МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ХИМИЯ. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП

10 класс

Задача 1.1

К природным полимерам относятся

1. нуклеиновые кислоты
2. белки
3. вискоза
4. целлюлоза
5. целлулоид

Ответ: 1,2,4

Задача 1.2

К искусственным полимерам относятся:

1. силоксан
2. ацетатное волокно
3. вискоза
4. целлюлоза
5. ацетатный шелк

Ответ: 2,3,5

Задача 2.1

Органическая химия изучает вещества, содержащие атом углерода, образующий цепи различной конфигурации (длины, строения). Установите соответствие между наименованиями и описаниями некоторых процессов и реакций, характерных для органических веществ.

1.	Изомеризация	6.	Перенос с молекулы на молекулу фрагмента с общей формулой CnH2n+1, где n-целое число, отражающее количество связанных вместе атомов углерода
2.	Ацилирование	7.	Введение остатка RCO- в состав органического соединения, как правило, путём замещения атома водорода
3.	Алкилирование	8.	Реакция карбоновой кислоты со спиртом с образованием эфира
4.	Этерификация	9.	Образование высокомолекулярного вещества путём многократного присоединения молекул низкомолекулярного вещества к активным центрам в растущей молекуле полимера.
5.	Полимеризация	10.	Перегруппировка атомов в молекуле вещества без изменения её качественного и количественного состава

Ответ: [1,10],[2,7],[3,6],[4,8],[5,9]

Задача 2.2

Органическая химия изучает вещества, содержащие атом углерода, образующий цепи различной конфигурации (длины, строения). Установите соответствие между наименованиями и описаниями некоторых процессов и реакций, характерных для органических веществ.

1.	Диазотирование	6.	реакция элиминирования, которая удаляет галогеноводород с субстрата.
2.	Ацетилирование	7.	взаимодействие ароматических аминов с HNO_2 с образованием ароматического диазосоединения.
3.	Дегидрогалогенирование	8.	Перегруппировка атомов в молекуле вещества без изменения её качественного и количественного состава
4.	Алкилирование	9.	реакция органической этерификации уксусной кислотой.
5.	Изомеризация	10.	Перенос с молекулы на молекулу фрагмента с общей формулой CnH2n+1, где n-целое число, отражающее количество связанных вместе атомов углерода

Ответ: [1,7],[2,9],[3,6],[4,10],[5,8]

Задача 3.1

При прокаливании соединения меди выделилось 3,5 г оксида меди и сконденсировалось некоторое количество воды.

Вычислите объем сконденсировавшейся жидкости.

1. 0,8 л
2. 8 мл
3. 0,8 мл
4. 0,08 мл
5. 16 мл

Ответ: 3

Решение:

В ходе реакции прокаливания образуются оксид меди и вода. Это означает, что исходным соединением является гидроксид меди. Запишем уравнение реакции:

$$Cu(OH)_2 = CuO + H_2O.$$

Согласно уравнению, на 1 моль оксида меди приходится 1 моль воды. Следовательно, объем образовавшейся воды можно рассчитать так:

$$V_{H2O} = \frac{m_{H2O}}{\rho_{H2O}} = \frac{n_{H2O} \cdot M_{H2O}}{\rho_{H2O}} = \frac{n_{CuO} \cdot M_{H2O}}{\rho_{H2O}} = \frac{m_{CuO} \cdot M_{H2O}}{M_{CuO} \cdot \rho_{H2O}} =$$

$$= \frac{3.5 \cdot (2 \cdot 1 + 16)}{(64+16) \cdot 1} = 0.8 \text{ мл.}$$

Вычислите массу исходного соединения.

1. 0,04 г
2. 4 г
3. 4,3 г
4. 0,8 г
5. 4,3 мг

Ответ: 3

Решение:

Из уравнения реакции видно, что на 1 моль оксида меди приходится 1 моль гидроксида меди. Тогда масса исходного соединения равна:

$$m_{Cu(OH)2} = n_{Cu(OH)2} \bullet M_{Cu(OH)2} = n_{CuO} \bullet M_{Cu(OH)2} = \frac{m_{CuO} \cdot M_{Cu(OH)2}}{M_{CuO}} =$$

$$= \frac{3.5 \cdot (64 + 2 \cdot 16 + 2 \cdot 1)}{64+16} = 4.3 \text{ г.}$$

Задача 3.2

При прокаливании соли выделилось некоторое количество оксида кальция и 35 г углекислого газа.

Вычислите массу исходной соли.

1. 0,81 моль
2. 80 г
3. 35 г
4. 801 г
5. 100 г

Ответ: 2

Решение:

В ходе реакции прокаливания образуются оксид кальция и углекислый газ. Это означает, что исходным соединением является карбонат кальция. Запишем уравнение реакции:

$$CaCO_3 = CaO + CO_2.$$

Согласно уравнению, на 1 моль углекислого приходится 1 моль карбоната кальция. Следовательно, массу исходной соли можно рассчитать так:

$$m_{CaCO3} = n_{CaCO3} \bullet M_{CaCO3} = n_{CO2} \bullet M_{CaCO3} = \frac{m_{CO2} \bullet M_{CaCO3}}{M_{CO2}} =$$

$$= \frac{35 \cdot (40+12+3 \cdot 16)}{12+2 \cdot 16} = 80 \text{ г.}$$

Вычислите массу получившегося оксида кальция.

1. 44,5 г
2. 80,1 г
3. 35 г
4. 0, 8 моль
5. 22,4 г

Ответ: 1

Решение:

Из уравнения реакции видно, что на 1 моль углекислого газа приходится 1 моль оксида кальция. Тогда масса образовавшегося оксида равна:

$$m_{CaO} = n_{CaO} \bullet M_{CaO} = n_{CO2} \bullet M_{CaO} = \frac{m_{CO2} \bullet M_{CaO}}{M_{CO2}} =$$

$$= \frac{35 \cdot (40+16)}{12+2 \cdot 16} = 44.5 \text{ г.}$$

Задача 4.1

Резинотехнические изделия находят широкое применение практически во всех отраслях промышленности, поскольку резины – особый класс уникальных конструкционных полимерных материалов. Резина способна не разрушаясь, без заметных остаточных деформаций выдерживать многократные растяжения на 500-1000% - она высокоэластична. Кроме того, резины обладают рядом других специфических особенностей: малая твёрдость, высокая износостойкость и др.

Основу любой резины составляет каучук, который прежде всего определяет высокоэластические свойства изделия, а также ряд технических, технологических свойств и стоимость резинового изделия. Поэтому технологу при разработке изделия в первую очередь нужно выбрать полимерную основу среди большого ассортимента каучуков.

Состав и структура каучуков определяют свойства готовых изделий. Этот тезис подтверждают данные в таблице. Для оценки свойств будущих изделий специалисты анализируют ряд показателей, часть из которых перечислена в таблице.

Свойства резин на основе каучуков общего и специального назначения

№	Каучук	Показатель*						
		ρ	H	σ_p	ε_p	ΔV	$T_{хрупк.}$	T_{max}
		кг/м^3	ШорА	МПа	%	%	°C	°C
1	Синтетический изопреновый	920	20–100	8–35	100–1000	45–55	-60	+150
2	Этиленпропиленовый тройной	860	30–100	8–28	100–500	70–80	-50	+200
3	Бутадиен-нитрильный	970	30–100	8–33	100–600	30–50	-40	+170
4	Силоксановый	980	20–95	4–10	50–800	>50	-80	+300
5	Полихлоропреновый	1230	20–90	8–30	100–700	1–10	-35	+180
6	Фторкаучук	1800	60–90	8–25	100–350	1–10	-35	+300

* ρ – плотность; H – твёрдость; σ_p – условная прочность при растяжении; ε_p – относительное удлинение; ΔV – степень набухания резины в среде нефтепродуктов при 20°C; $T_{хрупк.}$ и T_{max} – температурный интервал эксплуатации изделия.

Предложите полимерную основу для резинового уплотнителя двери, применяемого для изготовления автомобилей и тракторов, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера. Выберите название каучука.

1. синтетический изопреновый
2. этилен-пропиленовый тройной
3. бутадиен-нитрильный
4. силоксановый
5. полихлоропреновый
6. фторкаучук

Ответ: 4

Решение: выбираем «целевой» показатель – нижняя температура эксплуатации (температура хрупкости). Самая низкая Тхр у силоксанового каучука.

Задача 4.2

Резинотехнические изделия находят широкое применение практически во всех отраслях промышленности, поскольку резины – особый класс уникальных конструкционных полимерных материалов. Резина способна не разрушаясь, без заметных остаточных деформаций выдерживать многократные растяжения на 500-1000% - она высокоэластична. Кроме того, резины обладают рядом других специфических особенностей: малая твёрдость, высокая износостойкость и др.

Основу любой резины составляет каучук, который прежде всего определяет высокоэластические свойства изделия, а также ряд технических, технологических свойств и стоимость резинового изделия. Поэтому технологу при разработке изделия в первую очередь нужно выбрать полимерную основу, среди большого ассортимента каучуков.

Состав и структура каучуков определяют свойства готовых изделий. Этот тезис подтверждают данные в таблице. Для оценки свойств будущих изделий специалисты анализируют ряд показателей, часть из которых перечислена в таблице.

Свойства резин на основе каучуков общего и специального назначения

№	Каучук	Показатель*						
		ρ	H	σ_p	ε_p	ΔV	$T_{хрупк.}$	T_{max}
		кг/м^3	ШорА	МПа	%	%	°C	°C
1	Синтетический изопреновый	920	20–100	8–35	100–1000	45–55	-60	+150
2	Этиленпропиленовый тройной	860	30–100	8–28	100–500	70–80	-50	+200
3	Бутадиен-нитрильный	970	30–100	8–33	100–600	30–50	-40	+170
4	Силоксановый	980	20–95	4–10	50–800	>50	-80	+300
5	Полихлоропреновый	1230	20–90	8–30	100–700	1–10	-35	+180
6	Фторкаучук	1800	60–90	8–25	100–350	1–10	-35	+300

* ρ – плотность; H – твёрдость; σ_p – условная прочность при растяжении; ε_p – относительное удлинение; ΔV – степень набухания резины в среде нефтепродуктов при 20°C; $T_{хрупк.}$ и T_{max} – температурный интервал эксплуатации изделия.

Предложите полимерную основу для канцелярской резинки, используемой для скрепления банкнот. Выберите название каучука.

1. синтетический изопреновый
2. этилен-пропиленовый тройной
3. бутадиен-нитрильный
4. силоксановый
5. полихлоропреновый
6. фторкаучук

Ответ: 1

Решение: выбираем «целевой» показатель – эластичность (относительное удлинение) и прочность при растяжении. Самые высокие у изопренового каучука.

Задача 5.1

В таблице представлены справочные данные.

Соединение	Энергия Гиббса образования, $\Delta G_{обр.}$, кДж/моль
ZnS	-201,3
PbS	-96,7
Na_2S	-358,1
$ZnCl_2$	-409,6
$PbCl_2$	-286,9
NaCl	-443,7
HCl	-131,3
H_2S	-33,1

Какое соединение самопроизвольно растворяется в соляной кислоте?

1. сульфид цинка
2. сульфид свинца (II)
3. сульфид натрия

Ответ: 3

Решение: опираясь на расчеты ниже можно сделать вывод, что из предложенных соединений только сульфид натрия самопроизвольно растворяется в соляной кислоте.

Определите изменение энергии Гиббса реакции растворения сульфида цинка с точностью до десятых. Ответ выразите в кДж/моль.

Ответ: 20.1 - 21.4

Решение:

Запишем уравнение реакции:

$$ZnS_{\text{тв}} + 2HCl_{\text{р-р}} = H_2S_{\text{г}} + ZnCl_{2\,\text{тв}}.$$

Рассчитаем изменение энергии Гиббса:

$$\Delta G_{\text{реакц}} = n_{H2S}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{H2S}} + n_{ZnCl2}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{ZnCl2}} - n_{HCl}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{HCl}} -$$

$$- n_{ZnS}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{ZnS}} = 1\cdot(-33.1) + 1\cdot(-409.6) - 2\cdot(-131.3) - 1\cdot(-201.3) =$$

$$= 21.1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

$\Delta G_{\text{реакц.}} > 0$ – реакция не протекает самопроизвольно.

Определите изменение энергии Гиббса реакции растворения сульфида свинца (II) с точностью до десятых. Ответ выразите в кДж/моль.

Ответ: 38.0 - 40.3

Запишем уравнение реакции:

$$PbS_{\text{тв}} + 2HCl_{\text{р-р}} = H_2S_{\text{г}} + PbCl_{2\,\text{тв}}.$$

Рассчитаем изменение энергии Гиббса:

$$\Delta G_{\text{реакц}} = n_{H2S} \cdot \Delta G_{\text{обр}_{H2S}} + n_{PbCl2} \cdot \Delta G_{\text{обр}_{PbCl2}} - n_{HCl} \cdot \Delta G_{\text{обр}_{HCl}} -$$

$$- n_{PbS} \cdot \Delta G_{\text{обр}_{PbS}} = 1 \cdot (-33.1) + 1 \cdot (-286.9) - 2 \cdot (-131.3) - 1 \cdot (-96.7) =$$

$$= 39.3 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

$\Delta G_{\text{реакц.}} > 0$ – реакция не протекает самопроизвольно.

Определите изменение энергии Гиббса реакции растворения сульфида натрия

Ответ: -118.8 - -107.4

Решение:

Решение:

Запишем уравнение реакции:

$$Na_2S_{\text{тв}} + 2HCl_{\text{р-р}} = H_2S_{\text{г}} + 2NaCl_{\text{тв}}.$$

Рассчитаем изменение энергии Гиббса:

$$\Delta G_{\text{реакц}} = n_{H2S} \cdot \Delta G_{\text{обр}_{H2S}} + n_{NaCl} \cdot \Delta G_{\text{обр}_{NaCl}} - n_{HCl} \cdot \Delta G_{\text{обр}_{HCl}} -$$

$$-\ n_{Na2S}\cdot\Delta G_{обр_{Na2S}} = 1\cdot(-\ 33.1) + 2\cdot(-\ 443.7) -$$

$$-\ 2\cdot(-\ 131.3) - 1\cdot(-\ 358.1) = \ -\ 113.1\ \frac{кДж}{моль}.$$

$\Delta G_{реакц.} < 0$ – реакция протекает самопроизвольно.

Задача 5.2

В таблице представлены справочные данные.

Соединение	Энергия Гиббса образования, $\Delta G_{обр.}$, кДж/моль
ZnS	-201,3
Ag_2S	-40,7
Na_2S	-358,1
$ZnCl_2$	-409,6
AgCl	-109,8
NaCl	-443,7
HCl	-131,3
H_2S	-33,1

Какое соединение самопроизвольно растворяется в соляной кислоте?

1. сульфид цинка
2. сульфид серебра (I)
3. сульфид натрия

Ответ: 3

Решение: опираясь на расчеты ниже можно сделать вывод, что из предложенных соединений только сульфид натрия самопроизвольно растворяется в соляной кислоте.

Определите изменение энергии Гиббса реакции растворения сульфида цинка с точностью до десятых. Ответ выразите в кДж/моль.

Ответ: 21.2 - 22.0

Запишем уравнение реакции:

$$ZnS_{тв} + 2HCl_{р-р} = H_2S_{г} + ZnCl_{2_{тв}}.$$

Рассчитаем изменение энергии Гиббса:

$$\Delta G_{\text{реакц}} = n_{H2S}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{H2S}} + n_{ZnCl2}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{ZnCl2}} - n_{HCl}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{HCl}} -$$

$$- n_{ZnS}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{ZnS}} = 1\cdot(-33.1) + 1\cdot(-409.6) - 2\cdot(-131.3) - 1\cdot(-201.3) =$$

$$= 21.1\,\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

$\Delta G_{\text{реакц.}} > 0$ – реакция не протекает самопроизвольно.

Определите изменение энергии Гиббса реакции растворения сульфида серебра (II) с точностью до десятых. Ответ выразите в кДж/моль.

Ответ: 48.0 - 50.0

Запишем уравнение реакции:

$$Ag_2S_{\text{тв}} + 2HCl_{\text{р-р}} = H_2S_{\text{г}} + 2AgCl_{\text{тв}}.$$

Рассчитаем изменение энергии Гиббса:

$$\Delta G_{\text{реакц}} = n_{H2S}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{H2S}} + n_{AgCl}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{AgCl}} - n_{HCl}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{HCl}} -$$

$$- n_{Ag2S}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{Ag2S}} = 1\cdot(-33.1) + 2\cdot(-109.8) - 2\cdot(-131.3) -$$

$$- 1\cdot(-40.7) = 50.2\,\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

$\Delta G_{\text{реакц.}} > 0$ – реакция не протекает самопроизвольно.

Определите изменение энергии Гиббса реакции растворения сульфида натрия

Ответ: -118.8 - -107.4

Решение:

Запишем уравнение реакции:

$$Na_2S_{\text{тв}} + 2HCl_{\text{р-р}} = H_2S_{\text{г}} + 2NaCl_{\text{тв}}.$$

Рассчитаем изменение энергии Гиббса:

$$\Delta G_{\text{реакц}} = n_{H2S}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{H2S}} + n_{NaCl}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{NaCl}} - n_{HCl}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{HCl}} -$$

$$- n_{Na2S}\cdot\Delta G_{\text{обр}_{Na2S}} = 1\cdot(-33.1) + 2\cdot(-443.7) -$$

$$- 2\cdot(-131.3) - 1\cdot(-358.1) = -113.1\ \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

$\Delta G_{\text{реакц.}} < 0$ – реакция протекает самопроизвольно.

Ответ: -118.8 - -107.4

Задача 6.1

При сжигании смеси, содержащей 70% пропана и 30% бутана по объему (н.у.), выделилось 300 литров углекислого газа.

Значения в ходе решения округляйте до первого знака после запятой. Ответы округляйте до десятых.

Определите массу пропана в исходной смеси. Ответ выразите в граммах.

Ответ: 123.2 - 137.5

Решение:

Для начала запишем уравнения всех реакций:

$$C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O,$$

$$2C_4H_{10} + 13O_2 = 8CO_2 + 10H_2O.$$

Затем рассчитаем количество вещества углекислого газа:

$$n_{CO2} = \frac{V_{CO2}}{V_m} = \frac{300}{22.4} = 13.4\ \text{моль}.$$

Из общего количества вещества углекислого газа 70% образовалось при взаимодействии с пропаном и 30 % при взаимодействии с бутаном. Таким образом:

$$n_{CO2}^{C3H8} = \frac{70\%\cdot 13.4}{100\%} = 9.4\ \text{моль},$$

$$n_{CO2}^{C4H10} = \frac{30\%\cdot 13.4}{100\%} = 4.0\ \text{моль}.$$

Согласно уравнению реакции на 1 моль пропана приходится 3 моль углекислого газа. Тогда:

$$m_{C3H8} = n_{C3H8} \cdot M_{C3H8} = \frac{n_{CO2}^{C3H8} \cdot M_{C3H8}}{3} = \frac{9.4 \cdot (3 \cdot 12 + 8 \cdot 1)}{3} = 137.9 \text{ г.}$$

Определите массу бутана в исходной смеси. Ответ выразите в граммах.

Ответ: 56.0 - 73.0

Решение:

Согласно уравнению реакции на 2 моль бутана приходится 8 моль углекислого газа. Таким образом:

$$m_{C4H10} = n_{C4H10} \cdot M_{C4H10} = \frac{2 \cdot n_{CO2}^{C4H10} \cdot M_{C3H8}}{8} =$$

$$= \frac{2 \cdot 4.0 \cdot (4 \cdot 12 + 10 \cdot 1)}{8} = 58.0 \text{ г.}$$

Какой объём кислорода потребовался для сжигания смеси газов? Ответ выразите в литрах.

Ответ: 478.9 - 515.2

Решение:

Определим количество вещества пропана и бутана согласно уравнениям их реакций:

$$n_{C3H8} = \frac{n_{CO2}^{C3H8}}{3} = \frac{9.4}{3} = 3.1 \text{ моль,}$$

$$n_{C4H10} = \frac{2 \cdot n_{CO2}^{C4H10}}{8} = \frac{2 \cdot 4.0}{8} = 1.0 \text{ моль.}$$

Из уравнений реакции видно, что на сгорание 1 моль пропана требуется 5 моль кислорода, а для сгорания 2 моль бутана – 13 моль. Тогда:

$$V_{O2} = n_{O2} \cdot V_m = \left(n_{O2}^{C3H8} + n_{O2}^{C4H10}\right) \cdot V_m = \left(5 \cdot n_{C3H8} + \frac{13 \cdot n_{C4H10}}{2}\right) \cdot V_m =$$

$$= \left(5 \cdot 3.1 + \frac{13 \cdot 1.0}{2}\right) \cdot 22.4 = 492.8 \text{ л.}$$

Задача 6.2

Смесь газов содержит 60% по объему пропана массой 151 г, остальную часть смеси составляет бутан.

Значения в ходе решения округляйте до первого знака после запятой. Ответы округляйте до десятых.

Какой объём углекислого газа выделится при сжигании этой смеси? Ответ выразите в литрах.

Ответ: 431.4 - 439.0

Решение:

Запишем уравнения всех реакций:

$$C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O,$$

$$2C_4H_{10} + 13O_2 = 8CO_2 + 10H_2O.$$

Из первого уравнения видно, что 1 моль пропана приходится 3 моль углекислого газа, тогда:

$$n_{CO2}^{C3H8} = 3 \cdot n_{C3H8} = \frac{3 \cdot m_{C3H8}}{M_{C3H8}} = \frac{3 \cdot 151}{3 \cdot 12 + 8 \cdot 1} = 10.2 \text{ моль},$$

$$n_{C3H8} = \frac{n_{CO2}^{C3H8}}{3} = \frac{10.2}{3} = 3.4 \text{ моль}.$$

Зная, что 3.4 моль пропана составляют 60% от количества вещества смеси газов, можно рассчитать общее количество вещества и количество вещества бутана:

$$n_{\text{общ}} = \frac{n_{C3H8} \cdot 100\%}{60\%} = \frac{3.4 \cdot 100\%}{60\%} = 5.7 \text{ моль},$$

$$n_{C4H10} = \frac{n_{\text{общ}} \cdot 40\%}{100\%} = \frac{5.7 \cdot 40\%}{100\%} = 2.3 \text{ моль}.$$

Зная количество вещества бутана, можно рассчитать какое количество углекислого газа выделяется при его горении:

$$n_{CO2}^{C4H10} = \frac{8 \cdot n_{C4H10}}{2} = \frac{8 \cdot 2.3}{2} = 9.2 \text{ моль}.$$

Теперь можно рассчитать объем выделившегося углекислого газа:

$$V_{CO2} = n_{CO2} \bullet V_m = \left(n_{CO2}^{C3H8} + n_{CO2}^{C4H10}\right) \bullet V_m = (10.2 + 9.2) \cdot 22.4 = 434.6 \text{ л}.$$

Определите массу бутана в исходной смеси. Ответ выразите в граммах.

Ответ: 131.5 - 137.7

Решение:

Зная количество вещества бутана, можно рассчитать его массу:

$$m_{C4H10} = n_{C4H10} \bullet M_{C4H10} = 2.3 \cdot (4 \cdot 12 + 10 \cdot 1) = 133.4 \text{ г}.$$

Определите массу углекислого газа выделится от горения бутана. Ответ выразите в граммах.

Ответ: 399.1 - 404.8

Решение:

Ранее нами было рассчитано количество вещества углекислого газа, выделившегося при горении бутана. Тогда:

$$m_{CO2}^{C4H10} = n_{CO2}^{C4H10} \bullet M_{CO2} = 9.2 \cdot (12 + 2 \cdot 16) = 404.8 \text{ г.}$$