

## ЗАДАНИЕ 11-1

## «Мокрая задача»

Одежда, в которой Вы вымокли под дождем, впитала 1 кг воды, затем сухой ветер высушил ее.

1. Какое количество потерянной теплоты необходимо возместить организму?
2. Какую массу глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  нужно потребить, чтобы восполнить эту потерю? Предположите, что в организме **полное** окисление глюкозы протекает с образованием газообразных продуктов реакции.
3. Предположим, что организм не возместил потерю этого количества теплоты. Какова будет температура тела после высыхания одежды? Предположите, что теплоемкость тела равна теплоемкости жидкой воды.

**Указание:** во всех расчетах пренебрегайте зависимостью энтальпии и теплоемкости от температуры.

**Справочные данные:**

$\Delta_f H^0$ ( $H_2O_{\text{жид}}$ )	-285,8 кДж/моль
$\Delta_f H^0$ ( $H_2O_{\text{газ}}$ )	-241,8 кДж/моль
$\Delta_f H^0$ ( $CO_2_{\text{газ}}$ )	-393,5 кДж/моль
$\Delta_f H^0$ ( $C_6H_{12}O_6_{\text{тв}}$ )	-1264 кДж/моль
$c$ ( $H_2O_{\text{жид}}$ )	4,2 кДж/кг·К
Масса тела	60 кг
Начальная температура	36,6 °С



### РЕШЕНИЕ

№ п/п	Элемент оценивания	Критерий оценивания
1	<p>Для этого с помощью имеющихся данных рассчитаем тепловой эффект фазового перехода:</p> $\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$ $\Delta_{\text{ф.п.}} \text{H}^0 = \Delta_{\text{f}} \text{H}^0 (\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}) - \Delta_{\text{f}} \text{H}^0 (\text{H}_2\text{O}_{\text{жид}}) = 44 \text{ кДж.}$ <p>Выполним перерасчет на 1 кг (1000 г) воды:</p> $\Delta_{\text{ф.п.}} h^0 = \frac{44 \cdot 1000}{18} = 2444,4 \text{ кДж.}$ <p>Такое количество теплоты необходимо возместить организму.</p>	<p>0,5 баллов 2 балла</p> <p>2 балла</p>
2	<p>Для этого рассчитаем тепловой эффект окисления глюкозы:</p> $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ $\Delta_{\text{r}} \text{H}^0 = 6\Delta_{\text{f}} \text{H}^0 (\text{CO}_2 \text{газ}) + 6\Delta_{\text{f}} \text{H}^0 (\text{H}_2\text{O}_{\text{газ}}) - \Delta_{\text{f}} \text{H}^0 (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{тв}) = -2547,8 \text{ кДж}$ <p>Определим массу глюкозы:</p> $m = \left  \frac{2444,4 \cdot 180}{-2547,8} \right  = 172,7 \text{ г.}$	<p>0,5 баллов 2 балла</p> <p>2 балла</p>
3	<p>Рассчитаем изменение температуры:</p> $\Delta T = \frac{Q}{cm} = \frac{2444,4}{4,2 \cdot 60} = 9,7^\circ$ <p>Температура тела установится равной: <math>T = 36,6 - 9,7 = 26,9^\circ \text{C}</math></p>	<p>2 балла</p> <p>1 балл</p>
<b>Всего</b>		<b>12 баллов</b>

### ЗАДАНИЕ 11-2

#### «Химия на службе коротышкам»

Для того, чтобы подняться на воздушном шаре в небо, коротышки решили заполнить его водородом, полученным путем электролиза воды. Сколько времени необходимо пропускать через воду постоянный электрический ток силой 200 А, чтобы поднять в небо коротышек с суммарной массой 200 кг? При решении задачи массами шара, корзины для пассажиров и багажа пренебрегите. Для вычислений используйте математические выражения:

- **закона электролиза Фарадея:**

$$n = \frac{It}{Fz}$$

где:  $n$  – количество вещества (моль), образовавшегося в ходе электролиза, моль;  $t$  – время проведения электролиза (в секундах, с);  $z$  – число электронов, участвующих в полуреакции;  $F$  – постоянная Фарадея, которую примите равной 96500 Кл/моль;

- **второго закона Ньютона:**

$$F = am,$$

где:  $a$  – ускорение,  $m$  – масса.

- **закона Архимеда:**

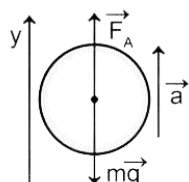
$$F = \rho g V,$$

где:  $\rho$  – плотность среды (газа или жидкости),  $g$  – ускорение свободного падения ( $10 \text{ м/с}^2$ ),  $V$  – масса.

#### Решение

На шар, накачанный таким образом, действует сила Архимеда, сила тяжести, и он движется с определенным ускорением вверх:





Второй закон Ньютона для данного случая выглядит как:

$$mg + F_A = ma(1)$$

Спроецировав его на ось OY, получим:

$$F_A - mg = ma$$

Левая часть выражения является подъемной силой:

$$F_A = \rho g V$$

Представим, что вместо водорода в шаре воздух:

$$m = \rho V$$

Преобразуем выражение для подъемной силы:

$$F = m(\text{возд})V - m(\text{H}_2)V(2)$$

Свяжем массы водорода и воздуха, записав для обоих случаев уравнение Менделеева-Клапейрона.

$$\rho V = (m/M)RT(3)$$

Т.к.  $p$ ,  $V$ ,  $T$  – величины для обоих случаев постоянные, разделим оба уравнения

Менделеева-Клапейрона друг на друга:

$$M(\text{возд})/M(\text{H}_2) = m(\text{возд})/m(\text{H}_2)$$

Перепишем выражение для подъемной силы:

$$F = m(\text{H}_2)g * [(M(\text{возд})/M(\text{H}_2) - 1)](4)$$

Выразим массу водорода через закон Фарадея:

$$m(\text{H}_2) = I * t * M(\text{H}_2) / Fz(5)$$

Подставляем выражение в предыдущее и вычисляем время:

$$t \approx 7 * 10^6 \text{ с. } (6)$$

Этапы решения 1-6	2 балла * 6
Итого	12 баллов

### ЗАДАНИЕ 11-3

#### «Древний элемент»

Элемент **A** в чистом виде был известен еще жителям Древнего Египта. Они, а также затем древние римляне были крупнейшими производителями этого элемента, выплавляя до 80 тыс. тонн в год. **A** и ряд его соединений играют большую роль в современной жизни человека.

**A** образует ряд оксидов: оксид **B** содержит 90,66% **A** по массе, используется в качестве яркой оранжево-красной краски; оксид **C** темно-бурого, почти черного цвета, является очень сильным окислителем. Например, **C** в азотнокислой среде переводит нитрат марганца в марганцевую кислоту (*реакция 1*).

Известно, что **D** содержит в два раза меньше кислорода, чем **C**. Если длительно прокалить минерал церуссит на воздухе, то сначала образуется **D** (*реакция 2*), причем потеря массы составляет 16,48%, затем переходит в **B** (*реакция 3*). Если **B** прокипятить в разбавленной азотной кислоте, то получается осадок вещества **C** (*реакция 4*).

При кипячении избытка **D** в уксусной кислоте образуется раствор вещества **E** (*реакция 5*). Если раствор **E** слегка подщелочить раствором аммиака и пропустить избыток углекислого газа, выпадает плотный белый осадок вещества **F** (*реакция 6*), который раньше часто использовали в качестве белой краски. Однако у такой краски был весомый



недостаток – со временем он чернел. Однако реставраторы нашли способ восстановить белую краску на полотнах.

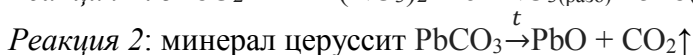
- а) Определите вещества **A-F**.  
 б) Напишите уравнений реакций 1-6.

### Решение

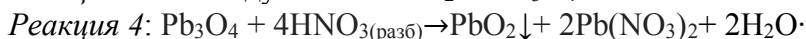
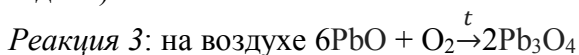
Традиционно металлами древности называют семь металлов: золото, серебро, медь, олово, свинец, железо и ртуть. По условию задачи металл имеет три оксида, два из которых имеют яркий оранжево-красный и темно-бурый цвет. Кроме того, нерастворимая соль металла, имеет белый цвет и применялась как белая краска. Поэтому делаем вывод, что:

- неизвестный металл А – свинец Pb;
- оксид В – сурик, яркий оранжево-красный Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>,
- оксид С темно-коричневый PbO<sub>2</sub>,
- оксид D - красный PbO,
- белый осадок F- цинковые белила PbCO<sub>3</sub> (в природе встречается как минерал церуссит).

Из всех оксидов содержание свинца 90,66% у сурика Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>:  $\omega(\text{Pb}) = \frac{207 \cdot 3}{685} \cdot 100 = 90,66\%$  (совпадает с условием задачи).



Потеря массы происходит за счет улетучивания углекислого газа. Пусть  $m(\text{PbCO}_3) = 100$  г,  $\nu(\text{PbCO}_3) = \frac{100}{267} = 0,375$  моль,  $\nu(\text{PbCO}_3) = \nu(\text{CO}_2)$ , тогда  $m(\text{CO}_2) = 0,375 \cdot 44 = 16,48$  г. Т.к. расчет проведен на 100 г PbCO<sub>3</sub>, то потеря массы – 16,48% (удовлетворяет условию задачи).



### Система оценивания

Установление <b>A, B, C, D, E, F</b>	1·6= 6 баллов
Уравнения реакций 1-6	1·6= 6 баллов
Итого	12 баллов

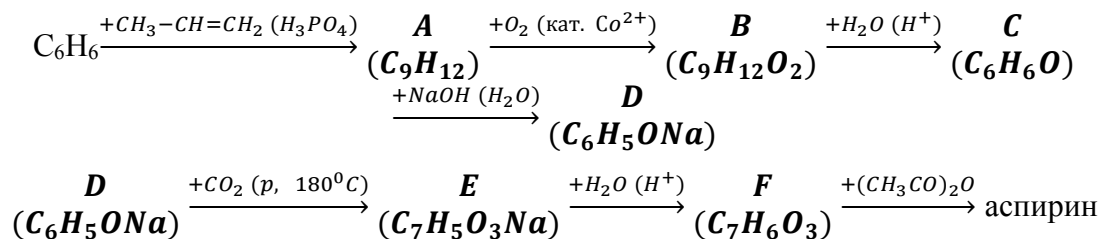
### ЗАДАНИЕ 11-4

#### «Синтезируем аспирин»

Аспирин® – более популярное запатентованное название известного органического соединения, которое широко применяется как лекарственное средство, оказывающее жаропонижающее, противовоспалительное и обезболивающее действие. Считается, что за основу названия взяли латинское наименование растения *Spiraea ulmaria*, из которого немецким естествоиспытателем Карлом Якобом Ловиггом был впервые выделен предшественник аспирина – вещество **F**.

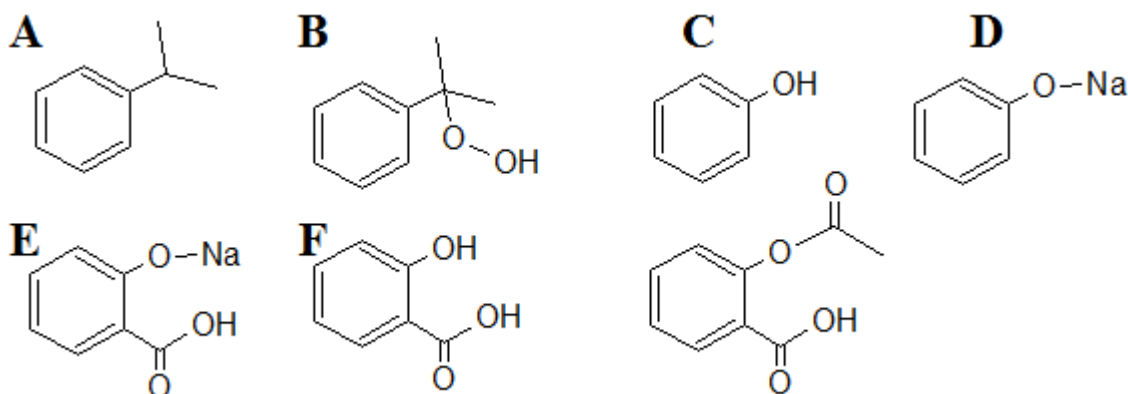


Ниже приведена схема синтеза аспирина из бензола. Над стрелками указаны реагенты, а в скобках – условия осуществления процесса. Под промежуточными веществами А-Ф указаны их брутто-формулы.



Изобразите структурные формулы веществ А-Ф и аспирина. Назовите их по номенклатуре ИУПАС.

**Решение**



А – изопропилбензол; В – 2-гидропероксо-2-фенилпропан; С – фенол; D – фенолятнатрия; Е – 2-карбоксифенолятнатрия; F – 2-гидроксibenзойная кислота; аспирин – 2-ацетилоксибензойная кислота.

**Система оценивания**

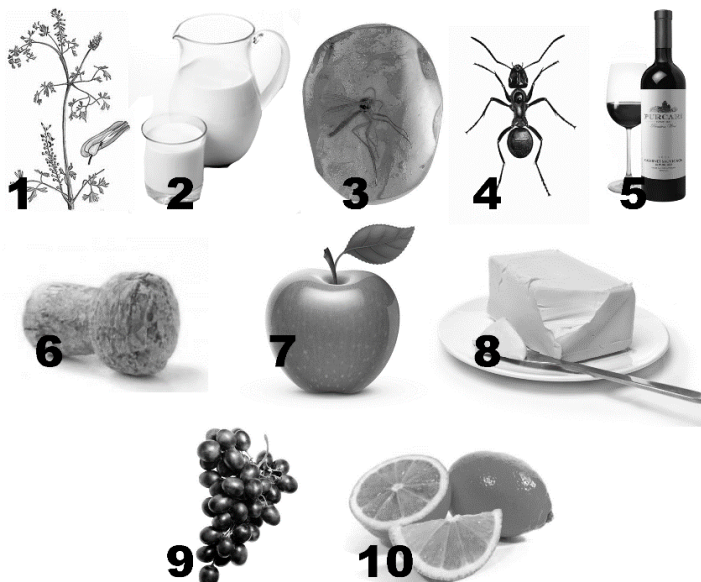
Структурные формулы А-Е	1 балл*5 = 5 баллов
Названия А-Е	1 балл*5 = 5 баллов
Структурные формулы F и аспирина	0,5 баллов*2 = 1 балл
Названия F и аспирина	0,5 баллов*2 = 1 балл
<b>Итого</b>	<b>12 баллов</b>

### ЗАДАНИЕ 11-5

#### «Вездесущие кислоты»

Для многих органических веществ помимо систематической номенклатуры до сих пор применяются тривиальные названия, как правило отражающие природный источник, в котором они впервые были обнаружены. Такие названия, однако, не содержат информацию о составе и строении вещества.

Ниже представлены рисунки, пронумерованные от 1 до 10, на которых изображены объекты, названия которых связаны с тривиальными названиями некоторых карбоновых кислот, а также соединений, содержащих одну или несколько карбоксильных групп. Под рисунками приведены названия их солей с присвоенной каждому из них букве.



А. Тартрат	Б. Цитрат	В. Малат	Г. Лактат	Д. Формиат
Е. Пируват	Ж. Суберат	З. Фумарат	И. Бутират	К. Сукцинат

1. Расставьте верные по Вашему мнению соответствия «Объект» - «Название соли».

\* \* \*

Производные карбоновых кислот распространены в виде жиров, которые в живых организмах выполняют прежде всего энергетическую и строительную функции. Для идентификации жира **X**, образованного предельными неразветвленными монокарбоновыми кислотами **Y** и **Z**, навеску его массой 4,3000 г прокипятили в 250,00 мл 0,2000 М раствора NaOH. На титрование неизрасходованной щелочи было затрачено 26,70 мл 1,0000 М раствора HCl. Подкисление полученного после титрования раствора избытком кислоты и дальнейшее высаливание привело к количественному выпадению осадка массой 4,0050 г, содержащего **Y** и **Z**.

2. Определите брутто-формулу **X**.

3. Определите кислоты **Y** и **Z**. Назовите их.

4. Изобразите более двух возможных структурных формул для жира **X**. Назовите их.

**Решение**

1. 1-3; 2-Г; 3-К; 4-Д; 5-А; 6-Ж; 7-В; 8-И; 9-Е; 10-Б.

2. Общая брутто-формула триглицеридов предельных карбоновых кислот –  $C_nH_{2n-4}O_6$ .

На омыление 1 моль жира расходуется 3 моль гидроксида натрия. Рассчитаем молекулярную массу жира:  $4,3 \cdot 120 / 0,9320 = 554$ .

$14n + 92 = 554$ ;  $n = 33$ .

Соответственно, брутто-формула жира –  $C_{33}H_{62}O_6$ .

3. Жир образован из двух карбоновых кислот, следовательно, один из алканоилокисильных радикалов будет дважды замещать гидроксильный водород в молекуле глицерина.

Пусть: **Y** – алкильный радикал кислоты **Y**, а  $y$  – его молярная масса; **Z** – алкильный радикал кислоты **Z**, а  $z$  – его молярная масса.

Составим уравнение реакции омыления жира:



Исходное количество щелочи:  $n = 0,05$  моль;

остаточное количество щелочи:  $n = 0,0267$  моль;

количество щелочи, израсходованное на омыление:  $n = 0,0233$  моль.

Составим систему уравнений:

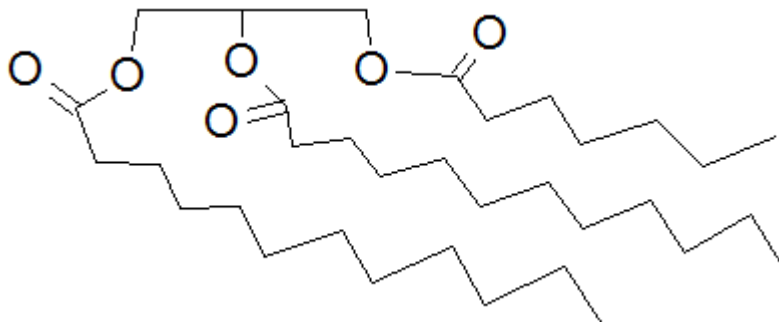
$$\begin{cases} 2y + z = 381; \\ 0,0155(y + 45) + 0,0078(z + 45) = 4,0050. \end{cases}$$

Решение системы дает следующие результаты:

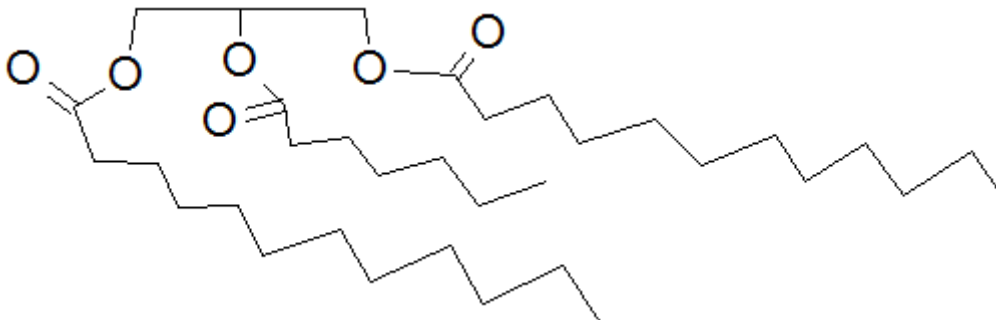
$$y = 75; z = 153.$$

Следовательно, кислота Y—C<sub>11</sub>H<sub>23</sub>COOH (додекановая), а Z—C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>COOH (гептановая).

4. Возможные структурные формулы жиров:



1,2-дидодеканоилоксипропил-2-гептаноат



1,3-дидодеканоилоксипропил-2-гептаноат

#### Система оценивания

1. Верное соответствие	0,5 x 10 = 5 баллов
2. Верный вывод общей брутто-формулы Расчет брутто-формулы X	0,5 баллов 1 балл
3. Расчет количества щелочи, израсходованного на омыление Уравнение реакции омыления (общее или применительно к жиру X) Формулы кислот Y и Z Названия кислот Y и Z	1 балл 0,5 балла 1 балл*2 = 2 балла 0,5 баллов *2 = 1 балл
4. Возможные структурные формулы X Названия X	0,25 баллов *2 = 0,5 баллов 0,25 баллов *2 = 0,5 баллов
Итого	12 баллов