синтезе ингаляционного анестетика класса фторированных эфиров:



Определите вещества **X**, **Y**, **T**<sub>1</sub>, **T**<sub>2</sub>, **T**<sub>3</sub>. В поле ответа приведите их молярные массы с точностью до десятых.

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>T</b> <sub>1</sub>	<b>T</b> <sub>2</sub>	<b>T</b> <sub>3</sub>

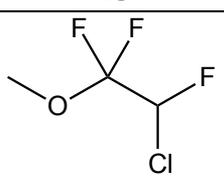
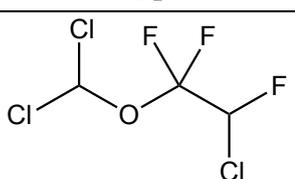
**Ответ:**

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>T</b> <sub>1</sub>	<b>T</b> <sub>2</sub>	<b>T</b> <sub>3</sub>
20,0	228,1	148,5	217,4 или 217,5	36,5

*По 2 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

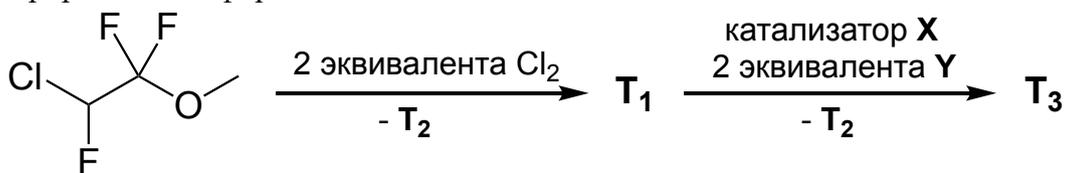
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>T</b> <sub>1</sub>	<b>T</b> <sub>2</sub>	<b>T</b> <sub>3</sub>
HF	SbCl <sub>3</sub>			HCl

**№ 6-2**

Некоторые атомы хлора в органических соединениях могут быть заменены на атомы фтора с помощью пары веществ **X** и **Y**. Массовые и атомные доли элементов в этих соединениях приведены в таблице:

	$\omega_1$	$\omega_2$	$\chi_1$	$\chi_2$
<b>X</b>	40,7%	59,3%	16,7%	83,3%
<b>Y</b>	5%	95%	50%	50%

Стадия с использованием **X** и **Y** является ключевой при синтезе ингаляционного анестетика класса фторированных эфиров:



Определите вещества **X**, **Y**, **T<sub>1</sub>**, **T<sub>2</sub>**, **T<sub>3</sub>**. В поле ответа приведите их молярные массы с точностью до десятых.

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>

**Ответ:**

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>
299,0	20,0	217,4 или 217,5	36,5	184,5

*По 2 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

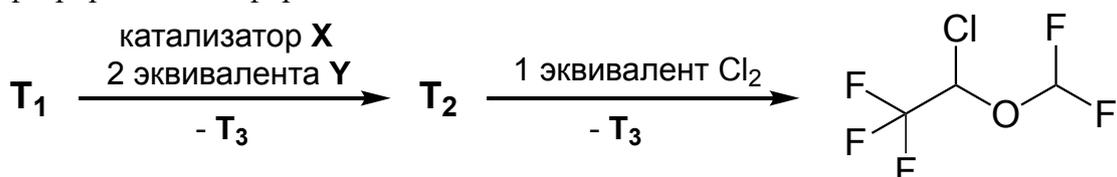
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>
SbCl <sub>5</sub>	HF		HCl	

**№ 6-3**

Некоторые атомы хлора в органических соединениях могут быть заменены на атомы фтора с помощью пары веществ **X** и **Y**. Массовые и атомные доли элементов в этих соединениях приведены в таблице:

	$\omega_1$	$\omega_2$	$\chi_1$	$\chi_2$
<b>X</b>	40,7%	59,3%	16,7%	83,3%
<b>Y</b>	5%	95%	50%	50%

Стадия с использованием **X** и **Y** является ключевой при синтезе ингаляционного анестетика класса фторированных эфиров:



Определите вещества **X**, **Y**, **T<sub>1</sub>**, **T<sub>2</sub>**, **T<sub>3</sub>**. В поле ответа приведите их молярные массы с точностью до десятых.

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>

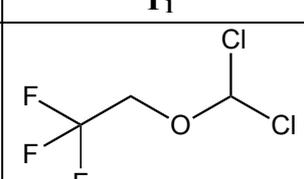
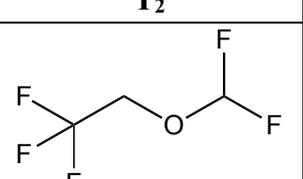
**Ответ:**

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>
299,0	20,0	183,0	150,0	36,5

*По 2 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

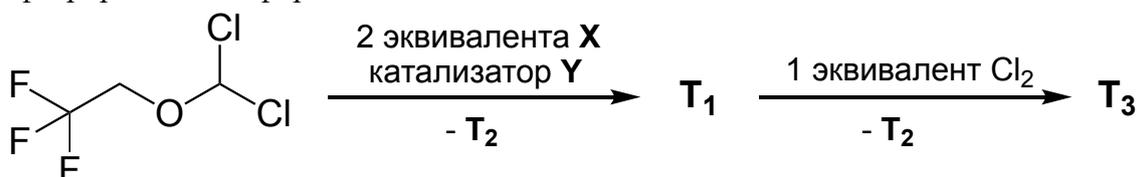
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>
SbCl <sub>5</sub>	HF			HCl

№ 6-4

Некоторые атомы хлора в органических соединениях могут быть заменены на атомы фтора с помощью пары веществ X и Y. Массовые и атомные доли элементов в этих соединениях приведены в таблице:

	$\omega_1$	$\omega_2$	$\chi_1$	$\chi_2$
X	53,4%	46,6%	25%	75%
Y	5%	95%	50%	50%

Стадия с использованием X и Y является ключевой при синтезе ингаляционного анестетика класса фторированных эфиров:



Определите вещества X, Y, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>. В поле ответа приведите их молярные массы с точностью до десятых.

X	Y	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>

Ответ:

X	Y	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
228,1	20,0	150,0	36,5	184,5

По 2 балла за каждый верный ответ.

Максимум 10 баллов.

Решение:

X	Y	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
SbCl <sub>3</sub>	HF	$  \begin{array}{c} \text{F} \\   \\ \text{F}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}-\text{F} \end{array}  $	HCl	$  \begin{array}{c} \text{Cl} \quad \text{F} \\   \quad   \\ \text{F}_3\text{C}-\text{CH}-\text{O}-\text{CH}-\text{F} \end{array}  $

**№ 7-1**

Соединение **X** используется для синтеза полимеров. **X** промышленно производится в огромных количествах из бензола. Для этого на первой стадии проводят нитрование, получают соединение **A**, и последующее гидрирование в присутствии катализатора, образуется **B**. На следующем этапе два эквивалента **B** реагируют с одним эквивалентом формальдегида в кислой среде, образуется соединение **C**. На заключительной стадии из **C** и двух эквивалентов фосгена при нагревании получают **X**.

Определите зашифрованные соединения, в ответе приведите *количество атомов водорода* в соединениях **A**, **B**, **C**, **X**.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>X</b>

**Ответ:**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>X</b>
5	7	14	10

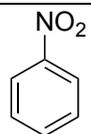
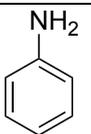
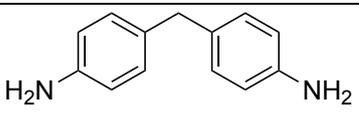
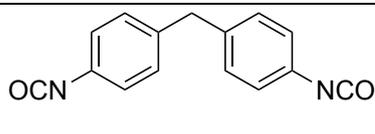
Полимеры образуются при реакции **X** с диаминами или диолами. Определите молярную массу структурного звена полимера (многократно повторяющаяся в макромолекуле группа атомов), полученного из **X** и 1,2-диаминоэтана. Приведите ответ в г/моль с точностью до целых.

**Ответ:** 310

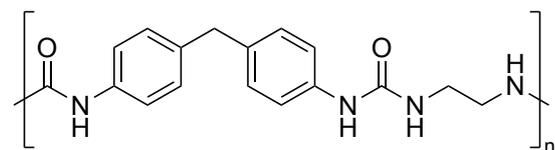
*По 2 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>X</b>
			

Структурное звено полимера:



**№ 7-2**

Соединение **X** используется для синтеза полимеров. **X** промышленно производится в огромных количествах из бензола. Для этого на первой стадии проводят нитрование, получают соединение **A**, и последующее гидрирование в присутствии катализатора, образуется **B**. На следующем этапе два эквивалента **B** реагируют с одним эквивалентом формальдегида в кислой среде, образуется соединение **C**. На заключительной стадии из **C** и двух эквивалентов фосгена при нагревании получают **X**.

Определите зашифрованные соединения, в ответе приведите *количество атомов углерода* в соединениях **A**, **B**, **C**, **X**.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>X</b>

**Ответ:**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>X</b>
6	6	13	15

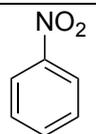
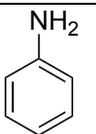
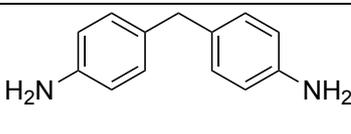
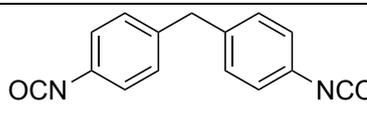
Полимеры образуются при реакции **X** с диаминами или диолами. Определите молярную массу структурного звена полимера (многократно повторяющаяся в макромолекуле группа атомов), полученного из **X** и этиленгликоля. Приведите ответ в г/моль с точностью до целых.

**Ответ:** 312

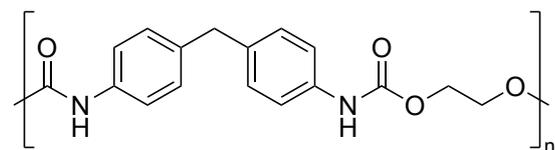
*По 2 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>X</b>
			

Структурное звено полимера:



**№ 7-3**

Соединение **X** используется для синтеза полимеров. **X** промышленно производится в огромных количествах из толуола. Для этого на первой стадии проводят нитрование, последовательно образуются соединения **A**, и затем динитропроизводное **B**. Последующим гидрированием на катализаторе получают **C**. На заключительной стадии из **C** и двух эквивалентов фосгена при нагревании получают **X**.

Определите зашифрованные соединения, в ответе приведите *количество атомов водорода* в соединениях **A**, **B**, **C**, **X**.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>X</b>

**Ответ:**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>X</b>
7	6	10	6

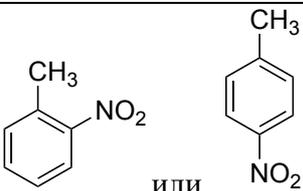
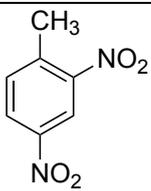
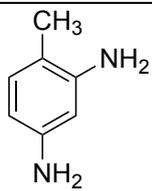
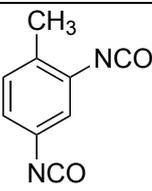
Полимеры образуются при реакции **X** с диаминами или диолами. Определите молярную массу структурного звена полимера (многократно повторяющаяся в макромолекуле группа атомов), полученного из **X** и бутандиола-1,4. Приведите ответ в г/моль с точностью до целых.

**Ответ:** 264

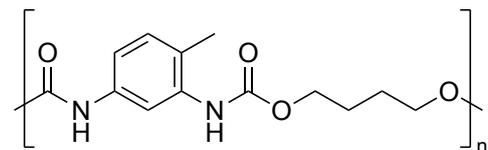
*По 2 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>X</b>
			

Структурное звено полимера:



**№ 7-4**

Соединение **X** используется для синтеза полимеров. **X** промышленно производится в огромных количествах из толуола. Для этого на первой стадии проводят нитрование, последовательно образуются соединения **A**, и затем динитропроизводное **B**. Последующим гидрированием на катализаторе получают **C**. На заключительной стадии из **C** и двух эквивалентов фосгена при нагревании получают **X**.

Определите зашифрованные соединения, в ответе приведите *количество атомов кислорода* в соединениях **A**, **B**, **C**, **X**.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>X</b>

**Ответ:**

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>X</b>
2	4	0	2

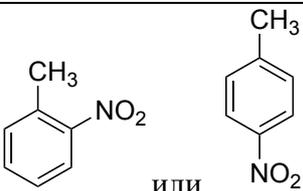
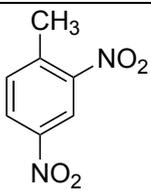
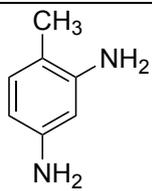
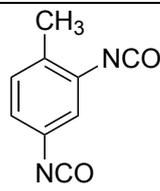
Полимеры образуются при реакции **X** с диаминами или диолами. Определите молярную массу структурного звена полимера (многократно повторяющаяся в макромолекуле группа атомов), полученного из **X** и гексаметилендиамина. Приведите ответ в г/моль с точностью до целых.

**Ответ:** 290

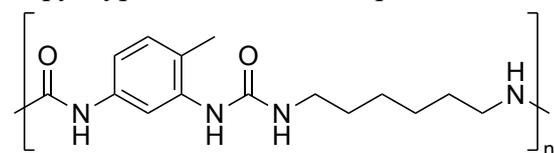
*По 2 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

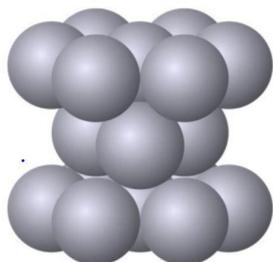
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>X</b>
			

Структурное звено полимера:



**№ 8-1**

Атомы некоторого металла имеют радиус  $1,33 \text{ \AA}$  ( $1\text{\AA}=10^{-10} \text{ м}$ ). При формировании кристаллической решетки они образуют элементарную ячейку следующего вида:



Определите металл, если известно, что его теоретическая плотность составляет  $12616 \text{ кг/м}^3$ . В качестве ответа введите химический символ соответствующего элемента.

**Ответ:** Ru

*10 баллов за верный ответ.*

*Максимум 10 баллов*

**Решение:**

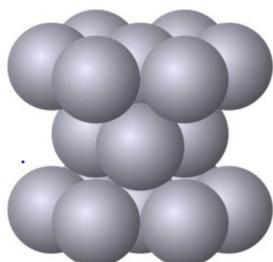
Объем гексагональной элементарной ячейки составляет  $24\sqrt{2} r^3$ . На одну элементарную ячейку приходится 6 целых атомов. Зная плотность и атомный радиус, выразим молярную массу металла:

$$M = 4\sqrt{2} \cdot r^3 \cdot N_A \cdot \rho = 0,1011 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 101,1 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Данная молярная масса соответствует рутению Ru.

**№ 8-2**

Атомы некоторого металла имеют радиус  $1,37 \text{ \AA}$  ( $1\text{\AA}=10^{-10} \text{ м}$ ). При формировании кристаллической решетки они образуют элементарную ячейку следующего вида:



Определите металл, если известно, что его теоретическая плотность составляет  $21265 \text{ кг/м}^3$ . В качестве ответа введите химический символ соответствующего элемента.

**Ответ:** Re

*10 баллов за верный ответ.*

*Максимум 10 баллов*

**Решение:**

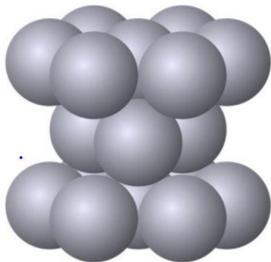
Объем гексагональной элементарной ячейки составляет  $24\sqrt{2} r^3$ . На одну элементарную ячейку приходится 6 целых атомов. Зная плотность и атомный радиус, выразим молярную массу металла:

$$M = 4\sqrt{2} \cdot r^3 \cdot N_A \cdot \rho = 0,1862 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 186,2 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Данная молярная масса соответствует рению Re.

**№ 8-3**

Атомы некоторого металла имеют радиус  $1,37 \text{ \AA}$  ( $1\text{\AA}=10^{-10} \text{ м}$ ). При формировании кристаллической решетки они образуют элементарную ячейку следующего вида:



Определите металл, если известно, что его теоретическая плотность составляет  $7468 \text{ кг/м}^3$ . В качестве ответа введите химический символ соответствующего элемента.

**Ответ:** Zn

*10 баллов за верный ответ.*

*Максимум 10 баллов*

**Решение:**

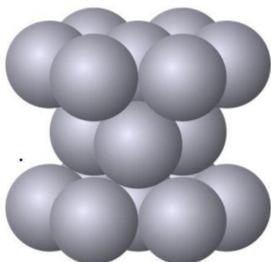
Объем гексагональной элементарной ячейки составляет  $24\sqrt{2} r^3$ . На одну элементарную ячейку приходится 6 целых атомов. Зная плотность и атомный радиус, выразим молярную массу металла:

$$M = 4\sqrt{2} \cdot r^3 \cdot N_A \cdot \rho = 0,0654 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 65,4 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Данная молярная масса соответствует цинку Zn.

**№ 8-4**

Атомы некоторого металла имеют радиус  $1,45 \text{ \AA}$  ( $1\text{\AA}=10^{-10} \text{ м}$ ). При формировании кристаллической решетки они образуют элементарную ячейку следующего вида:



Определите металл, если известно, что его теоретическая плотность составляет  $4612 \text{ кг/м}^3$ . В качестве ответа введите химический символ соответствующего элемента.

**Ответ:** Ti

*10 баллов за верный ответ.*

*Максимум 10 баллов*

**Решение:**

Объем гексагональной элементарной ячейки составляет  $24\sqrt{2} r^3$ . На одну элементарную ячейку приходится 6 целых атомов. Зная плотность и атомный радиус, выразим молярную массу металла:

$$M = 4\sqrt{2} \cdot r^3 \cdot N_A \cdot \rho = 0,0479 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 47,9 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Данная молярная масса соответствует титану Ti.

### № 9-1

В сосуд из инертного материала поместили лодочку для сжигания с 10 г вещества **Ф**. Сосуд заполнили кислородом количеством вещества 1 моль, закрыли и измерили давление. Сосуд сильно нагрели, а затем охладили до начальной температуры (20 °С). В ходе опыта наблюдали, что давление выросло, а после охлаждения вернулось к практически изначальному значению (отличие менее 3%). Сосуд открыли и обнаружили, что **Ф** вступило в реакцию и превратилось в другое вещество(а).

Рассчитайте объем сосуда, если известно, что при 70 °С реакция еще не началась, а давление было 12,8 атм. Объемом твердых и жидких веществ пренебрегите. Ответ приведите в литрах с точностью до десятых.

**Ответ:** от 2,1 до 2,3.

*3 балла за верный ответ.*

Рассчитайте давление в сосуде после протекания реакции и охлаждения до начальной температуры. Объемом твердых и жидких веществ пренебрегите. Ответ приведите в атмосферах с точностью до десятых.

**Ответ:** от 10,6 до 11,2.

*3 балла за верный ответ.*

Выберите вещество(а) **Ф**, подходящее(ие) под описание опыта:

А) уксусная кислота

Б) магний

В) вода

Г) карбид кальция

Д) сера

Е) метанол

**Ответ:** А, Д

*+2 балла за каждый верный ответ, -2 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).*

*Максимум 10 баллов.*

### Решение:

Поскольку давление в сосуде обеспечивается только кислородом, количество вещества которого известно, объем сосуда можно найти по уравнению Клапейрона-Менделеева:

$$V = \frac{nRT}{p} = 2,2 \text{ л}$$

Так как после протекания реакции и охлаждения до комнатной температуры давление вернулось к практически изначальному значению, можно предположить, что количество вещества газа(ов) не изменилось. Тогда давление при 20 °С:

$$p = \frac{nRT}{V} = 10,9 \text{ атм}$$

Под описание опыта подходят уксусная кислота и сера:



### № 9-2

В сосуд из инертного материала поместили навеску 5 г вещества **Ф**. Сосуд заполнили кислородом количеством вещества 0,5 моль, закрыли и измерили давление. Сосуд сильно нагрели, а затем охладили до начальной температуры (20 °С). В ходе опыта наблюдали, что давление выросло, а после охлаждения вернулось к практически изначальному значению (отличие менее 3%). Сосуд открыли и обнаружили, что **Ф** вступило в реакцию и превратилось в другое вещество(а).

Рассчитайте объем сосуда, если известно, что при 60 °С реакция еще не началась, а давление было 5,5 бар. Объемом твердых и жидких веществ пренебрегите. Ответ приведите в литрах с точностью до десятых.

**Ответ:** от 2,4 до 2,6.

*3 балла за верный ответ.*

Рассчитайте давление в сосуде после протекания реакции и охлаждения до начальной температуры. Объемом твердых и жидких веществ пренебрегите. Ответ приведите в барах с точностью до десятых.

**Ответ:** от 4,7 до 5,1.

*3 балла за верный ответ.*

Выберите вещество(а) **Ф**, подходящее(ие) под описание опыта:

- А) кальций
- Б) параформальдегид (CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>
- В) ацетон
- Г) бензол
- Д) карбид алюминия
- Е) углерод

**Ответ:** Б, Е

*+2 балла за каждый верный ответ, -2 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).*

*Максимум 10 баллов.*

### Решение:

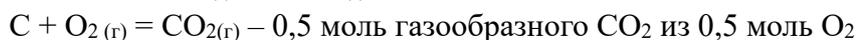
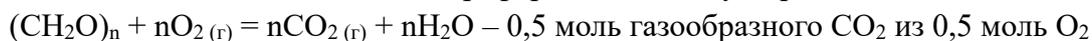
Поскольку давление в сосуде обеспечивается только кислородом, количество вещества которого известно, объем сосуда можно найти по уравнению Клапейрона-Менделеева:

$$V = \frac{nRT}{p} = 2,5 \text{ л}$$

Так как после протекания реакции и охлаждения до комнатной температуры давление вернулось к практически изначальному значению, можно предположить, что количество вещества газа(ов) не изменилось. Тогда давление при 20 °С:

$$p = \frac{nRT}{V} = 4,9 \text{ бар}$$

Под описание опыта подходят параформальдегид и углерод:



### № 9-3

В сосуд из инертного материала поместили навеску 17,5 г вещества **Ф**. Сосуд заполнили кислородом количеством вещества 1,75 моль, закрыли и измерили давление. Сосуд сильно нагрели, а затем охладили до начальной температуры (20 °С). В ходе опыта наблюдали, что давление выросло, а после охлаждения вернулось к практически изначальному значению (отличие менее 3%). Сосуд открыли и обнаружили, что **Ф** вступило в реакцию и превратилось в другое вещество(а).

Рассчитайте объем сосуда, если известно, что при 50 °С реакция еще не началась, а давление было 12,2 атм. Объемом твердых и жидких веществ пренебрегите. Ответ приведите в литрах с точностью до десятых.

**Ответ:** от 3,7 до 3,9.

*3 балла за верный ответ.*

Рассчитайте давление в сосуде после протекания реакции и охлаждения до начальной температуры. Объемом твердых и жидких веществ пренебрегите. Ответ приведите в атмосферах с точностью до десятых.

**Ответ:** от 10,8 до 11,4.

*3 балла за верный ответ.*

Выберите вещество(а) **Ф**, подходящее(ие) под описание опыта:

- А) сероуглерод
- Б) литий
- В) нафталин
- Г) сульфид ртути (II)
- Д) гидроксид калия
- Е) полиэтилен

**Ответ:** А, Г

*+2 балла за каждый верный ответ, -2 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).*

*Максимум 10 баллов.*

### Решение:

Поскольку давление в сосуде обеспечивается только кислородом, количество вещества которого известно, объем сосуда можно найти по уравнению Клапейрона-Менделеева:

$$V = \frac{nRT}{p} = 3,8 \text{ л}$$

Так как после протекания реакции и охлаждения до комнатной температуры давление вернулось к практически изначальному значению, можно предположить, что количество вещества газа(ов) не изменилось. Тогда давление при 20 °С:

$$p = \frac{nRT}{V} = 11,1 \text{ атм}$$

Под описание опыта подходят сероуглерод и сульфид ртути (II):

$\text{CS}_2 + 3\text{O}_{2(\text{r})} = \text{CO}_{2(\text{r})} + 2\text{SO}_{2(\text{r})}$  – суммарно 1,75 моль газообразных  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$  из 1,75 моль  $\text{O}_2$

$\text{HgS} + \text{O}_{2(\text{r})} = \text{Hg} + \text{SO}_{2(\text{r})}$  – 1,75 моль газообразного  $\text{SO}_2$  из 1,75 моль  $\text{O}_2$

#### № 9-4

В сосуд из инертного материала поместили навеску 12,5 г вещества **Ф**. Сосуд заполнили кислородом количеством вещества 1,25 моль, закрыли и измерили давление. Сосуд сильно нагрели, а затем охладили до начальной температуры (20 °С). В ходе опыта наблюдали, что давление выросло, а после охлаждения вернулось к практически изначальному значению (отличие менее 3%). Сосуд открыли и обнаружили, что **Ф** вступило в реакцию и превратилось в другое вещество(а).

Рассчитайте объем сосуда, если известно, что при 80 °С реакция еще не началась, а давление было 6,9 бар. Объемом твердых и жидких веществ пренебрегите. Ответ приведите в литрах с точностью до десятых.

**Ответ:** от 5,2 до 5,4.

*3 балла за верный ответ.*

Рассчитайте давление в сосуде после протекания реакции и охлаждения до начальной температуры. Объемом твердых и жидких веществ пренебрегите. Ответ приведите в барах с точностью до десятых.

**Ответ:** от 5,5 до 5,9.

*3 балла за верный ответ.*

Выберите вещество(а) **Ф**, подходящее(ие) под описание опыта:

- А) толуол
- Б) алюминий
- В) фруктоза
- Г) сульфид серебра (I)
- Д) фенол
- Е) серная кислота

**Ответ:** В, Г

*+2 балла за каждый верный ответ, -2 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).*

*Максимум 10 баллов.*

#### Решение:

Поскольку давление в сосуде обеспечивается только кислородом, количество вещества которого известно, объем сосуда можно найти по уравнению Клапейрона-Менделеева:

$$V = \frac{nRT}{p} = 5,3 \text{ л}$$

Так как после протекания реакции и охлаждения до комнатной температуры давление вернулось к практически изначальному значению, можно предположить, что количество вещества газа(ов) не изменилось. Тогда давление при 20 °С:

$$p = \frac{nRT}{V} = 5,7 \text{ бар}$$

Под описание опыта подходят фруктоза и сульфид серебра (I):



### № 10-1

Некоторые химические реакции происходят только при облучении светом. Для их инициирования чаще всего применяют ультрафиолетовый или видимый свет с длиной волны от 200 до 700 нм. Энергия фотона зависит от длины волны и определяется формулой (*все величины в СИ*):

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

где  $E$  – энергия фотона;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постоянная Планка;  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость света;  $\lambda$  – длина волны.

Рассчитайте энергию фотонов с длиной волны 365 нм. Ответ приведите в кДж/моль с точностью до целых.

**Ответ:** от 325 до 331

Фотохимическая реакция  $A \rightarrow B + C$  протекала под действием света с длиной волны 365 нм в течении 60 часов. В результате образовалось  $1,5 \cdot 10^{-3}$  моль **B**. Средняя мощность поглощенного излучения 50 мВт.

Рассчитайте, сколько световой энергии было поглощено за время реакции. Ответ приведите в кДж с точностью до десятых.

**Ответ:** от 10,7 до 10,9

Какое количество фотонов было поглощено? Ответ приведите в ммоль с точностью до целых.

**Ответ:** от 32 до 34

Квантовый выход фотохимической реакции  $\Phi$  равен отношению числа прореагировавших молекул к числу поглощенных фотонов. Рассчитай квантовый выход для этого превращения. Ответ приведите с точностью до тысячных.

**Ответ:** от 0,044 до 0,048

*По 2,5 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

### Решение:

Ответ на первый вопрос можно найти по формуле:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \cdot N_A = 328 \text{ кДж/моль}$$

Энергию, поглощенную за время реакции можно, найти умножив среднюю мощность поглощенного излучения на время ( $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$ ):

$$E_{\text{погл.}} = P \cdot t = 10,8 \text{ кДж}$$

Разделив все поглощенную энергию на энергию 1 моль фотонов можно найти их количество:

$$n_{\text{фотонов}} = \frac{E_{\text{погл.}}}{E} = 33 \text{ ммоль}$$

Так как в результате реакции образовалось  $1,5 \cdot 10^{-3}$  моль **B**, в реакцию вступило  $1,5 \cdot 10^{-3}$  моль **A** (по уравнению реакции). Квантовый выход можно найти по формуле:

$$\Phi = \frac{n_A}{n_{\text{фотонов}}} = 0,046$$

## № 10-2

Некоторые химические реакции происходят только при облучении светом. Для их инициирования чаще всего применяют ультрафиолетовый или видимый свет с длиной волны от 200 до 700 нм. Энергия фотона зависит от длины волны и определяется формулой (*все величины в СИ*):

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

где  $E$  – энергия фотона;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постоянная Планка;  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость света;  $\lambda$  – длина волны.

Рассчитайте энергию фотонов с длиной волны 395 нм. Ответ приведите в кДж/моль с точностью до целых.

**Ответ:** от 300 до 306

Фотохимическая реакция  $A \rightarrow 2B$  протекала под действием света с длиной волны 395 нм в течении 50 часов. В результате образовалось  $9,5 \cdot 10^{-4}$  моль **B**. Средняя мощность поглощенного излучения 70 мВт.

Рассчитайте, сколько световой энергии было поглощено за время реакции. Ответ приведите в кДж с точностью до десятых.

**Ответ:** от 12,5 до 12,7

Какое количество фотонов было поглощено? Ответ приведите в ммоль с точностью до целых.

**Ответ:** от 40 до 43

Квантовый выход фотохимической реакции  $\Phi$  равен отношению числа прореагировавших молекул к числу поглощенных фотонов. Рассчитай квантовый выход для этого превращения. Ответ приведите с точностью до тысячных.

**Ответ:** от 0,010 до 0,013

*По 2,5 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

### Решение:

Ответ на первый вопрос можно найти по формуле:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \cdot N_A = 303 \text{ кДж/моль}$$

Энергию, поглощенную за время реакции можно, найти умножив среднюю мощность поглощенного излучения на время ( $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$ ):

$$E_{\text{погл.}} = P \cdot t = 12,6 \text{ кДж}$$

Разделив все поглощенную энергию на энергию 1 моль фотонов можно найти их количество:

$$n_{\text{фотонов}} = \frac{E_{\text{погл.}}}{E} = 42 \text{ ммоль}$$

Так как в результате реакции образовалось  $9,5 \cdot 10^{-4}$  моль **B**, в реакцию вступило  $4,75 \cdot 10^{-4}$  моль **A** (по уравнению реакции). Квантовый выход можно найти по формуле:

$$\Phi = \frac{n_A}{n_{\text{фотонов}}} = 0,011$$

### № 10-3

Некоторые химические реакции происходят только при облучении светом. Для их инициирования чаще всего применяют ультрафиолетовый или видимый свет с длиной волны от 200 до 700 нм. Энергия фотона зависит от длины волны и определяется формулой (*все величины в СИ*):

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

где  $E$  – энергия фотона;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постоянная Планка;  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость света;  $\lambda$  – длина волны.

Рассчитайте энергию фотонов с длиной волны 425 нм. Ответ приведите в кДж/моль с точностью до целых.

**Ответ:** от 279 до 285

Фотохимическая реакция  $A \rightarrow B + C$  протекала под действием света с длиной волны 425 нм в течении 70 часов. В результате образовалось  $2,1 \cdot 10^{-3}$  моль **B**. Средняя мощность поглощенного излучения 80 мВт.

Рассчитайте, сколько световой энергии было поглощено за время реакции. Ответ приведите в кДж с точностью до десятых.

**Ответ:** от 20,0 до 20,4

Какое количество фотонов было поглощено? Ответ приведите в ммоль с точностью до целых.

**Ответ:** от 70 до 73

Квантовый выход фотохимической реакции  $\Phi$  равен отношению числа прореагировавших молекул к числу поглощенных фотонов. Рассчитай квантовый выход для этого превращения. Ответ приведите с точностью до тысячных.

**Ответ:** от 0,028 до 0,031

*По 2,5 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

### Решение:

Ответ на первый вопрос можно найти по формуле:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \cdot N_A = 282 \text{ кДж/моль}$$

Энергию, поглощенную за время реакции можно, найти умножив среднюю мощность поглощенного излучения на время ( $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$ ):

$$E_{\text{погл.}} = P \cdot t = 20,2 \text{ кДж}$$

Разделив все поглощенную энергию на энергию 1 моль фотонов можно найти их количество:

$$n_{\text{фотонов}} = \frac{E_{\text{погл.}}}{E} = 72 \text{ ммоль}$$

Так как в результате реакции образовалось  $2,1 \cdot 10^{-3}$  моль **B**, в реакцию вступило  $2,1 \cdot 10^{-3}$  моль **A** (по уравнению реакции). Квантовый выход можно найти по формуле:

$$\Phi = \frac{n_A}{n_{\text{фотонов}}} = 0,029$$

#### № 10-4

Некоторые химические реакции происходят только при облучении светом. Для их инициирования чаще всего применяют ультрафиолетовый или видимый свет с длиной волны от 200 до 700 нм. Энергия фотона зависит от длины волны и определяется формулой (*все величины в СИ*):

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

где  $E$  – энергия фотона;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постоянная Планка;  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость света;  $\lambda$  – длина волны.

Рассчитайте энергию фотонов с длиной волны 450 нм. Ответ приведите в кДж/моль с точностью до целых.

**Ответ:** от 263 до 269

Фотохимическая реакция  $A \rightarrow 2B$  протекала под действием света с длиной волны 450 нм в течении 20 часов. В результате образовалось  $2,1 \cdot 10^{-3}$  моль  $B$ . Средняя мощность поглощенного излучения 60 мВт.

Рассчитайте, сколько световой энергии было поглощено за время реакции. Ответ приведите в кДж с точностью до десятых.

**Ответ:** от 4,2 до 4,4

Какое количество фотонов было поглощено? Ответ приведите в ммоль с точностью до целых.

**Ответ:** от 15 до 17

Квантовый выход фотохимической реакции  $\Phi$  равен отношению числа прореагировавших молекул к числу поглощенных фотонов. Рассчитай квантовый выход для этого превращения. Ответ приведите с точностью до тысячных.

**Ответ:** от 0,063 до 0,067

*По 2,5 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

#### Решение:

Ответ на первый вопрос можно найти по формуле:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \cdot N_A = 266 \text{ кДж/моль}$$

Энергию, поглощенную за время реакции можно, найти умножив среднюю мощность поглощенного излучения на время ( $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$ ):

$$E_{\text{погл.}} = P \cdot t = 4,3 \text{ кДж}$$

Разделив все поглощенную энергию на энергию 1 моль фотонов можно найти их количество:

$$n_{\text{фотонов}} = \frac{E_{\text{погл.}}}{E} = 16 \text{ ммоль}$$

Так как в результате реакции образовалось  $2,1 \cdot 10^{-3}$  моль  $B$ , в реакцию вступило  $1,05 \cdot 10^{-3}$  моль  $A$  (по уравнению реакции). Квантовый выход можно найти по формуле:

$$\Phi = \frac{n_A}{n_{\text{фотонов}}} = 0,065$$