**Задание 1.** (авторы В.А. Емельянов, Д.Е. Насохов).

1. Для наркоза используют диэтиловый эфир (этиловый эфир, серный эфир, этоксиэтан). Его структурная формула  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$ . Получают его действием кислотных катализаторов на этанол при нагревании, например, перегонкой смеси этилового спирта и серной кислоты при температуре 140-150 °С:  $2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ . Также получается как побочный продукт в производстве этилового спирта гидратацией этилена в присутствии фосфорной кислоты или 96-98 % серной кислоты при 65-75 °С и давлении 2,5 МПа:  $2\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ .

2. С точки зрения химика крахмал - это углевод, полисахарид, смесь полисахаридов. Химики представляют брутто-формулу крахмала как  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ . При действии ферментов или нагревании с кислотами подвергается гидролизу до глюкозы:  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n\text{H}_2\text{O} = n\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

3. Уравнения реакций:  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + 12n\text{HNO}_3 \rightarrow 6n\text{NO}\uparrow + 6n\text{NO}_2\uparrow + 11n\text{H}_2\text{O} + 6n\text{CO}_2\uparrow$ .

$\text{NO} + \text{NO}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

4. Лубок (луб) - это пласт или лоскут свежего слоя древесной коры. Медицинский лубок накладывают на поврежденную конечность, захватывая заметную часть выше и ниже повреждения, после чего обматывают ее бинтом. Таким образом обеспечивается неподвижность поврежденной части конечности.

5. Из условия следует, что вещество **В** - безводная соль кальция и сильной двухосновной кислоты. Молярная масса этой соли  $40/0,294 = 136$ , откуда на кислотный остаток приходится  $136-40 = 96$  а.е.м., что совпадает с массой сульфат-аниона. Следовательно, **В** - безводный сульфат кальция  $\text{CaSO}_4$ . Количество кристаллизационной воды в двух оставшихся веществах легко находится решением уравнений  $40/(136+x*18) = 0,276$  и  $40/(136+y*18) = 0,233$ , откуда  $x=0,5$ ,  $y=2$ . В итоге получаем:

**А** -  $\text{CaSO}_4*0,5\text{H}_2\text{O}$  - алебастр (жженный гипс), **Б** -  $\text{CaSO}_4*2\text{H}_2\text{O}$  - гипс, **В** -  $\text{CaSO}_4$  - ангидрит.

6. Для ответа на этот вопрос вовсе не обязательно было выполнять предыдущий пункт. Количество кальция в 150 млн т вещества **А** такое же, как и в соответствующей массе минерала **Б**, а массовая доля кальция в  $27,6/23,3 = 1,185$  раза меньше. Следовательно, для получения 150 млн т вещества **А** потребуется  $150*1,185 = 177,75$  млн т минерала **Б**.

7. Уравнения реакций:

$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4*2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$  [1];  $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4*2\text{H}_2\text{O} + 2\text{HF}\uparrow$  [2];

$\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4*2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CH}_3\text{COOH}$  [3];

$\text{CaC}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4*2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  [4];  $\text{CaS} + 2\text{O}_2 \xrightarrow{700^\circ\text{C}} \text{CaSO}_4$  [5];

$\text{CaSO}_4 + 2\text{C} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{CaS} + 2\text{CO}_2\uparrow$  (или  $\text{CO}$ ) [6];  $\text{CaSO}_4 + \text{SiO}_2 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{CaSiO}_3 + \text{SO}_3\uparrow$  [7].

**Система оценивания:**

1. Структурная формула 1 б., название 1 б., метод синтеза 2 б. (условия 1 б.)	1+1+2 = 4 б.
2. Любой верный класс крахмала 1 б., формула 1 б., гидролиз 1 б.	1+1+1 = 3 б.
3. Уравнения реакций по 2 б.	2*2 = 4 б.
4. Лубок 1 б., использование 1 б.	1+1 = 2 б.
5. Составы веществ А-В по 1 б., собственные названия по 1 б.	1*3+1*3 = 6 б.
6. Масса минерала 2 б.	2 б.
7. Уравнения реакций по 1 б.	1*7 = 7 б.
<b>Всего:</b>	<b>28 баллов.</b>

**Задание 2.** (авторы В.А. Емельянов, Д.Г. Гулевич).

1. «IYPT» - International year of periodic table, Международный год периодической таблицы.

2.  $V = m/\rho = 0,1/6 = 0,017 \text{ см}^3 = 17 \text{ мм}^3$ .

3. Для измерения плотности твердого тела небольшого объема используют несколько приемов, которые в той

или иной форме опираются на закон Архимеда. Связано это с тем, что малую массу в лаборатории можно измерить гораздо точнее, чем малый объем. Тело взвешивают в воздухе, затем помещают в жидкость и снова взвешивают. Здесь возможны варианты:

а) Использование пикнометра. Пикнометр - стеклянный сосуд специальной формы и определенной вместимости (по сути, очень маленькая мерная колба). Пикнометр был изобретен Дмитрием Ивановичем Менделеевым (!!!) в 1859 году. Плотность твердых тел определяют, погружая их в пикнометр с жидкостью, после чего заполняют сосуд жидкостью до метки на горловине и взвешивают. Из пикнометра извлекают твердое тело, заполняют сосуд чистой жидкостью до метки на горловине и снова взвешивают. От суммы масс самого твердого тела и пикнометра с жидкостью вычитают массу пикнометра, в котором содержались и твердое тело, и жидкость. Полученная разность - это масса вытесненной телом жидкости. Делят ее на плотность жидкости и получают объем вытесненной жидкости, который равен объему погруженного в жидкость тела.

б) Учет выталкивающей силы. Согласно закону Архимеда, на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вверх. Величина этой силы равна весу жидкости, вытесняемой телом. Твердое тело подвешивают над стаканом с жидкостью и опускают в него. Сам стакан с жидкостью может располагаться как на весах, так и под ними, либо на отдельной платформе. По разности массы тела в воздухе и в жидкости вычисляют массу вытесненной телом жидкости и дальше как в пункте а).

4. Выход соединения **Б** можно вычислить, даже если Вам так и не удалось установить металл. В самом деле, в 150 г 10% раствора соединения **А** содержалось  $0,1 \cdot 150 = 15$  г **А**, в составе которого присутствовало  $0,326 \cdot 15 = 4,89$  г металла **Х**. В составе 3,2 г **Б** оказалось  $0,744 \cdot 3,2 = 2,38$  г **Х**. Таким образом, выход **Б** составил  $100 \cdot 2,38 / 4,89 = 48,7$  % от теоретически возможного. Причинами невысокого выхода может быть как недостаток щелочи в реакции осаждения гидроксида **Х**, так и ее избыток при условии его амфотерности. В первом случае гидроксид **Х** не полностью выпадает в осадок, во втором он частично растворяется в избытке щелочи. Вычислив металл и его степень окисления в гидроксиде, несложно определить, что щелочь была в избытке, поэтому верная причина - амфотерность гидроксида.

Установим формулу **Б**. При термическом разложении трехэлементной соли **А**, образованной металлом **Х**, образовались какой-то газ, кислород (окислитель, входящий в состав воздуха) и бинарное соединение **Б**. Поскольку разложение сопровождалось выделением кислорода, скорее всего **Б** - это оксид. На ту же мысль наталкивает опыт с осаждением щелочью и прокаливанием белого осадка **Д** (осадок - гидроксид, остаток от прокаливания - оксид).

Обозначив формулу оксида **Б** как  $X_2O_n$ , где  $n$  - степень окисления **Х** в оксиде, составим уравнение с двумя неизвестными:  $2M_X / (2M_X + 16n) = 0,744$ , решая которое получаем  $M_X = 23,25n$ .

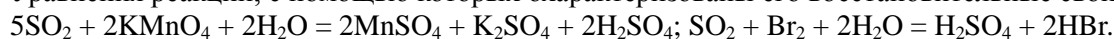
Составим таблицу:

n	1	2	3	4	5	6	7	8
$M_X$	23,25	46,5	69,75	93,00	116,25	139,5	162,75	186,0
X	Na (22,99)	-	Ga (69,72)	~Nb (92,91)	-	La (138,9), Ce (140,1)	Dy (162,5)	Re (186,2)

Единственный р-элемент среди имеющих близкую к необходимой молярную массу - это галлий, являющийся элементом IIIA группы. Д.И. Менделеев назвал этот элемент экаалюминием, поскольку он следует за алюминием в группе IIIA. Следовательно, **Х** - галлий, **Б** -  $Ga_2O_3$ . Поль Эмиль Лекок де Буабодран назвал элемент в честь своей родины Франции, по её латинскому названию - Галлия (Gallia). (Существует недокументированная легенда, что в названии элемента его первооткрыватель неявно увековечил и свою фамилию (Lecoq). Латинское название элемента (Gallium) созвучно gallus - «петух» (лат.). Примечательно, что именно петух lecoq (франц.) является символом Франции).

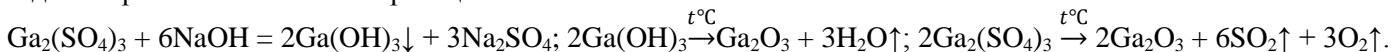
5. Газ **Z**, входящий в состав воздуха, и обладающий описанными свойствами, - кислород. Вычислим молярную массу газа **Y**. По условию  $D = M_{cp} / M_{H_2} = 26,65$ , отсюда средняя молярная масса смеси газов составляет  $M_{cp} = 26,65 \cdot 2 = 53,3$  г/моль. Из закона Авогадро следует, что соотношение числа молей газов в смеси равно соотношению объемов, т.е. в 3 молях смеси содержится 1 моль кислорода и 2 моля газа **Y**. Составим уравнение:  $32 \cdot 1 + M_Y \cdot 2 = 53,3 \cdot 3$ , откуда  $M_Y = (53,3 \cdot 3 - 32) / 2 = 63,95 \approx 64$  г/моль. Поскольку соль **А** состояла из 3 элементов, значит, в ее состав входили металл **Х**, кислород и еще один элемент, попавший в состав газа **Y**. Простых газообразных веществ с молярной массой 64 г/моль нет, следовательно, в состав газа входит еще и кислород, что довольно логично. Простой перебор кислых газов с восстановительными свойствами показывает, что условию задачи полностью удовлетворяет  $SO_2$  - сернистый газ.

Уравнения реакций, с помощью которых охарактеризованы его восстановительные свойства:



6. Итак, при термическом разложении трехэлементной соли **А**, образованной металлом **Х**, образовался  $Ga_2O_3$ , а также сернистый газ и кислород в соотношении 2:1, что наводит на мысль о том, что скорее всего, соль **А** - сульфат галлия  $Ga_2(SO_4)_3$ . Проверим:  $\omega_{Ga} = 2 \cdot 69,7 / (2 \cdot 69,7 + 3 \cdot (32 + 4 \cdot 16)) = 0,326$ , что соответствует условию

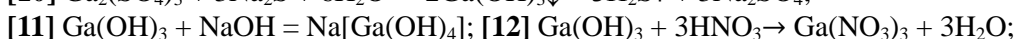
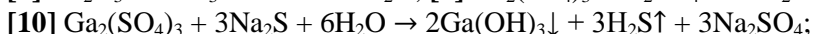
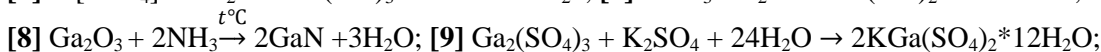
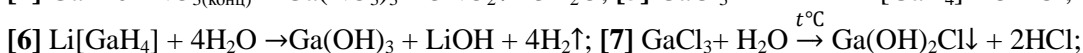
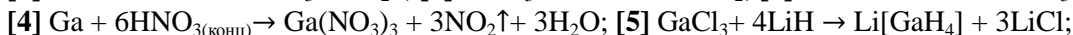
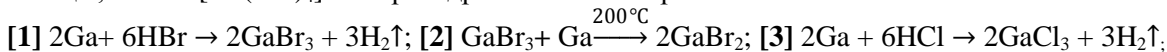
задачи. Уравнения описанных реакций:



7. Заряд ядра атома галлия 31, следовательно, количество протонов и электронов, входящих в состав этого изотопа  $p^+ = e^- = 31$ . Атомная масса указанного изотопа  $31 \cdot 2,29 \approx 71$  а.е.м., нейтронов в нем  $n = 71 - 31 = 40$ . Уравнение ядерной реакции  ${}_{31}^{71}\text{Ga} + {}_0^0\vartheta_e \rightarrow {}_{32}^{71}\text{Ge} + {}_{-1}^0e$ .

Среднее значение атомной массы галлия, приведенное в ПС, составляет 69,72 а.е.м. Поскольку массовое число первого изотопа 71, второй изотоп должен иметь массовое число не больше, чем 69. Так как его содержание составляет более половины от все атомов, то при массовом числе 68 и меньше средняя масса будет меньше, чем среднее между 68 и 71, т.е. меньше 69,5. Остается единственный вариант - массовое число второго изотопа равно 69.

8. **Ж** –  $\text{Ga}(\text{OH})_2\text{Cl}$  – дигидроксохлорид галлия; **И** –  $\text{Li}[\text{GaH}_4]$  – тетрагидридогаллат лития; **П** –  $\text{GaN}$  – нитрид галлия; **Л** –  $\text{KGa}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – додекагидрат сульфата галлия-калия, галлиево-калиевые квасцы; **Н** –  $\text{Na}[\text{Ga}(\text{OH})_4]$  – тетрагидроксогаллат натрия.

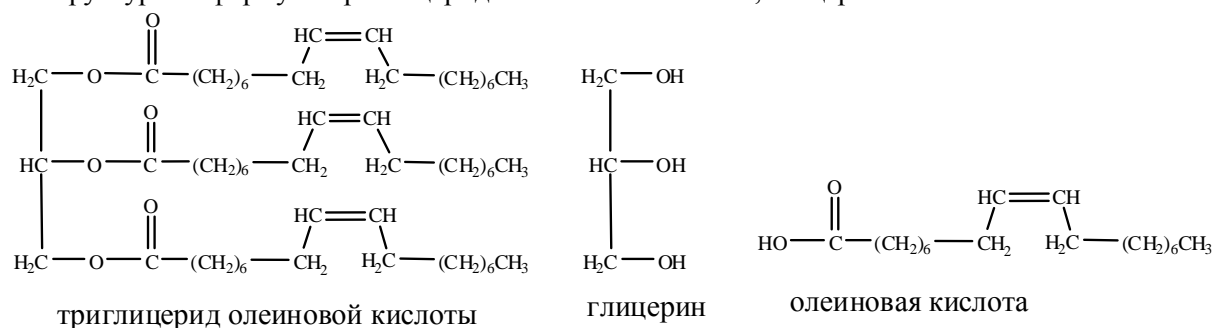


**Система оценивания:**

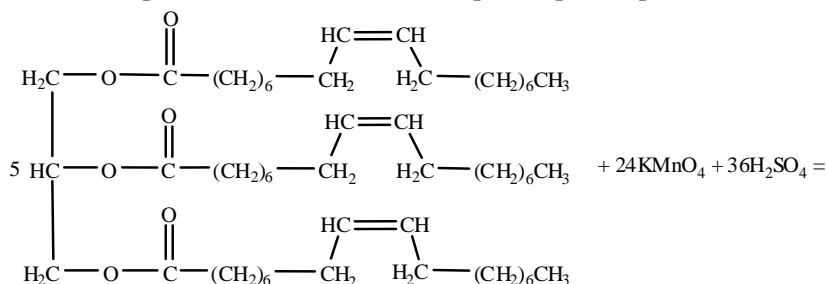
1. Верная расшифровка по 1 б.	1+1 = 2 б.
2. Объем кусочка по 0,5 б. за см <sup>3</sup> , 1 б. за мм <sup>3</sup>	0,5+1 = 1,5 б.
3. Методика определения объема кусочка 2,5 б. (Способ (Архимед) 0,5 б., подробная методика до 2 б.)	2,5 б.
4. Выход В 2 б., амфотерность 2 б.(если две причины, то 1 б.), состав Б 2 б.	2+2+2 = 6 б.
5. Названия газов по 0,5 б., вычисление молярной массы Y или подтверждение расчетом 2 б., уравнения реакций по 1 б.	0,5*2+2+1*2 = 5 б.
6. Формула вещества А 1 б., уравнения реакций по 1 б.	1+1*3 = 4 б.
7. Количество n 0,5 б., уравнение ядерной реакции 1 б., массовое число 1,5 б.	0,5+1+1,5 = 3 б.
8. Названия веществ Ж, И, П, Л, Н по 1 б., уравнения реакций по 1 б.	1*5+1*13 = 18 б.
<b>Всего:</b>	<b>42 балла.</b>

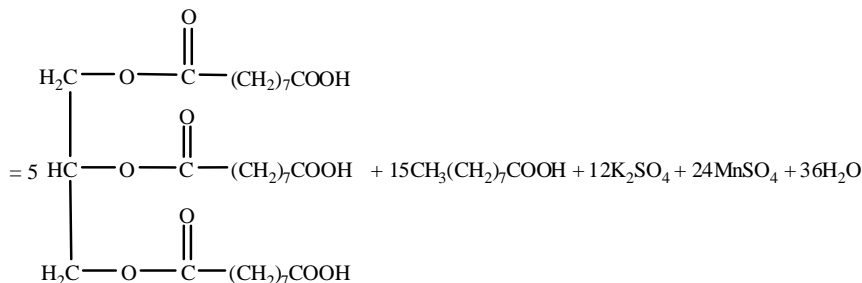
**Задание 3. (авторы В.Н. Конев, В.А. Емельянов)**

1. Структурные формулы триглицерида олеиновой кислоты, глицерина и олеиновой кислоты.



Уравнение реакции окисления жира подкисленным водным раствором перманганата калия:





2. Уравнение реакции сгорания жира:  $\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6 + 80\text{O}_2 = 57\text{CO}_2 + 52\text{H}_2\text{O}$ .

$Q_{\text{сгор}}(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) = 57 \cdot Q_{\text{обр}}^{\circ}(\text{CO}_2) + 52 \cdot Q_{\text{обр}}^{\circ}(\text{H}_2\text{O}) - 80 \cdot Q_{\text{обр}}^{\circ}(\text{O}_2) - Q_{\text{обр}}^{\circ}(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) = 57 \cdot 394 + 52 \cdot 286 - 80 \cdot 0 - 880 = 22458 + 14872 - 0 - 880 = 36450 \text{ кДж/моль}$  или  $36450 \text{ (кДж/моль)} / 4,2 \text{ (кДж/ккал)} = 8679 \text{ ккал/моль}$ . Молярная (молекулярная) масса жира  $57 \cdot 12 + 104 \cdot 1 + 6 \cdot 16 = 684 + 104 + 96 = 884 \text{ г/моль}$  (а.е.м.). Следовательно, если при сгорании 1 моль (884 г) выделяется 8679 ккал тепла, то при сгорании 100 г жира выделится  $(8679/884) \cdot 100 = 982 \text{ ккал}$  тепла.

3. При полном усвоении гамбургера массой 300 г выделяется  $300 \text{ ккал} \cdot 3 = 900 \text{ ккал}$ , порции картошки  $300 \text{ ккал} \cdot 1,5 = 450 \text{ ккал}$ , газировки  $50 \text{ ккал} \cdot 5 = 250 \text{ ккал}$ , а в сумме 1600 ккал. В сутки с 3 наборами организм получает  $3 \cdot 1600 \text{ ккал} = 4800 \text{ ккал}$ . Поскольку суточная потребность на жизнеобеспечение составляет 2000 ккал, то за сутки отложиться в жир может  $4800 - 2000 = 2800 \text{ ккал}$ . Это может привести к образованию  $2800 \text{ ккал} \cdot 100 \text{ г} / 982 \text{ ккал} = 285 \text{ г}$  жира в сутки. Для накопления 10 кг жира потребуется  $10000 \text{ г} / 285 \text{ г/сутки} = 35$  суток. За 35 суток будет съедено  $35 \cdot 3 = 105$  наборов. Расходы на еду составят  $105 \text{ наборов} \cdot 250 \text{ руб/набор} = 26250 \text{ руб}$ . Таким образом, приблизительная стоимость каждого лишнего набранного килограмма составляет  $26250 / 10 = 2625$  или около 2600 руб. Можно провести более точную оценку суммы, которая пойдет только на набранные килограммы, для чего нужно будет взять долю без учета средств, потраченных на жизнеобеспечение. Тогда стоимость каждого лишнего килограмма составит  $(2800/4800) \cdot 2625 = 1531$  или около 1500 руб.

4. Для начала необходимо рассчитать, сколько энергии содержится в 10 кг жира:  $10 \cdot 10 \cdot 982 \text{ ккал} = 98200 \text{ ккал}$ . Следовательно, потребуется  $98200 \text{ ккал} / 500 \text{ ккал/час} = 196,4 \text{ час}$  или по три часа в неделю  $196,4 / 3 = 65,1$  недель или  $65,1 / 52 = 1,25$  года, т.е. около 15 месяцев. При стоимости одного часа занятия 200 руб всего будет затрачено  $200 \cdot 196,4 = 39280$  или около 40000 руб, т.е. примерно 4000 руб на каждый кг жира.

5. В 10 кг жира запасено 98200 ккал энергии. При суточной потребности в 2000 ккал для полного сжигания 10 кг жира без потребления пищи похудение растянется на  $98200 \text{ ккал} / 2000 \text{ ккал/день} = 49$  дней.

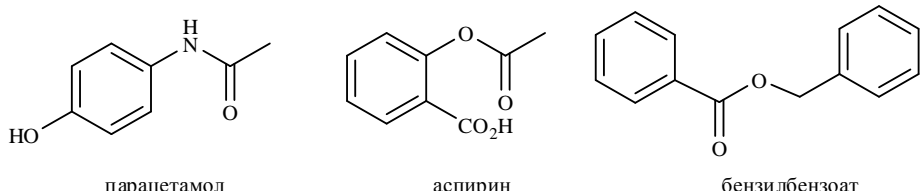

6. В 15 кг жира содержится  $10 \cdot 15 \cdot 982 \text{ ккал} = 147000 \text{ ккал}$ , следовательно, 1,5 млн. человек способны потратить  $1500000 \cdot 147000 \text{ ккал} = 2,2 \cdot 10^{11} \text{ ккал}$  или  $9,3 \cdot 10^{11} \text{ кДж}$ . В день необходимо  $15 \cdot 10^9 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / 365 \text{ дней} = 4,1 \cdot 10^7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  или  $1,48 \cdot 10^{11} \text{ кДж}$ . Таким образом, этой энергии хватит на  $9,3 \cdot 10^{11} \text{ кДж} / 1,48 \cdot 10^{11} \text{ кДж} = 6,3$  дня.

#### Система оценивания:

1. Структурные формулы по 2 б., уравнение реакции 2 б.	2*3+2 = 8 б.
2. Уравнение реакции 2 б., теплота сгорания кДж/моль 2 б., калорийность 100 г жира 2 б.	2+2+2 = 6 б.
3. Число дней 2 б., стоимость лишнего кг 2 б.	2+2 = 4 б.
4. Расчет времени в нед., мес. или годах 2 б. (в часах 1 б.), стоимости 1 б.	2+1 = 3 б.
5. Количество дней без еды 2 б.	2 б.
6. Количество дней 3 б.	3 б.
<b>Всего:</b>	<b>26 баллов.</b>

#### Задание 4. (автор В.Н. Конев).

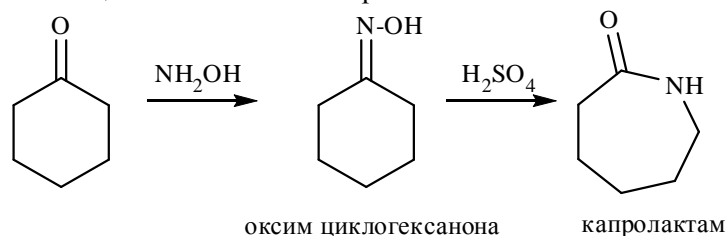
1. Ответы на кроссворд: 1. Пропен. 2. Этиленгликоль. 3. Стирол. 4. Глицерин. 5. Этанол. 6. Капролактан. 7. Винилхлорид. 8. Иодоформ. 9. Парацетамол. 10. Аспирин. 11. Бензилбензоат. 12. Изопрен.

2. Структурные формулы 9-11.	 <p>парацетамол                      аспирин                      бензилбензоат</p>
3. а)	

б)	
в)	
г)	$C_2H_5OH + CuO = Cu + CH_3CHO + H_2O$
д)	
е)	
ж)	

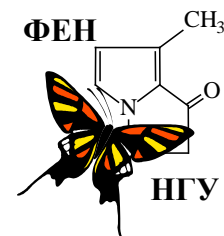
4.  $CH_2=CH_2 + Br_2 = BrCH_2-CH_2Br$ ;  $BrCH_2-CH_2Br + 2NaOH = 2NaBr + HOCH_2-CH_2OH$  (нагревание)

5. Структурные формулы оксима циклогексанона и капролактама



**Система оценивания:**

1. Названия 1-12 по 0,5 б.	0,5*12 = 6 б.
2. Структурные формулы 9-11 по 1 б.	1*3 = 3 б.
3. Уравнения реакций а)-ж) по 2 б.	2*7 = 14 б.
4. Уравнения реакций синтеза этиленгликоля по 2 б.	2*2 = 4 б.
5. Структурные формулы оксима и капролактама по 1 б.	1*2 = 2 б.
<b>Всего:</b>	<b>29 баллов.</b>

**Задание 1.** (авторы В.А. Емельянов, Д.Е. Насохов).

1. Для наркоза используют диэтиловый эфир (этиловый эфир, серный эфир, этоксиэтан). Его структурная формула  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$ .

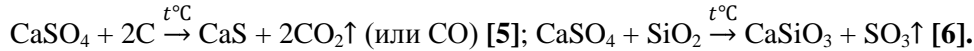
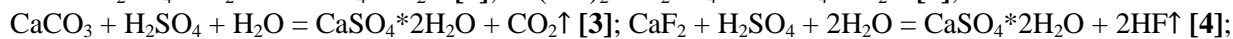
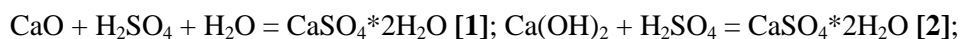
2. Лубок (луб) - это пласт или лоскут свежего слоя древесной коры. Медицинский лубок накладывают на поврежденную конечность, захватывая заметную часть выше и ниже повреждения, после чего обматывают ее бинтом. Таким образом обеспечивается неподвижность поврежденной части конечности.

3. Из условия следует, что вещество **В** - безводная соль кальция и сильной двухосновной кислоты. Молярная масса этой соли  $40/0,294 = 136$ , откуда на кислотный остаток приходится  $136-40 = 96$  а.е.м., что совпадает с массой сульфат-аниона. Следовательно, **В** - безводный сульфат кальция  $\text{CaSO}_4$ . Количество кристаллизационной воды в двух оставшихся веществах легко находится решением уравнений  $40/(136+x*18) = 0,276$  и  $40/(136+y*18) = 0,233$ , откуда  $x=0,5$ ,  $y=2$ . В итоге получаем:

**А** -  $\text{CaSO}_4*0,5\text{H}_2\text{O}$  - алебастр (жженный гипс), **Б** -  $\text{CaSO}_4*2\text{H}_2\text{O}$  - гипс, **В** -  $\text{CaSO}_4$  - ангидрит.

4. Для ответа на этот вопрос вовсе не обязательно было выполнять предыдущий пункт. Количество кальция в 150 млн т вещества **А** такое же, как и в соответствующей массе минерала **Б**, а массовая доля кальция в  $27,6/23,3 = 1,185$  раза меньше. Следовательно, для получения 150 млн т вещества **А** потребуется  $150*1,185 = 177,75$  млн т минерала **Б**.

5.  $\text{CaO}$  - негашеная известь;  $\text{Ca(OH)}_2$  - гашеная известь;  $\text{CaCO}_3$  - известняк,  $\text{CaF}_2$  - плавиковый шпат (флюорит). Уравнения реакций:

**Система оценивания:**

1. Структурная формула 1 б., название 1 б.	1+1 = 2 б.
2. Лубок 1 б., использование 1 б.	1+1 = 2 б.
3. Составы веществ А-В по 1 б., собственные названия по 1 б.	1*3+1*3 = 6 б.
4. Масса минерала 2 б.	2 б.
6. Собственные названия 4 веществ по 0,5 б., уравнения реакций по 1 б.	0,5*4+1*6 = 8 б.
<b>Всего:</b>	<b>20 баллов.</b>

**Задание 2.** (авторы В.А. Емельянов, Д.Г. Гулевич).

1. «IYPT» - International year of periodic table, Международный год периодической таблицы.

2.  $V = m/\rho = 0,1/6 = 0,017 \text{ см}^3 = 0,017 \text{ мл} = 17 \text{ мм}^3$ .

3. Для измерения плотности твердого тела небольшого объема используют несколько приемов, которые в той или иной форме опираются на закон Архимеда. Связано это с тем, что малую массу в лаборатории можно измерить гораздо точнее, чем малый объем. Тело взвешивают в воздухе, затем помещают в жидкость и снова взвешивают. Здесь возможны варианты:

а) Использование пикнометра. Пикнометр - стеклянный сосуд специальной формы и определенной вместимости (по сути, очень маленькая мерная колба). Пикнометр был изобретен Дмитрием Ивановичем Менделеевым (!!!) в 1859 году. Плотность твердых тел определяют, погружая их в пикнометр с жидкостью, после чего заполняют сосуд жидкостью до метки на горловине и взвешивают. Из пикнометра извлекают твердое тело, заполняют сосуд чистой жидкостью до метки на горловине и снова взвешивают. От суммы масс самого твердого тела и пикнометра с жидкостью вычитают массу пикнометра, в котором содержались и твердое тело, и жидкость. Полученная разность - это масса вытесненной телом жидкости. Делят ее на плотность жидкости и получают объем вытесненной жидкости, который равен объему погруженного в жидкость тела.

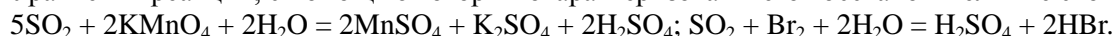
б) Учет выталкивающей силы. Согласно закону Архимеда, на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вверх. Величина этой силы равна весу жидкости, вытесняемой телом. Твердое тело подвешивают над стаканом с жидкостью и опускают в него. Сам стакан с жидкостью может

располагаться как на весах, так и под ними, либо на отдельной платформе. По разности массы тела в воздухе и в жидкости вычисляют массу вытесненной телом жидкости и дальше как в пункте а).

4. Выход соединения **Б** можно вычислить, даже если Вам так и не удалось установить металл. В самом деле, в 150 г 10% раствора соединения **А** содержалось  $0,1 \cdot 150 = 15$  г **А**, в составе которого присутствовало  $0,326 \cdot 15 = 4,89$  г металла **Х**. В составе 3,2 г **Б** оказалось  $0,744 \cdot 3,2 = 2,38$  г **Х**. Таким образом, выход **Б** составил  $100 \cdot 2,38 / 4,89 = 48,7$  % от теоретически возможного. Причинами невысокого выхода может быть как недостаток щелочи в реакции осаждения гидроксида **Х**, так и ее избыток при условии его амфотерности. В первом случае гидроксид **Х** не полностью выпадает в осадок, во втором он частично растворяется в избытке щелочи. Вычислив металл и его степень окисления в гидроксиде, несложно определить, что щелочь была в избытке, поэтому верная причина - амфотерность гидроксида.

5. Газ **Z**, входящий в состав воздуха, и обладающий описанными свойствами, – кислород. Вычислим молярную массу газа **Y**. По условию  $D = M_{\text{ср}} / M_{\text{H}_2} = 26,65$ , отсюда средняя молярная масса смеси газов составляет  $M_{\text{ср}} = 26,65 \cdot 2 = 53,3$  г/моль. Из закона Авогадро следует, что соотношение числа молей газов в смеси равно соотношению объемов, т.е. в 3 молях смеси содержится 1 моль кислорода и 2 моля газа **Y**. Составим уравнение:  $32 \cdot 1 + M_Y \cdot 2 = 53,3 \cdot 3$ , откуда  $M_Y = (53,3 \cdot 3 - 32) / 2 = 63,95 \approx 64$  г/моль. Поскольку соль **А** состояла из 3 элементов, значит, в ее состав входили металл **Х**, кислород и еще один элемент, попавший в состав газа **Y**. Простых газообразных веществ с молярной массой 64 г/моль нет, следовательно, в состав газа входит еще и кислород, что довольно логично. Простой перебор кислых газов с восстановительными свойствами показывает, что условию задачи полностью удовлетворяет  $\text{SO}_2$  – сернистый газ.

Уравнения реакций, с помощью которых охарактеризованы его восстановительные свойства:



6. В задаче речь идет о галлии (металл **Х**) – одном из наиболее легкоплавких металлов ( $T_{\text{пл}} = 29,8^\circ\text{C}$ ), который плавится в руках, как показано на рисунке в условии задачи. Д.И. Менделеев назвал этот элемент экаалюминием, поскольку он следует за алюминием в группе IIIA. Поль Эмиль Лекок де Буабодран назвал элемент в честь своей родины Франции, по её латинскому названию — Галлия (Gallia). (Существует недокументированная легенда, что в названии элемента его первооткрыватель неявно увековечил и свою фамилию (Lecoq). Латинское название элемента (Gallium) созвучно gallus - «петух» (лат.). Примечательно, что именно петух lecoq (франц.) является символом Франции).

Если не получилось догадаться про галлий из описания, можно попробовать его вычислить. При термическом разложении трехэлементной соли **А**, образованной металлом **Х**, образовались сернистый газ, кислород и бинарное соединение **Б**. Тогда в состав **Б**, кроме **Х**, могут входить только кислород, либо сера. Поскольку разложение сопровождалось выделением кислорода, наличие серы в составе **Б** маловероятно, скорее всего **Б** - это оксид. На ту же мысль наталкивает опыт с осаждением щелочью и прокаливанием белого осадка **Д** (осадок - гидроксид, остаток от прокаливания - оксид).

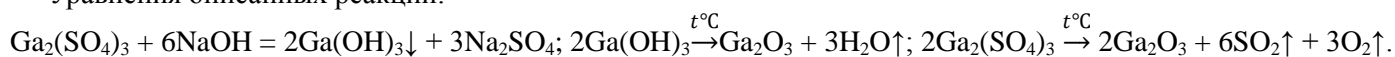
Обозначив формулу оксида **Б** как  $\text{X}_2\text{O}_n$ , где  $n$  – степень окисления **Х** в оксиде, составим уравнение с двумя неизвестными:  $2M_X / (2M_X + 16n) = 0,744$ , решая которое получаем  $M_X = 23,25n$ .

Составим таблицу:

n	1	2	3	4	5	6	7	8
$M_X$	23,25	46,5	69,75	93,00	116,25	139,5	162,75	186,0
X	Na (22,99)	-	Ga (69,72)	~Nb (92,91)	-	La (138,9), Ce (140,1)	Dy (162,5)	Re (186,2)

Единственный р-элемент среди имеющих близкую к необходимой молярную массу – это галлий, являющийся элементом IIIA группы. Следовательно, **Х** - галлий, **Б** –  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ . Поскольку при разложении соли **А** образовался  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ , а также  $\text{SO}_2$  и  $\text{O}_2$  в соотношении 2:1, скорее всего, соль **А** – сульфат галлия  $\text{Ga}_2(\text{SO}_4)_3$ . Проверим:  $\omega_{\text{Ga}} = 2 \cdot 69,7 / (2 \cdot 69,7 + 3 \cdot (32 + 4 \cdot 16)) = 0,326$ , что соответствует условию задачи.

Уравнения описанных реакций:

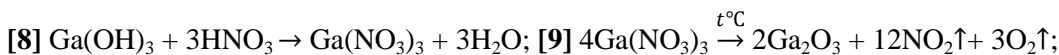
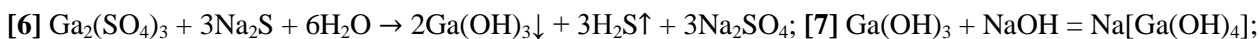
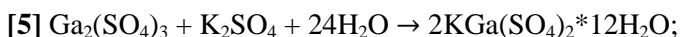
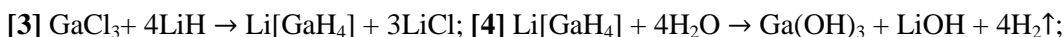
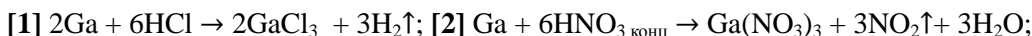


7. Заряд ядра атома галлия 31, следовательно, количество протонов и электронов, входящих в состав этого изотопа  $p^+ = e^- = 31$ . Атомная масса указанного изотопа  $31 \cdot 2,29 \approx 71$  а.е.м., нейтронов в нем  $n = 71 - 31 = 40$ .

Среднее значение атомной массы галлия, приведенное в ПС, составляет 69,72 а.е.м. Поскольку массовое число первого изотопа 71, второй изотоп должен иметь массовое число не больше, чем 69. Так как его содержание составляет более половины от все атомов, то при массовом числе 68 и меньше средняя масса будет меньше, чем среднее между 68 и 71, т.е. меньше 69,5. Остается единственный вариант - массовое число второго изотопа равно 69.

8. **И** –  $\text{Li}[\text{GaH}_4]$  – тетрагидридогаллат лития;

Л –  $\text{KGa}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – додекагидрат сульфата галлия-калия, галлиевокалиевые квасцы;

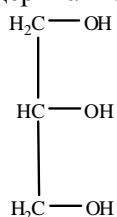


**Система оценивания:**

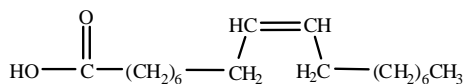
1. Верная расшифровка по 1 б.	1+1 = 2 б.
2. Объем кусочка по 0,5 б. за каждые единицы	0,5*3 = 1,5 б.
3. Методика определения объема кусочка 2,5 б. (Способ (Архимед) 0,5 б., подробная методика до 2 б.)	2,5 б.
4. Выход В 2 б., амфотерность 2 б. (если две причины, то 1 б.)	2+2 = 4 б.
5. Названия газов по 0,5 б., вычисление молярной массы Y или подтверждение расчетом 2 б., уравнения реакций по 1 б.	0,5*2+2+1*2 = 5 б.
6. Формула вещества А 3 б., уравнения реакций по 1 б.	3+1*3 = 6 б.
7. Количество n 0,5 б., массовое число 1,5 б.	0,5+1,5 = 2 б.
8. Названия веществ И, Л по 1 б., уравнения реакций по 1 б.	1*2+1*9 = 11 б.
<b>Всего:</b>	<b>34 балла.</b>

**Задание 3. (авторы В.Н. Конев, В.А. Емельянов)**

1. Структурные формулы глицерина и олеиновой кислоты.



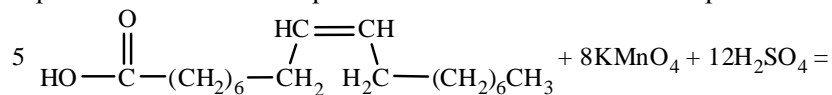
глицерин



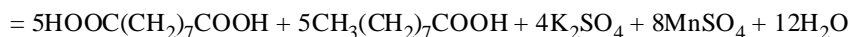
олеиновая кислота

2. Уравнение реакции сгорания жира:  $\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6 + 80\text{O}_2 = 57\text{CO}_2 + 52\text{H}_2\text{O}$ .

$Q_{\text{сгор}}(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) = 57 \cdot Q_{\text{обр}}^\circ(\text{CO}_2) + 52 \cdot Q_{\text{обр}}^\circ(\text{H}_2\text{O}) - 80 \cdot Q_{\text{обр}}^\circ(\text{O}_2) - Q_{\text{обр}}^\circ(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) = 57 \cdot 394 + 52 \cdot 286 - 80 \cdot 0 - 880 = 22458 + 14872 - 0 - 880 = 36450$  кДж/моль или  $36450$  (кДж/моль)/ $4,2$ (кДж/ккал) =  $8679$  ккал/моль. Молярная (молекулярная) масса жира  $57 \cdot 12 + 104 \cdot 1 + 6 \cdot 16 = 684 + 104 + 96 = 884$  г/моль (а.е.м.). Следовательно, если при сгорании 1 моль (884 г) выделяется 8679 ккал тепла, то при сгорании 100 г жира выделится  $(8679/884) \cdot 100 = 982$  ккал тепла. Уравнение реакции окисления олеиновой кислоты подкисленным водным раствором перманганата калия с образованием азелаиновой и пеларгоновой кислот:



олеиновая кислота



азелаиновая кислота    пеларгоновая кислота

3. При полном усвоении гамбургера массой 300 г выделяется  $300 \text{ ккал} \cdot 3 = 900$  ккал, порции картошки  $300 \text{ ккал} \cdot 1,5 = 450$  ккал, газировки  $50 \text{ ккал} \cdot 5 = 250$  ккал, а в сумме 1600 ккал. В сутки с 3 наборами организм получает  $3 \cdot 1600 \text{ ккал} = 4800$  ккал. Поскольку суточная потребность на жизнеобеспечение составляет 2000 ккал, то за сутки отложиться в жир может  $4800 - 2000 = 2800$  ккал. Это может привести к образованию  $2800 \text{ ккал} \cdot 100 \text{ г} / 982 \text{ ккал} = 285$  г жира в сутки. Для накопления 10 кг жира потребуется  $10000 \text{ г} / 285 \text{ г/сутки} = 35$  суток. За 35 суток будет съедено  $35 \cdot 3 = 105$  наборов. Расходы на еду составят  $105 \text{ наборов} \cdot 250 \text{ руб/набор} = 26250$  руб. Таким образом, приблизительная стоимость каждого лишнего набранного килограмма составляет  $26250 / 10 = 2625$  или около 2600 руб. Можно провести более точную оценку суммы, которая пойдет только на набранные килограммы, для чего нужно будет взять долю без учета средств, потраченных на жизнеобеспечение. Тогда стоимость каждого лишнего килограмма составит  $(2800/4800) \cdot 2625 = 1531$  или



около 1500 руб.

4. Для начала необходимо рассчитать, сколько энергии содержится в 10 кг жира:  $10 \cdot 10 \cdot 982$  ккал = 98200 ккал. Следовательно, потребуется  $98200 \text{ ккал} / 500 \text{ ккал/час} = 196,4$  час или по три часа в неделю  $196,4 / 3 = 65,1$  недель или  $65,1 / 52 = 1,25$  года, т.е. около 15 месяцев. При стоимости одного часа занятия 200 руб всего будет затрачено  $200 \cdot 196,4 = 39280$  или около 40000 руб, т.е. примерно 4000 руб на каждый кг жира.

5. В 10 кг жира запасено 98200 ккал энергии. При суточной потребности в 2000 ккал для полного сжигания 10 кг жира без потребления пищи похудение растянется на  $98200 \text{ ккал} / 2000 \text{ ккал/день} = 49$  дней.

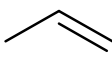
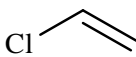
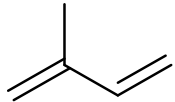

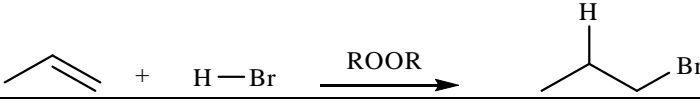
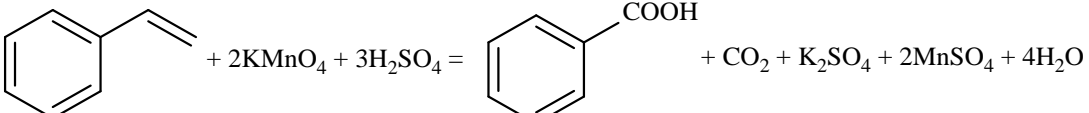

6. В 15 кг жира содержится  $10 \cdot 15 \cdot 982$  ккал = 147000 ккал, следовательно, 1,5 млн. человек способны потратить  $1500000 \cdot 147000 \text{ ккал} = 2,2 \cdot 10^{11} \text{ ккал}$  или  $9,3 \cdot 10^{11} \text{ кДж}$ . В день необходимо  $15 \cdot 10^9 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / 365 \text{ дней} = 4,1 \cdot 10^7 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  или  $1,48 \cdot 10^{11} \text{ кДж}$ . Таким образом, этой энергии хватит на  $9,3 \cdot 10^{11} \text{ кДж} / 1,48 \cdot 10^{11} \text{ кДж} = 6,3$  дня.

**Система оценивания:**

1. Структурные формулы глицерина и олеиновой кислоты по 2 б.	2+2 = 4 б.
2. Уравнения реакций по 2 б., теплота сгорания кДж/моль 2 б., калорийность 100 г жира 2 б.	2*2+2+2 = 8 б.
3. Число дней 2 б., стоимость лишнего кг 2 б.	2+2 = 4 б.
4. Расчет времени в нед., мес. или годах 2 б. (в часах 1 б.), стоимости 1 б.	2+1 = 3 б.
5. Количество дней без еды 2 б.	2 б.
6. Количество дней 3 б.	3 б.
<b>Всего:</b>	<b>24 балла.</b>

**Задание 4. (автор В.Н. Конев).**

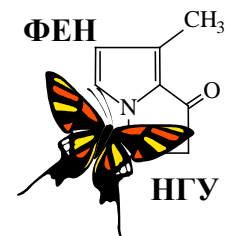
1. Ответы на кроссворд: 1. Пропен. 2. Этиленгликоль. 3. Стирол. 4. Глицерин. 5. Этанол. 6. Капролактан. 7. Винилхлорид. 8. Иодоформ. 9. Парацетамол. 10. Аспирин. 11. Бензилбензоат. 12. Изопрен.

2. Структурные формулы 1, 5, 7, 12.		$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$		
	пропен	этанол	винилхлорид	изопрен
3. а)				
б)				
в)				
г)				

4.  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 = \text{BrCH}_2\text{-CH}_2\text{Br}$ ;  $\text{BrCH}_2\text{-CH}_2\text{Br} + 2\text{NaOH} = 2\text{NaBr} + \text{HOCH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$  (нагревание)

**Система оценивания:**

1. Названия 1-12 по 0,5 б.	$0,5 \cdot 12 = 6 \text{ б.}$
2. Структурные формулы 1, 5, 7, 12 по 1 б.	$1 \cdot 4 = 4 \text{ б.}$
3. Уравнения реакций а)-г) по 2 б.	$2 \cdot 4 = 8 \text{ б.}$
4. Уравнения реакций синтеза этиленгликоля по 2 б.	$2 \cdot 2 = 4 \text{ б.}$
<b>Всего:</b>	<b>22 балла.</b>

**Задание 1.** (авторы В.А. Емельянов, Д.Е. Насохов).

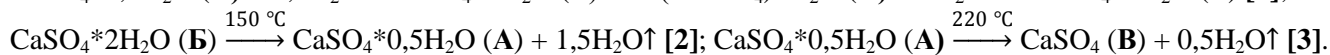
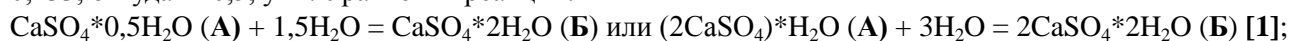
1. Лубок (луб) - это пласт или лоскут свежего слоя древесной коры. Медицинский лубок накладывают на поврежденную конечность, захватывая заметную часть выше и ниже повреждения, после чего обматывают ее бинтом. Таким образом обеспечивается неподвижность поврежденной части конечности.

2. Наиболее богаты крахмалом зерна злаковых растений, например, риса (до 86 %), пшеницы (до 75 %), кукурузы (до 72 %), а также клубни картофеля (до 24 %). Зерна к овощам традиционно не относятся, поэтому верный ответ - картофель. Справедливости ради следует заметить, что кукуруза в единственном числе представляет собой категорию злаковых (зерновых) овощей, поэтому ответ "кукуруза" тоже должен быть засчитан.

При массовой доле крахмала 17 % из 3 тонн (3000 кг) картофеля его можно получить до  $0,17 \cdot 3000 = 510$  кг.

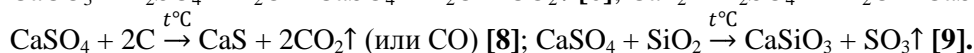
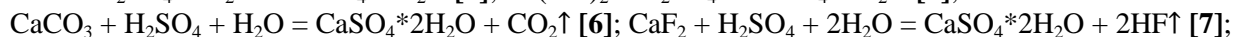
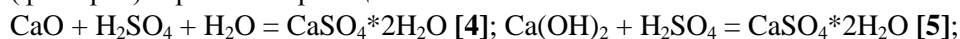
3. Прочные фиксирующие повязки, до сих пор использующиеся для фиксации травмированных конечностей, называются гипсовыми.

4. Из условия следует, что вещество **В** - безводная соль кальция и двухосновной кислоты. Молярная масса этой соли  $40/0,294 = 136$ , откуда на кислотный остаток приходится  $136-40 = 96$  а.е.м., что совпадает с массой сульфат-аниона. Следовательно, **В** - безводный сульфат кальция  $\text{CaSO}_4$ . Количество кристаллизационной воды в двух оставшихся веществах легко находится решением уравнений  $40/(136+x \cdot 18) = 0,276$  и  $40/(136+y \cdot 18) = 0,233$ , откуда  $x=0,5$ ,  $y=2$ . Уравнения реакций:



5. Для ответа на этот вопрос вовсе не обязательно было выполнять предыдущий пункт. Количество кальция в 150 млн т вещества **А** такое же, как и в соответствующей массе минерала **Б**, а массовая доля кальция в  $27,6/23,3 = 1,185$  раза меньше. Следовательно, для получения 150 млн т вещества **А** потребуется  $150 \cdot 1,185 = 177,75$  млн т минерала **Б**.

6.  $\text{CaO}$  - негашеная известь;  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  - гашеная известь;  $\text{CaCO}_3$  - известняк,  $\text{CaF}_2$  - плавиковый шпат (флюорит). Уравнения реакций:



Из  $100/100 = 1$  моля  $\text{CaCO}_3$  получится 1 моль или  $1 \cdot (40+32+4 \cdot 16+2 \cdot 18) = 172$  г  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (**Б**).

**Система оценивания:**

1. Лубок 1 б., использование 1 б.	1+1 = 2 б.
2. Овощ 1 б., масса крахмала 2 б.	1+2 = 3 б.
3. Гипсовая повязка 2 б.	2 б.
4. Составы веществ А-В по 1 б., уравнения реакций по 1 б.	1*3+1*3 = 6 б.
5. Масса минерала 3 б.	3 б.
6. Названия 4 веществ по 1 б., уравнения реакций по 1 б., масса Б 2 б.	1*4+1*6+2 = 12 б.
<b>Всего:</b>	<b>28 баллов.</b>

**Задание 2.** (авторы В.А. Емельянов, Д.Г. Гулевич).

1. «IYPT» - International year of periodic table, Международный год периодической таблицы.

2. При содержании нового элемента в руде меньше 0,2 % по массе для получения 0,1 г металла **X** необходимо было переработать не меньше, чем  $0,1 \cdot 100/0,2 = 50$  г цинковой обманки

3.  $V = m/\rho = 0,1/6 = 0,017 \text{ см}^3 = 0,017 \text{ мл} = 17 \text{ мм}^3$ .

4. Для измерения плотности твердого тела небольшого объема используют несколько приемов, которые в той или иной форме опираются на закон Архимеда. Связано это с тем, что малую массу в лаборатории можно измерить гораздо точнее, чем малый объем. Тело взвешивают в воздухе, затем помещают в жидкость и снова взвешивают. Здесь возможны варианты:

а) Использование пикнометра. Пикнометр - стеклянный сосуд специальной формы и определенной

вместимости (по сути, очень маленькая мерная колба). Пикнометр был изобретён Дмитрием Ивановичем Менделеевым (!!!) в 1859 году. Плотность твёрдых тел определяют, погружая их в пикнометр с жидкостью, после чего заполняют сосуд жидкостью до метки на горловине и взвешивают. Из пикнометра извлекают твердое тело, заполняют сосуд чистой жидкостью до метки на горловине и снова взвешивают. От суммы масс самого твердого тела и пикнометра с жидкостью вычитают массу пикнометра, в котором содержались и твердое тело, и жидкость. Полученная разность - это масса вытесненной телом жидкости. Делят ее на плотность жидкости и получают объем вытесненной жидкости, который равен объему погруженного в жидкость тела.

б) Учет выталкивающей силы. Согласно закону Архимеда, на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вверх. Величина этой силы равна весу жидкости, вытесняемой телом. Твердое тело подвешивают над стаканом с жидкостью и опускают в него. Сам стакан с жидкостью может располагаться как на весах, так и под ними, либо на отдельной платформе. По разности массы тела в воздухе и в жидкости вычисляют массу вытесненной телом жидкости и дальше как в пункте а).

5. В 150 г 10 % раствора содержится  $0,1 \cdot 150 = 15$  г вещества А. Общая масса металла X в этом растворе составляет  $0,396 \cdot 15 = 5,94$  г. Если бы весь металл X перешел в вещество В, его бы получилось  $5,94/0,744 = 7,98$  г. Выход соединения В в % от теоретически возможного составил  $3,2 \cdot 100/7,98 = 40,1$  %. Причинами невысокого выхода может быть как недостаток щелочи в реакции [2], так и ее избыток при условии амфотерности гидроксида X. В первом случае гидроксид X не полностью выпадает в осадок, во втором он частично растворяется в избытке щелочи.

6-7. В задаче речь идет о галлии (металл X) – одном из наиболее легкоплавких металлов ( $T_{пл} = 29,8^\circ\text{C}$ ), который плавится в руках, как показано на рисунке в условии задачи. Д.И. Менделеев назвал этот элемент экаалюминием, поскольку он следует за алюминием в группе IIIA. Поль Эмиль Лекок де Буабодран назвал элемент в честь своей родины Франции, по её латинскому названию — Галлия (Gallia). (Существует недокументированная легенда, что в названии элемента его первооткрыватель неявно увековечил и свою фамилию (Lecoq). Латинское название элемента (Gallium) созвучно gallus - «петух» (лат.). Примечательно, что именно петух lecoq (франц.) является символом Франции).

Если не получилось догадаться про галлий из описания, можно попробовать его вычислить. Обозначив формулу оксида В как  $X_2O_n$ , где n – степень окисления X в оксиде, составим уравнение с двумя неизвестными:  $2M_X/(2M_X + 16n) = 0,744$ , решая которое получаем  $M_X = 23,25n$ .

Составим таблицу:

n	1	2	3	4	5	6	7	8
$M_X$	23,25	46,5	69,75	93,00	116,25	139,5	162,75	186,0
X	Na (22,99)	-	Ga (69,72)	~Nb (92,91)	-	La (138,9), Ce (140,1)	Dy (162,5)	Re (186,2)

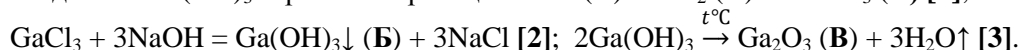
Единственный p-элемент среди имеющих близкую к необходимой молярную массу – это галлий, являющийся элементом IIIA группы. Следовательно, X - галлий, В –  $Ga_2O_3$ .

Еще один путь - через вещество А. Простое газообразное вещество Y зеленого цвета может быть только хлором (от греч. хлорэс - зеленый). Обозначив формулу хлорида А как  $XCl_m$ , где m – степень окисления X в хлориде, составим уравнение с двумя неизвестными:  $M_X/(M_X + 35,5m) = 0,396$ , решая которое получаем  $M_X = 23,27m$ .

Составим таблицу:

m	1	2	3	4	5	6	7	8
$M_X$	23,27	46,54	69,81	93,08	116,35	139,62	162,89	186,16
X	Na (22,99)	-	Ga (69,72)	~Nb (92,91)	-	La (138,9), Ce (140,1)	Dy (162,5)	Re (186,2)

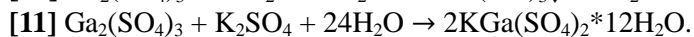
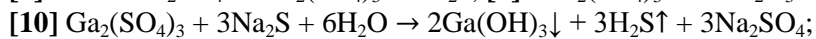
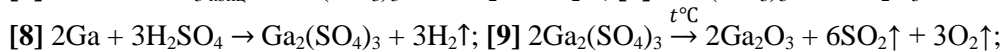
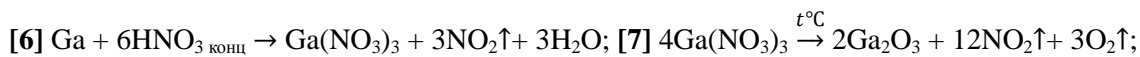
Здесь тоже получается, что X - галлий, тогда А -  $GaCl_3$ , при взаимодействии со щелочью образующий осадок В -  $Ga(OH)_3$ . Уравнения реакций:  $2Ga(X) + 3Cl_2(Y) = 2GaCl_3(A)$  [1];



8. Заряд ядра атома галлия 31, следовательно, количество протонов и электронов, входящих в состав этого изотопа  $p^+ = e^- = 31$ . Атомная масса указанного изотопа  $31 \cdot 2,29 \approx 71$  а.е.м., нейтронов в нем  $n = 71 - 31 = 40$ .

Среднее значение атомной массы галлия, приведенное в ПС, составляет 69,72 а.е.м. Поскольку массовое число первого изотопа 71, второй изотоп должен иметь массовое число не больше, чем 69. Так как его содержание составляет более половины от все атомов, то при массовом числе 68 и меньше средняя масса будет меньше, чем среднее между 68 и 71, т.е. меньше 69,5. Остается единственный вариант - массовое число второго изотопа равно 69.





А –  $\text{GaCl}_3$  – хлорид галлия; Г –  $\text{Ga}(\text{NO}_3)_3$  – нитрат галлия; Д –  $\text{Ga}_2(\text{SO}_4)_3$  – сульфат галлия;

Е –  $\text{KGa}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – додекагидрат сульфата галлия-калия, галлиевокалиевые квасцы;

**Система оценивания:**

1. Верная расшифровка по 1 б.	1+1 = 2 б.
2. Масса обманки 2 б.	2 = 2 б.
3. Объем кусочка по 1 б. за каждые единицы	1+1+1 = 3 б.
4. Методика определения объема кусочка 3 б. (Способ (Архимед) 1 б., подробная методика до 2 б.)	3 б.
5. Масса А, масса Х по 1 б., масса В, выход В по 2 б., две причины по 1 б.	1*2+2*2+1*2 = 8 б.
6. Определение галлия и хлора по 2 б., в честь Франции, зеленый по 1 б.	2*2+1*2 = 6 б.
7. Формулы веществ А-В по 1 б., уравнения реакций по 1 б.	1*3+1*3 = 6 б.
8. Количество $p^+$ , $n$ и $e^-$ по 0,5 б., массовое число 1,5 б.	0,5*3+1,5 = 3 б.
9. Названия веществ А, Г, Д, Е по 1 б., уравнения реакций по 1 б.	1*4+1*8 = 12 б.
<b>Всего:</b>	<b>45 баллов.</b>

**Задание 3. (авторы В.Н. Конев, В.А. Емельянов)**

1. Уравнение реакции сгорания жира:  $\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6 + 80\text{O}_2 = 57\text{CO}_2 + 52\text{H}_2\text{O}$ .

$Q_{\text{сгор}}(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) = 57 \cdot Q^\circ_{\text{обр}}(\text{CO}_2) + 52 \cdot Q^\circ_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - 80 \cdot Q^\circ_{\text{обр}}(\text{O}_2) - Q^\circ_{\text{обр}}(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) = 57 \cdot 394 + 52 \cdot 286 - 80 \cdot 0 - 880 = 22458 + 14872 - 0 - 880 = 36450$  кДж/моль или  $36450$  (кДж/моль)/ $4,2$ (кДж/ккал) =  $8679$  ккал/моль. Молярная (молекулярная) масса жира  $57 \cdot 12 + 104 \cdot 1 + 6 \cdot 16 = 684 + 104 + 96 = 884$  г/моль (а.е.м.). Следовательно, если при сгорании 1 моль (884 г) выделяется 8679 ккал тепла, то при сгорании 100 г жира выделится  $(8679/884) \cdot 100 = 982$  ккал тепла.

2. При полном усвоении гамбургера массой 300 г выделяется  $300 \text{ ккал} \cdot 3 = 900$  ккал, порции картошки  $300 \text{ ккал} \cdot 1,5 = 450$  ккал, газировки  $50 \text{ ккал} \cdot 5 = 250$  ккал, а в сумме 1600 ккал. В сутки с 3 наборами организм получает  $3 \cdot 1600 \text{ ккал} = 4800$  ккал. Поскольку суточная потребность на жизнеобеспечение составляет 2000 ккал, то за сутки отложиться в жир может  $4800 - 2000 = 2800$  ккал. Это может привести к образованию  $2800 \text{ ккал} \cdot 100 \text{ г} / 982 \text{ ккал} = 285$  г жира.

3. Для накопления 10 кг жира потребуется  $10000 \text{ г} / 285 \text{ г/сутки} = 35$  суток. За 35 суток будет съедено  $35 \cdot 3 = 105$  наборов. Расходы на еду составят  $105 \text{ наборов} \cdot 250 \text{ руб/набор} = 26250$  руб. Таким образом, приблизительная стоимость каждого лишнего набранного килограмма составляет  $26250 / 10 = 2625$  или около 2600 руб. Можно провести более точную оценку суммы, которая пойдет только на набранные килограммы, для чего нужно будет взять долю без учета средств, потраченных на жизнеобеспечение. Тогда стоимость каждого лишнего килограмма составит  $(2800/4800) \cdot 2625 = 1531$  или около 1500 руб.

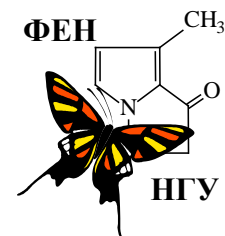
4. Для начала необходимо рассчитать, сколько энергии содержится в 10 кг жира:  $10 \cdot 10 \cdot 982 \text{ ккал} = 98200$  ккал. Следовательно, потребуется  $98200 \text{ ккал} / 500 \text{ ккал/час} = 196,4$  час или по три часа в неделю  $196,4 / 3 = 65,1$  недель или  $65,1 / 52 = 1,25$  года, т.е. около 15 месяцев. При стоимости одного часа занятия 200 руб всего будет затрачено  $200 \cdot 196,4 = 39280$  или около 40000 руб, т.е. примерно 4000 руб на каждый кг жира.

5. В 10 кг жира запасено 98200 ккал энергии. При суточной потребности в 2000 ккал для полного сжигания 10 кг жира без потребления пищи похудение растянется на  $98200 \text{ ккал} / 2000 \text{ ккал/день} = 49$  дней.

6. В 15 кг жира содержится  $10 \cdot 15 \cdot 982 \text{ ккал} = 147000$  ккал, следовательно, 1,5 млн. человек способны потратить  $1500000 \cdot 147000 \text{ ккал} = 2,2 \cdot 10^{11}$  ккал или  $9,3 \cdot 10^{11}$  кДж. В день необходимо  $15 \cdot 10^9 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / 365 \text{ дней} = 4,1 \cdot 10^7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  или  $1,48 \cdot 10^{11}$  кДж. Таким образом, этой энергии хватит на  $9,3 \cdot 10^{11} \text{ кДж} / 1,48 \cdot 10^{11} \text{ кДж} = 6,3$  дня.

**Система оценивания:**

1. Уравнение реакции 3 б. (коэффициенты 2 б.), теплота сгорания кДж/моль 4 б., ккал/моль 1 б., калорийность 100 г жира 2 б.	3+4+1+2 = 10 б.
2. Масса жира в день 3 б.	3 б.
3. Число дней 2 б., стоимость лишнего кг 2 б.	2+2 = 4 б.
4. Расчет времени в нед., мес. или годах 3 б. (в часах 2 б.), стоимости 1 б.	3+1 = 4 б.
5. Количество дней без еды 2 б.	2 б.
6. Количество дней 4 б.	4 б.
<b>Всего:</b>	<b>27 баллов.</b>

**Задание 1.** (авторы В.А. Емельянов, Д.Е. Насохов).

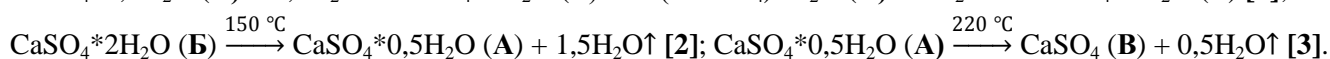
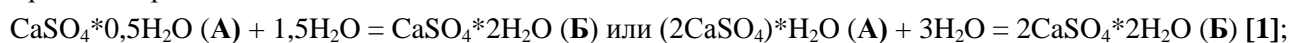
1. Лубок (луб) - это пласт или лоскут свежего слоя древесной коры. Медицинский лубок накладывают на поврежденную конечность, захватывая заметную часть выше и ниже повреждения, после чего обматывают ее бинтом. Таким образом обеспечивается неподвижность поврежденной части конечности.

2. Наиболее богаты крахмалом зерна злаковых растений, например, риса (до 86 %), пшеницы (до 75 %), кукурузы (до 72 %), а также клубни картофеля (до 24 %). Зерна к овощам традиционно не относятся, поэтому верный ответ - картофель. Справедливости ради следует заметить, что кукуруза в единственном числе представляет собой категорию злаковых (зерновых) овощей, поэтому ответ "кукуруза" тоже должен быть засчитан.

При массовой доле крахмала 17 % из 3 тонн (3000 кг) картофеля его можно получить до  $0,17 \cdot 3000 = 510$  кг.

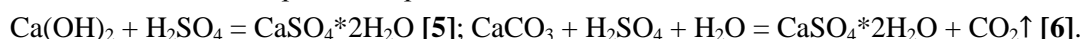
3. Прочные фиксирующие повязки, до сих пор использующиеся для фиксации травмированных конечностей, называются гипсовыми.

4. Из условия следует, что вещество **В** - безводный сульфат кальция  $\text{CaSO}_4$ , массовая доля кальция в котором действительно  $40/136 = 0,294$  или 29,4 %. Количество кристаллизационной воды в двух оставшихся веществах легко находится решением уравнений  $40/(136+x \cdot 18) = 0,276$  и  $40/(136+y \cdot 18) = 0,233$ , откуда  $x=0,5$ ,  $y=2$ . Уравнения реакций:



5. Для ответа на этот вопрос вовсе не обязательно было выполнять предыдущий пункт. Количество кальция в 150 млн т вещества **А** такое же, как и в соответствующей массе минерала **Б**, а массовая доля кальция в  $27,6/23,3 = 1,185$  раза меньше. Следовательно, для получения 150 млн т вещества **А** потребуется  $150 \cdot 1,185 = 177,75$  млн т минерала **Б**.

6.  $\text{CaO}$  - оксид кальция, негашеная известь;  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  - гидроксид кальция, гашеная известь;  $\text{CaCO}_3$  - карбонат кальция, известняк. Уравнения реакций:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  [4];



Из  $100/100 = 1$  моля  $\text{CaCO}_3$  получится 1 моль или  $1 \cdot (40+32+4 \cdot 16+2 \cdot 18) = 172$  г  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (**Б**).

**Система оценивания:**

1. Лубок 1 б., использование 1 б.	1+1 = 2 б.
2. Овощ 1 б., масса крахмала 2 б.	1+2 = 3 б.
3. Гипсовая повязка 2 б.	2 б.
4. Составы веществ А-В по 1 б., уравнения реакций по 1 б.	1*3+1*3 = 6 б.
5. Масса минерала 3 б.	3 б.
6. Названия 3 веществ по 1 б., уравнения реакций по 1 б., масса Б 3 б.	(1+1)*3+1*3+3 = 12 б.
<b>Всего:</b>	<b>28 баллов.</b>

**Задание 2.** (авторы В.А. Емельянов, Д.Г. Гулевич).

1. «IYPT» - International year of periodic table, Международный год периодической таблицы.

2. При содержании нового элемента в руде меньше 0,2 % по массе для получения 0,1 г металла **X** необходимо было переработать не меньше, чем  $0,1 \cdot 100/0,2 = 50$  г цинковой обманки

$$3. V = m/\rho = 0,1/6 = 0,017 \text{ см}^3 = 0,017 \text{ мл} = 17 \text{ мм}^3.$$

4. Для измерения плотности твердого тела небольшого объема используют несколько приемов, которые в той или иной форме опираются на закон Архимеда. Связано это с тем, что малую массу в лаборатории можно измерить гораздо точнее, чем малый объем. Тело взвешивают в воздухе, затем помещают в жидкость и снова взвешивают. Здесь возможны варианты:

а) Использование пикнометра. Пикнометр - стеклянный сосуд специальной формы и определенной вместимости (по сути, очень маленькая мерная колба). Пикнометр был изобретен Дмитрием Ивановичем

Менделеевым (!!!) в 1859 году. Плотность твёрдых тел определяют, погружая их в пикнометр с жидкостью, после чего заполняют сосуд жидкостью до метки на горловине и взвешивают. Из пикнометра извлекают твердое тело, заполняют сосуд чистой жидкостью до метки на горловине и снова взвешивают. От суммы масс самого твердого тела и пикнометра с жидкостью вычитают массу пикнометра, в котором содержались и твердое тело, и жидкость. Полученная разность - это масса вытесненной телом жидкости. Делят ее на плотность жидкости и получают объем вытесненной жидкости, который равен объему погруженного в жидкость тела.

б) Учет выталкивающей силы. Согласно закону Архимеда, на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вверх. Величина этой силы равна весу жидкости, вытесняемой телом. Твердое тело подвешивают над стаканом с жидкостью и опускают в него. Сам стакан с жидкостью может располагаться как на весах, так и под ними, либо на отдельной платформе. По разности массы тела в воздухе и в жидкости вычисляют массу вытесненной телом жидкости и дальше как в пункте а).

5. В 150 г 10 % раствора содержится  $0,1 \cdot 150 = 15$  г вещества А. Общая масса металла X в этом растворе составляет  $0,396 \cdot 15 = 5,94$  г. Если бы весь металл X перешел в вещество В, его бы получилось  $5,94/0,744 = 7,98$  г. Выход соединения В в % от теоретически возможного составил  $3,2 \cdot 100/7,98 = 40,1$  %. Причинами невысокого выхода может быть как недостаток щелочи в реакции [2], так и ее избыток при условии амфотерности гидроксида X. В первом случае гидроксид X не полностью выпадает в осадок, во втором он частично растворяется в избытке щелочи.

6-7. В задаче речь идет о галлии (металл X) – одном из наиболее легкоплавких металлов ( $T_{пл} = 29,8^\circ\text{C}$ ), который плавится в руках, как показано на рисунке в условии задачи. Д.И. Менделеев назвал этот элемент экаалюминием, поскольку он следует за алюминием в группе IIIA. Поль Эмиль Лекок де Буабодран назвал элемент в честь своей родины Франции, по её латинскому названию — Галлия (Gallia). (Существует недокументированная легенда, что в названии элемента его первооткрыватель неявно увековечил и свою фамилию (Lecoq). Латинское название элемента (Gallium) созвучно gallus - «петух» (лат.). Примечательно, что именно петух lecoq (франц.) является символом Франции).

Если не получилось догадаться про галлий из описания, можно попробовать его вычислить. Обозначив формулу оксида В как  $X_2O_n$ , где n – степень окисления X в оксиде, составим уравнение с двумя неизвестными:  $2M_X/(2M_X + 16n) = 0,744$ , решая которое получаем  $M_X = 23,25n$ .

Составим таблицу:

n	1	2	3	4	5	6	7	8
$M_X$	23,25	46,5	69,75	93,00	116,25	139,5	162,75	186,0
X	Na (22,99)	-	Ga (69,72)	~Nb (92,91)	-	La (138,9), Ce (140,1)	Dy (162,5)	Re (186,2)

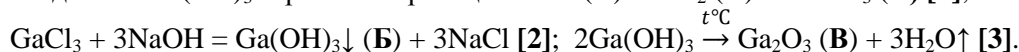
Единственный p-элемент среди имеющих близкую к необходимой молярную массу – это галлий, являющийся элементом IIIA группы. Следовательно, X - галлий, В –  $Ga_2O_3$ .

Еще один путь - через вещество А. Простое газообразное вещество Y зеленого цвета может быть только хлором (от греч. хлорэс - зеленый). Обозначив формулу хлорида А как  $XCl_m$ , где m – степень окисления X в хлориде, составим уравнение с двумя неизвестными:  $M_X/(M_X + 35,5m) = 0,396$ , решая которое получаем  $M_X = 23,27m$ .

Составим таблицу:

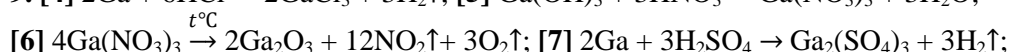
m	1	2	3	4	5	6	7	8
$M_X$	23,27	46,54	69,81	93,08	116,35	139,62	162,89	186,16
X	Na (22,99)	-	Ga (69,72)	~Nb (92,91)	-	La (138,9), Ce (140,1)	Dy (162,5)	Re (186,2)

Здесь тоже получается, что X - галлий, тогда А -  $GaCl_3$ , при взаимодействии со щелочью образующий осадок Б -  $Ga(OH)_3$ . Уравнения реакций:  $2Ga(X) + 3Cl_2(Y) = 2GaCl_3(A)$  [1];



8. Заряд ядра атома галлия 31, следовательно, количество протонов и электронов, входящих в состав этого изотопа  $p^+ = e^- = 31$ . Атомная масса указанного изотопа  $31 \cdot 2,29 \approx 71$  а.е.м., нейтронов в нем  $n = 71 - 31 = 40$ .

Среднее значение атомной массы галлия, приведенное в ПС, составляет 69,72 а.е.м. Поскольку массовое число первого изотопа 71, второй изотоп должен иметь массовое число не больше, чем 69. Так как его содержание составляет более половины от все атомов, то при массовом числе 68 и меньше средняя масса будет меньше, чем среднее между 68 и 71, т.е. меньше 69,5. Остается единственный вариант - массовое число второго изотопа равно 69.



[8]  $2\text{Ga}_2(\text{SO}_4)_3 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 2\text{Ga}_2\text{O}_3 + 6\text{SO}_2\uparrow + 3\text{O}_2\uparrow$ . **А** –  $\text{GaCl}_3$  – хлорид галлия; **Б** –  $\text{Ga}(\text{OH})_3$  – гидроксид галлия; **Г** –  $\text{Ga}(\text{NO}_3)_3$  – нитрат галлия; **Д** –  $\text{Ga}_2(\text{SO}_4)_3$  – сульфат галлия.

**Система оценивания:**

1. Верная расшифровка по 1 б.	1+1 = 2 б.
2. Масса обманки 2 б.	2 = 2 б.
3. Объем кусочка по 1 б. за каждые единицы	1+1+1 = 3 б.
4. Методика определения объема кусочка 3 б. (Способ (Архимед) 1 б., подробная методика до 2 б.)	3 б.
5. Масса А, масса X, масса В, выход В по 2 б., две причины по 1 б.	2*4+1*2 = 10 б.
6. Определение галлия и хлора по 2 б., в честь Франции, зеленый по 1 б.	2*2+1*2 = 6 б.
7. Формулы веществ А-В по 1 б., уравнения реакций по 1 б.	1*3+1*3 = 6 б.
8. Количество $p^+$ , $n$ и $e^-$ по 0,5 б., массовое число 1,5 б.	0,5*3+1,5 = 3 б.
9. Названия веществ А, Б, Г, Д по 1 б., уравнения реакций по 1 б.	1*4+1*5 = 9 б.
<b>Всего:</b>	<b>44 балла.</b>

**Задание 3. (авторы В.Н. Конев, В.А. Емельянов)**

1. Уравнение реакции сгорания жира:  $\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6 + 80\text{O}_2 = 57\text{CO}_2 + 52\text{H}_2\text{O}$ .

$Q_{\text{сгор}}(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) = 57 \cdot Q_{\text{обр}}^\circ(\text{CO}_2) + 52 \cdot Q_{\text{обр}}^\circ(\text{H}_2\text{O}) - 80 \cdot Q_{\text{обр}}^\circ(\text{O}_2) - Q_{\text{обр}}^\circ(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) = 57 \cdot 394 + 52 \cdot 286 - 80 \cdot 0 - 880 = 22458 + 14872 - 0 - 880 = 36450$  кДж/моль или  $36450$  (кДж/моль)/ $4,2$ (кДж/ккал) =  $8679$  ккал/моль. Молярная (молекулярная) масса жира  $57 \cdot 12 + 104 \cdot 1 + 6 \cdot 16 = 684 + 104 + 96 = 884$  г/моль (а.е.м.). Следовательно, если при сгорании 1 моль (884 г) выделяется 8679 ккал тепла, то при сгорании 100 г жира выделится  $(8679/884) \cdot 100 = 982$  ккал тепла.

2. При полном усвоении гамбургера массой 300 г выделяется  $300 \text{ ккал} \cdot 3 = 900$  ккал, порции картошки  $300 \text{ ккал} \cdot 1,5 = 450$  ккал, газировки  $50 \text{ ккал} \cdot 5 = 250$  ккал, а в сумме 1600 ккал.

3. В сутки с 3 наборами организм получает  $3 \cdot 1600$  ккал = 4800 ккал. Поскольку суточная потребность на жизнеобеспечение составляет 2000 ккал, то за сутки отложиться в жир может  $4800 - 2000 = 2800$  ккал. Это может привести к образованию  $2800 \text{ ккал} \cdot 100 \text{ г} / 982 \text{ ккал} = 285$  г жира. Для накопления 10 кг жира потребуется  $10000 \text{ г} / 285 \text{ г/сутки} = 35$  суток.

4. За 35 суток будет съедено  $35 \cdot 3 = 105$  наборов. Расходы на еду составят  $105$  наборов  $\cdot 250$  руб/набор = 26250 руб. Таким образом, приблизительная стоимость каждого лишнего набранного килограмма составляет  $26250 / 10 = 2625$  или около 2600 руб. Можно провести более точную оценку суммы, которая пойдет только на набранные килограммы, для чего нужно будет взять долю без учета средств, потраченных на жизнеобеспечение. Тогда стоимость каждого лишнего килограмма составит  $(2800/4800) \cdot 2625 = 1531$  или около 1500 руб.

5. Для начала необходимо рассчитать, сколько энергии содержится в 10 кг жира:  $10 \cdot 10 \cdot 982$  ккал = 98200 ккал. Следовательно, потребуется  $98200 \text{ ккал} / 500 \text{ ккал/час} = 196,4$  час или по три часа в неделю  $196,4 / 3 = 65,1$  недель или  $65,1 / 52 = 1,25$  года, т.е. около 15 месяцев. При стоимости одного часа занятия 200 руб всего будет затрачено  $200 \cdot 196,4 = 39280$  или около 40000 руб, т.е. примерно 4000 руб на каждый кг жира.

6. В 10 кг жира запасено 98200 ккал энергии. При суточной потребности в 2000 ккал для полного сжигания 10 кг жира без потребления пищи похудение растянется на  $98200 \text{ ккал} / 2000 \text{ ккал/день} = 49$  дней.

7. В 15 кг жира содержится  $10 \cdot 15 \cdot 982$  ккал = 147000 ккал, следовательно, 1,5 млн. человек способны потратить  $1500000 \cdot 147000$  ккал =  $2,2 \cdot 10^{11}$  ккал или  $9,3 \cdot 10^{11}$  кДж. В день необходимо  $15 \cdot 10^9$  кВт·ч/365 дней =  $4,1 \cdot 10^7$  кВт·ч или  $1,48 \cdot 10^{11}$  кДж. Таким образом, этой энергии хватит на  $9,3 \cdot 10^{11} \text{ кДж} / 1,48 \cdot 10^{11} \text{ кДж} = 6,3$  дня.

**Система оценивания:**

1. Уравнение реакции 3 б. (коэффициенты 2 б.), теплота сгорания кДж/моль 4 б., ккал/моль 1 б., молярная масса жира 1 б., калорийность 100 г жира 1 б.	3+4+1+1+1 = 10 б.
2. Калорийность набора 2 б.	2 б.
3. Масса жира в день 3 б., число дней 1 б.	3+1 = 4 б.
4. Стоимость лишнего кг 2 б.	2 б.
5. Расчет времени в нед., мес. или годах 3 б. (в часах 2 б.), стоимости 1 б.	3+1 = 4 б.
6. Количество дней без еды 2 б.	2 б.
7. Количество дней 4 б.	4 б.
<b>Всего:</b>	<b>28 баллов.</b>