ХИМИЯ
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Критерии оценивания заданий муниципального этапа 2026-2027 учебный год 10 класс

Задача 1 (*10 баллов*)

Решение:

1. Уравнение реакции:

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2\uparrow$$

2. Концентрация стандартного раствора Na_2CO_3:

$M(Na_2CO_3) = 106$ г/моль

$n(Na_2CO_3) = 1{,}3264 / 106 = 0{,}01251$ моль

$c(Na_2CO_3) = 0{,}01251 / 0{,}2500 = 0{,}05005$ моль/л

3. Результат первого титрования (19,4 мл) отличается от трёх совпадающих результатов и отбрасывается как выброс. Для расчёта принимаем:

$V(Na_2CO_3) = 19{,}9$ мл $= 0{,}01990$ л

4. Количество вещества Na_2CO_3, израсходованного на титрование:

$n(Na_2CO_3) = 0{,}05005 \cdot 0{,}0199 = 9{,}96 \cdot 10^{-4}$ моль

По уравнению реакции $n(HCl) = 2n(Na_2CO_3)$:

$n(HCl) = 1{,}99 \cdot 10^{-3}$ моль

5. Концентрация HCl в разбавленном растворе:

$c(HCl)_{разб.} = 1{,}99 \cdot 10^{-3} / 0{,}01000 = 0{,}1992$ моль/л

6. Исходную кислоту разбавили в 250,0 / 5,00 = 50 раз, следовательно:

$c(HCl)_{исх.} = 0{,}1992 \cdot 50 = 9{,}96$ моль/л

7. Массовая концентрация HCl:

$c_m(HCl) = 9{,}96 \cdot 36{,}5 = 364$ г/л

Ответ: $c(HCl) = 9{,}96$ моль/л; $c_m(HCl) = 364$ г/л.

Рекомендации к оцениванию:

1	Уравнение реакции.	1 балл
2	Расчёт концентрации стандартного раствора Na_2CO_3 (2 балла) и отбрасывание результата 19,4 мл как выброса (1 балл).	3 балла
3	Расчет молярной концентрации в разбавленном растворе – 2 балла, Расчёт молярной концентрации HCl в исходной кислоте – 2 балла.	4 балла
4	Расчёт массовой концентрации HCl.	2 балла

ИТОГО: 10 баллов

Задача 2 (*10 баллов*)

Из результатов анализа видно, что эфиры **A-C** и **B-D** выделяют одинаковые массы газов при сжигании.

Заметим, что перхлорат магния — осушитель, прибавка его массы соответствует массе выделенной воды; известковая вода поглощает CO_2, прибавка ее массы соответствует массе выделенного CO_2.

Для эфиров A и C:

$\nu(C) = \nu(CO_2) = 227.6/44 = 5.173$ ммоль, $m(C) = 5.173*12 = 62.076$ мг

$\nu(H) = 2\nu(H_2O) = 2*93.1/18 = 10.344$ ммоль, $m(H) = 10.344$ мг

$m(O) = m(эфира)-m(C)-m(H) = 100-62.076-10.344 = 27.580$ мг,

$\nu(O) = 27.580/16 = 1.724$ ммоль.

Поскольку анализируемые вещества — эфиры, имеет смысл начать рассмотрение с одной эфирной группы, т.е. 2 атомов кислорода на молекулу.

Тогда C:H:O = 5.173:10.344:1.724 = 6:12:2

A и C имеют формулу $C_6H_{12}O_2$.

Аналогично находятся отношение C:H:O = 7:14:2 и формула $C_7H_{14}O_2$ для эфиров **B** и **D**.

Затем определим формулы кислот и спиртов, образующихся при гидролизе каждого из эфиров.

Для эфира A **$\nu(A) = 100/116 = 0.862$ ммоль = ν(соли)**

M(соли A) = 70.7/0.862 = 82. Соль имеет формулу R-CO_2Na, M(R) = M(соли)-67 = 15 — метил. Таким образом, соль, выделяющаяся при гидролизе A — ацетат натрия.

Эфир **A** имеет структуру $MeCO_2R_1$. Найдем молярную массу R_1: M = M(A)-59 = 116-59 = 57 — C_4H_9 (выводы о структуре пока делать не будем).

Таким образом получаем брутто-формулы соответствующих солей и выводы о структуре эфира:

B — $MeCO_2C_5H_{11}$

C — $C_3H_7CO_2Et$

D — $C_4H_9CO_2Et$

(Et — этил, Me — метил). Осталось понять, какую структуру имеют заместители.

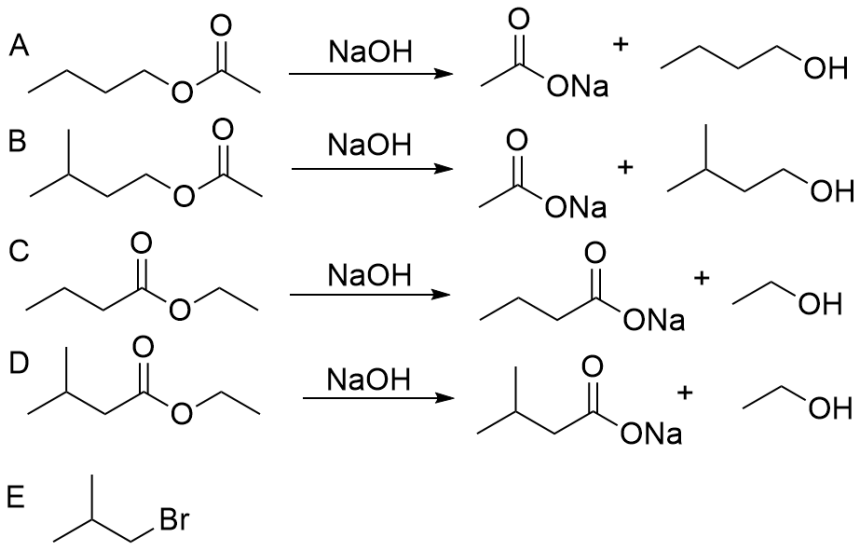
Реакция превращения серебряной соли в алкилбромид — реакция Бородина-Хунсдикера, протекающая следующим образом:

R-$CO_2Ag + Br_2 = RBr + CO_2 + AgBr$, в условиях задачи R = C_4H_9. Единственный алкилбромид, подходящий под условия — **изобутилбромид.**

Исходя из этого, однозначно устанавливаем: **D — этилизовалерат**, **B — изоамилацетат.**

Исходя из данных о нормальном строении остальных продуктов, можно сказать, что **A — н-бутилацетат, C — этилбутират**.

Структуры эфиров и схемы гидролиза приведены ниже.



Эфиры получают реакцией кислоты со спиртом в присутствии сильной кислоты (либо водоотнимающих агентов: P_4O_{10}, DCC, EDC), реакцией ацилхлоридов со спиртами и так далее.

Разбалловка:

1. Брутто-формула — **1 балл** за пару эфиров (**2 балла**).
2. Структура веществ **A**—**E** — **1 балл** за каждую (в случае указания неверной структуры с сохранением количества атомов углерода по разные стороны от эфирной группы — **0.5 балла**) Допускается использование общепринятых сокращений: Me, Et, nBu, iBu, iAm и т.п. (**5 баллов**).
3. Схемы гидролиза — **0.5 баллов** за схему (засчитываются любые адекватные схемы, если верно указаны исходный эфир, образующиеся соль и спирт.) (**2 балла**)
4. Указание на хотя бы один верный метод синтеза эфиров — **1 балл** (за каждый неправильный, приведенный в ответе на вопрос — **минус 0.5 балла**).

ИТОГО: 10 баллов.

Задача 3 (*10 баллов*)

Из массовых долей в условии получаем, что молярная масса **B** — 163 г/моль, а адекватная формула, соответствующая такой молярной массе — $C_6H_{11}Br$. С учетом того, что простейшая формула **A** — CH_2 получаем формулу **A** — C_6H_{12} — циклический алкан (алкен не соответствует условию). Из образования всего одного монобромпроизводного делаем вывод, что **A** — **циклогексан**.

Дальше происходят реакции бромирования (**B** — бромциклогексан),

элиминирования (**C** — циклогексен) и озонолиза с окислительной обработкой (**D** — адипиновая кислота).

Превращение **D** в **G** — циклизация Ружички, **G** — циклопентанон. (Реакция проходит через образование адипата кальция и его пиролиз, но адипат кальция не подходит, поскольку заявлено отсутствие кальция в **G**)

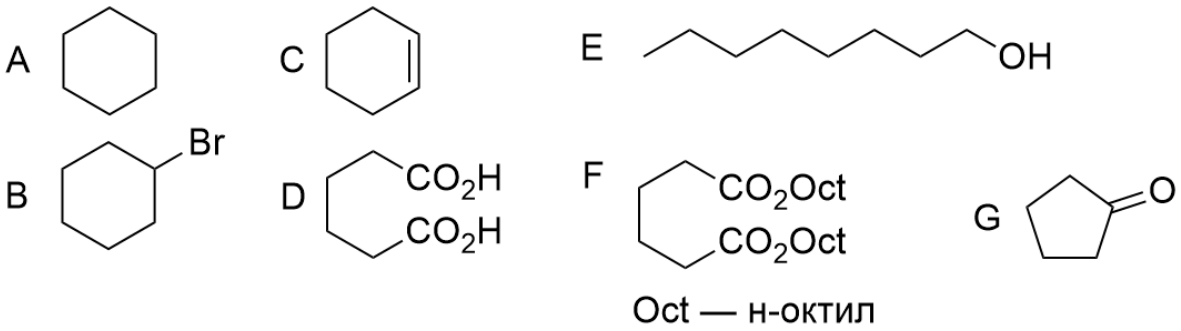
Превращение **D** в **F** — этерификация. Молярная масса продукта считается из условия задачи: 25.34/(10/146) = 370 г/моль.

Если кислота реагирует с образованием монозамещенного эфира ($AdH_2 + ROH = AdRH + H_2O$), молярная масса продукта равна 146-1+R=370, откуда R = 225 — гексадецил. Молярная масса гексадецилового спирта равна 242 г/моль и не соответствует условию.

Тогда F — диэфир, $AdH_2 + 2ROH = AdR_2 + 2H_2O$.

Аналогично получаем 146-2+2R=370, откуда R = 113 — октил.

Таким образом, E — *n*-октиловый спирт.



Пластификаторы вводятся в полимеры для придания им пластичности, мягкости и эластичности.

Свет в превращении **A-B** нужен для запуска радикальной реакции (образования радикалов брома).

D — гександиовая кислота (1,4-гександиовая, гексан-1,4-диовая), адипиновая кислота.

E — октанол-1 (1-октанол, октан-1-ол, *н*-октанол, *n*-октанол).

Разбалловка:

1. Структурные формулы **A**—**G** — по **1 баллу** каждая (допускается использование сокращений!) (**7 баллов**).
2. Ответ на вопрос о пластификаторах — **1 балл** (в любой адекватной формулировке).
3. Ответ на вопрос о роли света в реакции — **1 балл** (любая формулировка, указывающая на образование радикалов).
4. Названия **D** и **E** — **0.5 баллов** каждое (засчитываются любые адекватные названия) (**1 балл**).

ИТОГО: 10 баллов.

Задача 4 (*10 баллов*)

1. Элемент K

K — Rh (+1 б)

Всеобъемлющие элементы:

F, Ar, Co, Kr, Rh, Xe, Eu, Hf, Tl. (+0,25 б за каждый новый элемент, кроме Rh) – 3 балла за пункт 1.

2. Простые вещества:

A_1 — F (F_2);

A_2 — Xe;

A_3 — Eu;

A_4 — Co;

A_5 — Kr;

A_6 — Hf;

A_7 — Tl;

A_8 — Ar.

По 0,25 балла за каждое верное соотнесение простого вещества. За пункт 2 суммарно 2 балла.

3. Соединения:

X — CoF_3 (+0,5 балла);

C — KrF_2 (+0,5 балла);

Y — $[KrF]^+[XeF_7]$ ($KrXeF_8$ Тоже должен засчитываться и аналогичные варианты) (+1 балл);

B_1 — XeF_2 (+0,5 балла);

B_2 — XeF_4 (+0,5 балла);

B_3 — XeF_6 (+0,5 балла);

D_1 — $HfCl_4$ (+0,5 балла);

D_2 — HfCl (+0,5 балла).

A_1 аналог — Cl_2 (+0,5 балла)

Частичные или промежуточные ответы оцениваться не должны баллы даются только за правильное указание элементов

Задача 5 (*10 баллов*)

1. Гидролиз одного моля сахарозы даёт один моль глюкозы и один моль фруктозы. В гликолизе каждая из этих молекул обеспечивает синтез 2 молей АТФ. Следовательно, суммарный синтез составляет 4 моля АТФ. Однако транспорт одного моля сахарозы внутрь клетки требует затраты 1 моля АТФ. Таким образом, чистый энергетический выход составляет 4 – 1= 3 моля АТФ на

1 моль сахарозы.
Ответ: 3 моль АТФ (1 б).
2. При гидролизе 1 моля АТФ высвобождается 30,5 кДж. Следовательно, при синтезе 3 молей АТФ клетка запасает энергию в количестве 3×30,5=91,5 кДж/моль сахарозы.
Ответ: 91,5 кДж/моль сахарозы (2 б).
3. Согласно закону Гесса, стандартная энергия Гиббса реакции рассчитывается как разность между суммой энергий образования продуктов и суммой энергий образования реагентов с учётом стехиометрических коэффициентов:
$\Delta G^{\circ\prime} = 4 \times \Delta G^{\circ\prime}$(молочной кислоты) - $\Delta G^{\circ\prime}$(воды) - $\Delta G^{\circ\prime}$(сахарозы)
Подставляем числовые значения:
$\Delta G^{\circ\prime} = 4 \times (-524) - (-237) - (-1550)$
$\Delta G^{\circ\prime} = -309$ кДж/моль
Ответ: $\Delta G^{\circ\prime} = -309$ кДж/моль (3 б).
4. Коэффициент полезного действия рассчитывается как отношение полезно запасённой энергии (в АТФ) к полной энергии, выделившейся в ходе реакции, умноженное на 100%:
КПД = (91,5 / 309) × 100%
КПД ≈ 29,6%
Ответ: КПД ≈ 29,6% (0,5 б).
5. Поскольку энергия, не перешедшая в АТФ, рассеивается в виде тепла, количество теплоты составит разность между полным энергетическим эффектом реакции и энергией, запасённой в АТФ:
Q = 309 - 91,5
Q = 217,5 кДж/моль
Ответ: 217,5 кДж/моль (1 б).
6. Полученное значение $\Delta G^{\circ\prime} = -309$ кДж/моль является отрицательным. Отрицательное значение свободной энергии Гиббса означает, что реакция способна протекать самопроизвольно в прямом направлении (в сторону образования молочной кислоты Именно эта выделяющаяся свободная энергия и используется клеткой для синтеза АТФ, а её избыток рассеивается в виде тепла в окружающую среду.
Ответ: протекает самопроизвольно, в прямом направлении (1,5 б).
7. Потому что гидроксиаппатит превращается во фтораппатит, который менее подвержен кислотному воздействию (1 б).