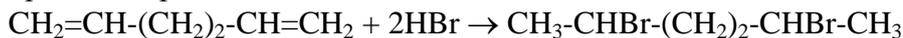


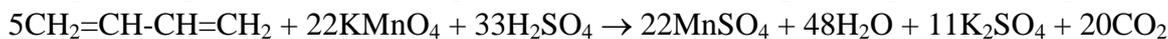
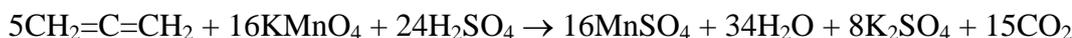
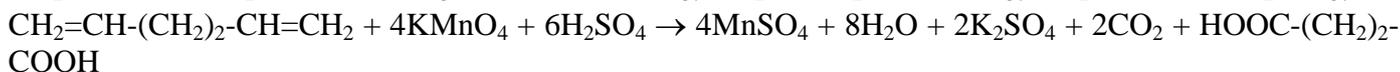
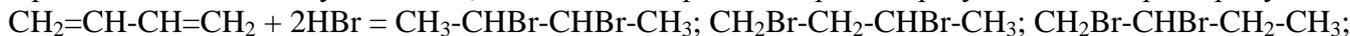


Для получения каучуков применяются сопряженные диены, из упомянутых диенов  $X_1-X_3$  – это бутадиен-1,3.

### 3. Уравнения реакций:



При взаимодействии бутадиена-1,3 с избытком бромоводорода образуется смесь трех продуктов:



### Система оценивания:

1. Структурные формулы соединений А-К по 1 б .....	1 б * 9 = 9 б;
2. Структурные формулы диенов по 1 б .....	1 б * 3 = 3 б;
Названия диенов $X_1 - X_3$ по 0,5 б, типов диенов по 0,5 б .....	(0,5 б + 0,5 б) * 3 = 3 б;
Указание диена, используемого для получения каучука 1 б .....	1 б;
3. Уравнения реакций по 1 б .....	1 б * 6 = 6 б;
Всего .....	22 балла

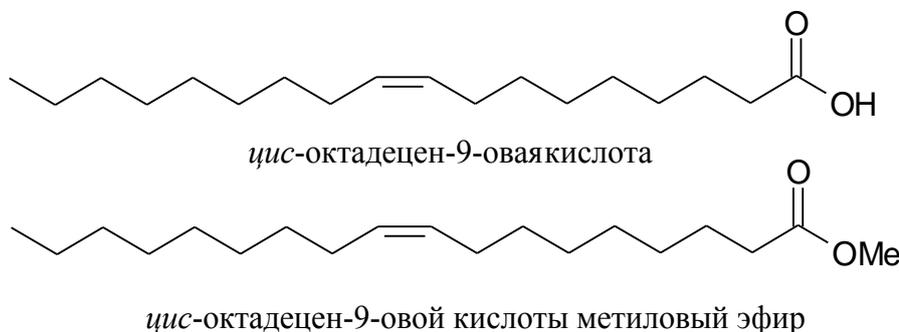
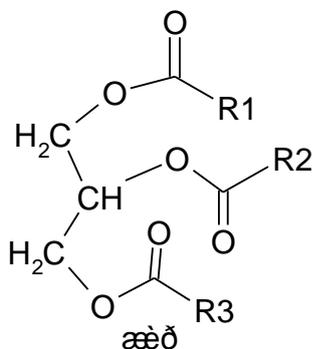
### Задание 2. (Авторы Конев В.Н., Емельянов В.А.)

1. Уравнения реакций:  $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$  [1];  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$  [2];

$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$  [3]. В описанных в задаче условиях в промышленности из синтез-газа получают метанол:  $\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH}$ .

2.  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 2\text{CO}_2 + 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  [4];  $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  [5]. Реакцию [5] проводят в кислой среде, обычно в присутствии фосфорной или серной кислоты.

3. Структурные формулы:



4. Бензин:  $\text{C}_8\text{H}_{18} + 12,5\text{O}_2 = 8\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O}$ .  $Q_{\text{сгор.}} = 9Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}) + 8Q_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) - Q_{\text{обр.}}(\text{C}_8\text{H}_{18}) - 12,5Q_{\text{обр.}}(\text{O}_2) = 9*242 + 8*394 - 208 - 12,5*0 = 2178 + 3152 - 208 - 0 = 5122$  кДж/моль.

Водород:  $\text{H}_2 + 0,5\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$ .  $Q_{\text{сгор.}}(\text{H}_2) = Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}) = 242$  кДж/моль.

Если коэффициенты и тепловые эффекты для  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  и  $\text{H}_2$  в 2 раза больше, то это верные ответы.

Этанол:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ .  $Q_{\text{сгор.}} = 3Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}) + 2Q_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) - Q_{\text{обр.}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 3*242 + 2*394 - 235 = 726 + 788 - 235 = 1279$  кДж/моль.

Биодизель:  $\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2 + 27\text{O}_2 = 19\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$ .  $Q_{\text{сгор.}} = 18Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}) + 19Q_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) - Q_{\text{обр.}}(\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2) = 18*242 + 19*394 - 1304 = 4356 + 7486 - 1304 = 10538$  кДж/моль.

5. Сначала посчитаем, сколько тепла выделяется при сгорании 1 л каждого топлива.

Бензин (октан):  $n(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 1000(\text{см}^3)*0,703(\text{г}/\text{см}^3)/114(\text{г}/\text{моль}) \approx 6,17$  моль, тепла при сгорании выделится  $Q(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 5122*6,17 = 31602,74$  кДж  $\approx 31,6$  МДж.

Водород:  $n(\text{H}_2) = 1000(\text{см}^3) \cdot 0,07(\text{г}/\text{см}^3) / 2(\text{г}/\text{моль}) = 35$  моль, тепла при сгорании выделится

$$Q(\text{H}_2) = 242 \cdot 35 = 8470 \text{ кДж} \approx 8,5 \text{ МДж.}$$

Спирт:  $n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1000(\text{см}^3) \cdot 0,789(\text{г}/\text{см}^3) / 46(\text{г}/\text{моль}) \approx 17,15$  моль, тепла при сгорании выделится

$$Q(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1279 \cdot 17,15 = 21934,85 \text{ кДж} \approx 21,9 \text{ МДж.}$$

Биодизель:  $n(\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2) = 1000(\text{см}^3) \cdot 0,879(\text{г}/\text{см}^3) / 296(\text{г}/\text{моль}) \approx 2,97$  моль, тепла при сгорании выделится

$$Q(\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2) = 10538 \cdot 2,97 = 31297,86 \text{ кДж} \approx 31,3 \text{ МДж.}$$

Для поездки из Новосибирска до Москвы потребуется  $10\text{л} \cdot 3500\text{км} / 100\text{км} = 350$  л бензина, т.е. на эту поездку нужно  $31,6 \text{ МДж} \cdot 350 = 11060 \text{ МДж}$  энергии. Тогда водорода понадобится  $11060 / 8,5 = 1301$  л, спирта  $11060 / 21,9 = 505$  л, биодизеля  $11060 / 31,3 = 353$  л.

#### Система оценивания:

1. Уравнения реакций 1 б * 4 .....	4 б;
2. Уравнения реакций 1 б * 2, условия реакции 0,5 б .....	2 б + 0,5 б = 2,5 б;
3. Уравнение реакции 1 б, структурные формулы 0,5 б * 3 .....	1 б + 1,5 б = 2,5 б;
4. Уравнения реакций 1 б * 4, расчет эффектов 1 б * 4 .....	4 б + 4 б = 8 б;
5. Расчет объема топлива 1 б * 3 .....	3 б;
Всего .....	20 баллов

#### Задание 3. (Автор Емельянов В.А.)

1. Формулы неорганических соединений металла **М**, производимых на заводе:

дигидрофосфат –  $\text{MH}_2\text{PO}_4$ , хлорат –  $\text{MClO}_3$ , гексафторосиликат –  $\text{M}_2\text{SiF}_6$ , тиоцианат –  $\text{MSCN}$ , молибдат –  $\text{M}_2\text{MoO}_4$ , додекагидрат двойного сульфата с алюминием (квасцы) –  $\text{MAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

Формулы органических соединений: формиат –  $\text{MCHO}_2$  (соль муравьиной кислоты  $\text{HCOOH}$ ), ацетат –  $\text{MC}_2\text{H}_3\text{O}_2$  (соль уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), лактат –  $\text{MC}_3\text{H}_5\text{O}_3$  (соль молочной кислоты  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ ), бензоат –  $\text{MC}_7\text{H}_5\text{O}_2$  (соль бензойной кислоты  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$  [ $\text{PhCOOH}$ ]).

2. Устойчивый атом с массой с 137 легко обнаруживается в ПС – это барий. Соответственно, **М**, предшествующий барию в ПС, – это **цезий**. Уравнение  $\beta$ -распада:  ${}^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + {}^0_{-1}\text{e}^-$ . Количество периодов полураспада, прошедших за 90,5 лет равно  $90,5 : 30,17 = 3$ . За каждый период полураспада остается половина от имевшихся атомов, соответственно за два – четверть, за три – восьмая часть, т.е. останется  $1,2 : 8 = 0,15$  г изотопа  ${}^{137}\text{Cs}$ .

3. Уравнения реакций:  $\text{Cs} + \text{O}_2 = \text{CsO}_2$ ;  $2\text{Cs} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{CsOH} + \text{H}_2\uparrow$ ;  $2\text{Cs} + 2\text{NH}_3 = 2\text{CsNH}_2 + \text{H}_2\uparrow$ ;

$4\text{Cs} + \text{CO}_2 = 2\text{Cs}_2\text{O} + \text{C}$  или  $2\text{Cs} + \text{CO}_2 = \text{Cs}_2\text{O} + \text{CO}$  (недост.  $\text{CO}_2$ );

$2\text{Cs} + 2\text{CO}_2 = \text{Cs}_2\text{CO}_3 + \text{CO}$  (изб.  $\text{CO}_2$ ); катод:  $\text{Cs}^+ + \text{e} = \text{Cs}$ ; анод:  $2\text{CN}^- - 2\text{e} = (\text{CN})_2$ .

4. Посчитаем массовую долю Cs в минерале, т.е. отношение массы Cs к молярной массе:  $\omega = 133x / (133x + 23(1-x) + 27 + 2 \cdot 28 + 6 \cdot 16 + 18) = 133x / (110x + 220)$ . Содержание цезия в оксиде  $\text{Cs}_2\text{O}$  составляет  $2 \cdot 133 / (2 \cdot 133 + 16) = 0,943$ . Решаем два уравнения:  $133x / (110x + 220) = 0,943 \cdot 0,26 = 0,245$  и  $133x / (110x + 220) = 0,943 \cdot 0,32 = 0,302$ , откуда получаем предельные значения  $x = 0,51$  и  $0,67$ , т.е.  $x$  меняется в пределах  $0,51 \leq x \leq 0,67$ .

5.  $2\text{CsCl} + \text{Ca} = \text{CaCl}_2 + \text{Cs}\uparrow$ ;  $4\text{Cs}_2\text{CrO}_4 + 5\text{Zr} = 5\text{ZrO}_2 + 2\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Cs}\uparrow$ ;  $2\text{CsN}_3 = 2\text{Cs} + 3\text{N}_2\uparrow$ .

#### Система оценивания:

1. Формулы соединений по 0,5 б .....	0,5 б * 10 = 5 б;
Названия органических кислот по 0,5 б, структ. формулы по 0,5 б .....	(0,5 б + 0,5 б) * 4 = 4 б;
2. Уравнение реакции 1 б, цезий 1 б, расчет массы 3 б .....	1 б + 1 б + 3 б = 5 б;
3. Уравнения реакций по 1 б .....	1 б * 6 = 6 б;
4. Расчет значений $x$ по 3 б .....	3 б * 2 = 6 б;
5. Уравнения реакций по 1 б .....	1 б * 3 = 3 б;
Всего .....	29 баллов

#### **Задание 4. (Авторы Задесенец А.В., Емельянов В.А.)**

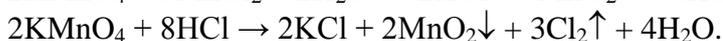
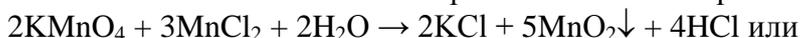
1. Дашу и Гошу сначала удивило отклонение полученных цифр от реальной молярной массы хлора. А, сверив ответы, поразились они тому, что у Гоши эта масса получилась больше, чем у Даши. Ведь масса Гошиной пипетки с хлором была заметно меньше, чем Дашиной, значит, кто-то из них все же ошибся в расчетах.

Давайте эти расчеты проверим. В условиях опыта в пипетке содержится  $0,48/24 = 0,02$  моля газа, следовательно, Дашин хлор был почти чистым, то есть считала она неправильно. У Гоши в пипетке было  $0,0136$  моля хлора ( $M = 70,9$  г/моль) и  $0,02 - 0,0136 = 0,0064$  моля воздуха ( $M = 29$  г/моль). Средняя молярная масса газа в его пипетке  $(0,0136 * 70,9 + 0,0064 * 29) / 0,02 = 57,5$  г/моль, т.е. Гошин расчет верен. У Даши должно было получиться  $(0,0199 * 70,9 + 0,0001 * 29) / 0,02 = 70,7$  г/моль, что отличается от ее ответа на  $70,7 - 41,5 = 29,2$  г/моль – подозрительно близко к средней молярной массе воздуха. Интересно, а как бы Вы считали молярную массу полученного газа? Надо вычесть из массы пипетки с хлором массу пипетки и разделить на количество молей газа, так? Даша так и сделала:  $(151,43 - 150,60) / 0,02 = 41,5!$  Действительно, Даша допустила типовую ошибку (не арифметическую!): не учла, что пустую пипетку она взвешивала совсем не пустую, а с воздухом, масса которого внутри пипетки составляет  $0,02 * 29 = 0,58$  г. Это и привело к отличию ее результата от правильного на  $29$  г/моль, и к меньшей расчетной молярной массе, чем у Гоши, несмотря на более чистый хлор в ее пипетке.

2. Объемные доли газов, благодаря закону Авогадро, совпадают с мольными долями, поэтому считаются легко: доля хлора у Даши  $0,0199 / 0,02 = 0,995$  или  $99,5\%$ , у Гоши  $0,0136 / 0,02 = 0,68$  или  $68\%$ . Газы тяжелее воздуха следует собирать в пипетку, вытесняя воздух вверх, присоединив шланг от прибора к низу пипетки, как очевидно, поступила Даша, получив в результате практически чистый хлор. Если сделать наоборот, то тяжелый газ будет опускаться вниз быстрее воздуха, перемешиваясь с ним, и не заполнит пипетку полностью, что и произошло у Гоши. А вот газы, которые легче воздуха (в частности, водород), следует собирать в пипетку, вытесняя воздух вниз, т.е. присоединив шланг от прибора к верху пипетки. Следовательно, водород на предыдущем занятии получал и собирал Гоша.

3. Уравнение реакции получения хлора:  $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} \rightarrow 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ .

Бурый налет, не смывающийся водой, это нерастворимый в воде диоксид марганца, получающийся из-за неполного восстановления перманганата калия при его избытке:



Отмыть его можно конц. соляной кислотой или подкисленным раствором перекиси водорода:



4. Методик определения хлора существует несколько. Удобнее всего продуть газовую пипетку воздухом через раствор избытка иодида калия, а выделившийся иод оттитровать раствором тиосульфата натрия до полного обесцвечивания раствора:  $\text{Cl}_2 + 2\text{KI} = 2\text{KCl} + \text{I}_2$ ,  $2\text{I}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ .

#### **Система оценивания:**

1. Отклонение от теории 1 б, меньшая молярная масса при большей массе пипетки 1 б, неправильный расчет только у Даши 1 б (ответ у обоих 0 б), повторение расчетов  $2 * 1$  б, указание на то, что не учтена масса воздуха в пустой пипетке у Даши 1 б, указание на то, что у Гоши остался воздух 1 б .....  $1 \text{ б} * 7 = 7 \text{ б};$
2. Объемные доли хлора  $2 * 1$  б, пипетка снизу у Даши 1 б,  $\text{H}_2$  получал Гоша 1 б .....  $1 \text{ б} * 4 = 4 \text{ б};$
3. Уравнения реакций по 1 б, состав налета 1 б .....  $1 \text{ б} * 4 = 4 \text{ б};$
4. Уравнения реакций по 1 б (не более 2), методика (продувка воздухом или инертным газом, титрование) до 2 б .....  $1 \text{ б} * 2 + 2 \text{ б} = 4 \text{ б};$
- Всего ..... **19 баллов**