# Задания первого тура отборочного этапа Олимпиады «Ломоносов» по инженерным наукам 2016/2017 10-11 классы

**Тестовая задача (1 балл).**

Юный химик для фиксации крышки на цилиндрическом лабораторном реакторе использовал тонкое железное кольцо внутренним диаметром на 0,36 мм меньшим, чем внешний диаметр крышки. Скажите, на сколько градусов необходимо нагреть кольцо, чтобы за счет равномерного теплового расширения стало возможным надеть его на крышку, если внешний диаметр крышки реактора равен 30 см? Коэффициент линейного расширения железа, из которого сделано кольцо, равен $\alpha = 1{,}2 \cdot 10^{-5}$ К$^{-1}$.

***Решение:***

***Начальная длина кольца составляет $L_0 = 300\pi$ мм.***

***Необходимо, чтобы диаметр кольца увеличился на 0,36 мм.***

***Тогда конечная длина кольца составит $L_1 = 300{,}36\pi$ мм, а разность длин составит $\Delta L = L_1 - L_0 = 0{,}36\pi$ мм.***

***Пусть T - прирост температуры кольца в К.***

***Из определения коэффициента линейного расширения: $\alpha T = \Delta L/L_0$.***

***Тогда $T = \Delta L/(\alpha L_0) = 0{,}36\pi/(300\pi \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-5}) = 100$ К.***

***Ответ: на 100 К.***

**Задача 1 (14 баллов).**

Контейнер с грузом общей массой M = 100 кг опускается вертикально вниз на парашюте со скоростью v = 10 м/с. Чтобы ослабить удар о землю, на небольшой высоте непосредственно перед касанием срабатывает тормозной двигатель и в направлении движения выбрасывается струя раскаленных газов, возникающих в результате взрывного сгорания некоторого количества нитрометана. Какое количество нитрометана потребуется для того, чтобы полностью погасить скорость контейнера, если скорость газовой струи u = 1 км/с? Какая часть энергии, выделяющейся при сгорании нитрометана, переходит в кинетическую энергию истекающих газов? Для оценки принять, что при взрывном сгорании 1 кг нитрометана выделяется 5 МДж.

***Решение:***

**Обозначим массу сгоревшего нитрометана через m. Поскольку u >> v, закон сохранения импульса дает Mv = mu, откуда m = Mv/u = 1 кг. Поскольку удельная теплота сгорания нитрометана Q = 5 МДж/кг, доля кинетической энергии газов есть $u^2/2Q = 0.1$, т.е.10%.**

***Ответ:1 кг, 10%.***

**Задача 2 (14 баллов).**

В реакторе с водяным охлаждением (Рис. 1) смешали оксид кальция массой 168 г и воду массой 414 г, после чего в реакторе началась экзотермическая реакция, которая продолжалась в течение $\tau$ = 2 мин при постоянной температуре $t_2$ = 25° С. Эта температура поддерживалась с помощью системы охлаждения. Определите мощность насоса системы охлаждения, если:

1. тепловой эффект химической реакции равен q = 65 кДж/моль;
2. температура реактивов и воды в системе охлаждения до реакции равна $t_1$= 20°С;
3. молярные теплоемкости гидроксида кальция и воды равны $c_n(Ca(OH)_2)$ = 87,49 Дж/моль·град и $c_n(H_2O)$ = 75,15 Дж/моль·град соответственно;
4. насос находится на h = 1 м ниже верхнего уровня воды, охлаждающей реактор;
5. стенки между системой охлаждения и реактором идеально проводят тепло;
6. теплота в процессе реакции выделяется равномерно;
7. кинетической энергией и вязкостью воды пренебречь.

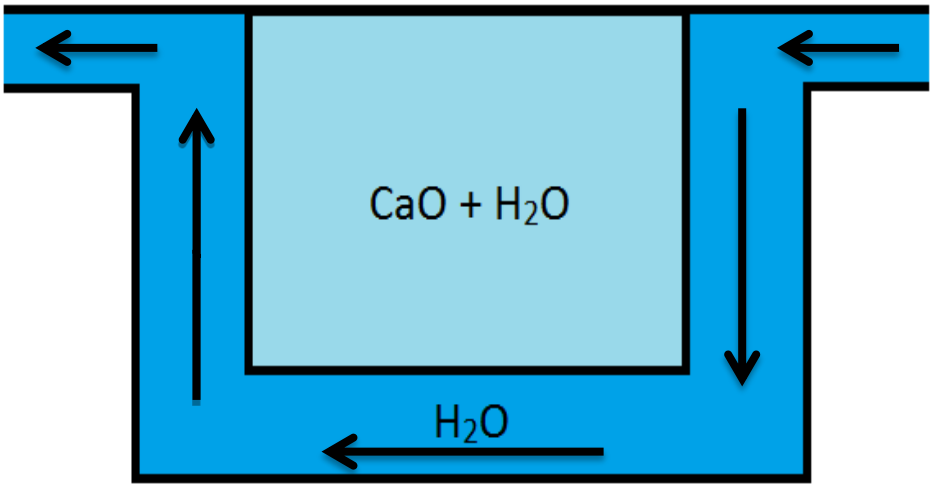



Рис. 1

***Решение:***

**Реакция, проходящая в реакторе, описывается следующим уравнением:**

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 + Q$$

**Количество вещества CaO составляет:**

**$n(CaO) = m(CaO)/M(CaO)$ = 3 моль.**

**Количество вещества $H_2O$ в реакторе (не в системе охлаждения!) составляет:**

**$n(H_2O) = m(H_2O)/M(H_2O)$ = 23 моль.**

**Избыток количества вещества воды - $n(H_2O)_{изб}$ = 23 моль – 3 моль = 20 моль (видно из реакции).**

**Количество вещества $Ca(OH)_2$, образовавшегося в результате реакции, составит:**

**$n(Ca(OH)_2) = m(Ca(OH)_2)/M(Ca(OH)_2)$ = 3 моль.**

**$Q_{общ} = n(Ca(OH)_2)\cdot q$ = 195 кДж – общий тепловой эффект реакции**

**$Q_{общ} = c_n(Ca(OH)_2)\cdot n(Ca(OH)_2)\cdot(t_2 - t_1) + c_n(H_2O)\cdot n(H_2O)_{изб}\cdot(t_2 - t_1) + c_n(H_2O)\cdot n(H_2O)_н\cdot(t_2 - t_1)$**

**$n(H_2O)_н$ – количество вещества воды, которое должен прокачать насос через систему охлаждения за время $\tau$.**

**$n(H_2O)_н = (Q_{общ} - c_n(Ca(OH)_2)\cdot n(Ca(OH)_2)\cdot(t_2 - t_1) - c_n(H_2O)\cdot n(H_2O)_{изб}\cdot(t_2 - t_1))/(c_n(H_2O)\cdot(t_2 - t_1)) \approx 495{,}47$ моль**

**$m_н(H_2O) = M(H_2O)\cdot n(H_2O)_н \approx 8918$ г**

**$m_н(H_2O)$ —масса воды, которую должен прокачать насос через систему охлаждения за время $\tau$.**

**$N = A/\tau$ – мощность насоса**

**$A = F\cdot h$ – работа насоса**

**$F = m_н\cdot g$ – сила тяжести**

**$N = m_н\cdot g\cdot h/\tau \approx 0{,}728$ Вт**

***Ответ: 0,728 Вт.***

**Задача 3 (18 баллов).**

В четверг утром юный химик Василий захотел получить со своим учителем какой-нибудь приятный аромат в лаборатории. Для этого они смешали 175 г энантола с 400 г пятихлористого фосфора. Выделенное затем из смеси продуктов реакции органическое соединение A (η% = 70%) было загружено в железный бачок вместе с размельченным гидроксидом калия и оставлено на 12 часов. Затем экспериментаторы отогнали новый продукт, осушили его и провели фракционирование (собранная фракция 100-104˚C). Получили вещество B массой 45 г. Осознав, что уже пришли выходные, Василий поехал к бабушке, а его учитель решил помочь ему и за 2 дня получил из продукта B 35 г гептинкарбоновой кислоты. Вернувшись в понедельник Василий заметил отсутствие склянки с 10,8 г натрия, а банка с разбавленной серной кислотой показалась ему неполной. "Наверняка чего-нибудь ещё не хватает", - подумал он. Затем он взял полученную ранее учителем гептинкарбоновую кислоту, смешал ее с концентрированной серной кислотой и неким органическим веществом C, имеющим плотность по меди 0,5, и поставил на водяную баню. После продолжительного нагревания экспериментаторами был выделен конечный органический продукт D (η% = 75%), и лабораторию наполнил нежный аромат зелени фиалки. "Опыт удался", - отметил Василий.

1. Определите вещества A, B, C, D.
2. Напишите уравнения всех описанных процессов.
3. Определите массу веществ A и D.
4. Посчитайте суммарный выход данного процесса.

***Решение:***

**Энантол (н-гептаналь) имеет формулу $CH_3 – [CH_2]_5 – CHO$.**

**Тогда уравнение реакции, по которой получено соединение A, будет выглядеть так:**

$$CH_3 – [CH_2]_5 – CHO + PCl_5 \rightarrow CH_3–[CH_2]_5–CHCl_2 + POCl_3 \quad \textbf{(I)}$$

**Вещество A – 1,1-дихлоргептан, который имеет формулу $CH_3–[CH_2]_5–CHCl_2$.**

**Взаимодействие 1,1-дихлоргептана с гидроксидом калия можно описать следующим уравнением реакции:**

$$CH_3–[CH_2]_5–CHCl_2 + 2KOH \rightarrow CH_3–[CH_2]_4–C\equiv CH + 2KCl + 2H_2O \quad \textbf{(II)}$$

**Полученное после отгонки, сушки и фракционирования вещество B – гептин-1, который имеет формулу $CH_3–[CH_2]_4–C\equiv CH$.**

**Во время пребывания Василия у бабушки вещество B претерпевало изменения, описываемые следующими уравнениями реакций:**

$$2CH_3–[CH_2]_4–C\equiv CH + 2Na \rightarrow 2CH_3–[CH_2]_4–C\equiv CNa + H_2\uparrow$$
$$CH_3–[CH_2]_4–C\equiv CNa + CO_2 \rightarrow CH_3–[CH_2]_4–C\equiv C–COONa \quad \textbf{(III)}$$
$$CH_3–[CH_2]_4–C\equiv C–COONa + H_2SO_{4\ разб.} \rightarrow CH_3–[CH_2]_4–C\equiv C–COOH + NaHSO_4$$

**Гептинкарбоновая кислота – $CH_3–[CH_2]_4–C\equiv C–COOH$.**

**Вещество C – метанол ($CH_3OH$), токсичное соединение, имеющее плотность по меди, равную 0,5. В присутствии концентрированной серной кислоты и при повышенной температуре метанол и гептинкарбоновая кислота образуют сложный эфир в соответствии со следующим уравнением реакции:**

$$CH_3–[CH_2]_4–C\equiv C–COOH + CH_3OH \rightarrow CH_3–[CH_2]_4–C\equiv C–COOCH_3 + H_2O \quad \textbf{(IV)}$$

**Вещество D – метиловый эфир гептинкарбоновой кислоты, имеющий формулу $CH_3–[CH_2]_4–C\equiv C–COOCH_3$. Это соединение имеет запах зелени фиалки и используется в парфюмерной и косметической промышленности.**

**Масса вещества A (1,1-дихлоргептана), образующегося в ходе реакции (I), рассчитывается следующим образом:**

**$\nu$ (энантол) = (175 г) / (114 г/моль) = 1,54 моль – недостаток**

**$\nu(PCl_5)$ = (400 г) / (208,5 г/моль) = 1,92 моль – избыток**

**$\nu_т$(1,1-дихлоргептан) = $\nu$(энантол) = 1,54 моль**

**Тогда теоретическая масса 1,1-дихлоргептана составит:**

**$m_т$(1,1-дихлоргептан) = (1,54 моль) * (169 г/моль) = 260,26 г**
**Так как по условию задачи выход реакции (I) $\eta_{\%}$ составляет 70%, практическая масса 1,1-дихлоргептана будет равна:**
**$m_п$(1,1-дихлоргептан) = 260,26 г * 0,7 = <u>182 г</u>.**

**Масса вещества D (метилового эфира гептинкарбоновой кислоты – МЭГКК), образующегося в результате реакции (IV) из гептинкарбоновой кислоты (ГКК), рассчитывается следующим образом:**
**$\nu_п$(ГКК) = (35 г) / (140 г/моль) = 0,25 моль**
**Метанол взят в избытке по условию задачи.**
**$\nu_т$(МЭГКК) = $\nu$(ГКК) = 0,25 моль**
**Тогда теоретическая масса МЭГКК составит:**
**$m_т$(МЭГКК) = (0,25 моль) * (154 г/моль) = 38,5 г**
**Так как по условию задачи выход реакции (IV) $\eta_{\%}$ составляет 75%, практическая масса МЭГКК будет равна:**
**$m_п$(МЭГКК) = 38,5 г * 0,75 = <u>28,88 г</u>.**

**Суммарный выход процесса получения МЭГКК из энантола представляет собой произведение выходов всех реакций или блоков реакций, их которых состоит процесс:**
**$\eta_{пр} = \eta_I * \eta_{II} * \eta_{III} * \eta_{IV}$, где $\eta_{III}$ представляет собой выход блока реакций (III).**
**Из условия задачи известны $\eta_I$ (70%) и $\eta_{IV}$ (75%).**
**$\eta_{II}$ можно вычислить следующим образом с использованием данных, полученных выше:**
**$m_п$(гептин-1) = 45 г – из условия задачи**
**$\nu_т$(гептин-1) = $\nu_п$(1,1-дихлоргептан) = $\nu_т$(1,1-дихлоргептан) * $\eta_I$ = (1,54 моль) * 0,7 = 1,078 моль**
**$m_т$(гептин-1) = $\nu_т$(гептин-1) * (96 г/моль) = (1,078 моль) * (96 г/моль) = 103,49 г**
**$\eta_{II} = m_п$(гептин-1) / $m_т$(гептин-1) = (45 г) / (103,49 г) = 43,48%.**

**$\eta_{III}$ можно вычислить следующим образом с использованием данных, полученных выше:**
**$m_п$(ГКК) = 35 г – из условия задачи**
**$m_п$(гептин-1) = 45 г – из условия задачи**
**$\nu_т$(ГКК) = $\nu_п$(гептин-1) = $m_п$(гептин-1) / (96 г/моль) = (45 г) / (96 г/моль) = 0,469 моль**
**$m_т$(ГКК) = (0,469 моль) * (140 г/моль) = 65,66 г**
**$\eta_{III} = m_п$(ГКК) / $m_т$(ГКК) = 35 г / 65,66 г = 53,31%.**

**Тогда суммарный выход:**
**$\eta_{пр} = \eta_I * \eta_{II} * \eta_{III} * \eta_{IV}$ = 0,7 * 0,4348 * 0,5351 * 0,75 = 0,1222 = <u>12,22%</u>.**

**Задача 4 (6 баллов).**

Любое вещество можно применить как во благо, так и во вред. В частности, это касается и тринитроглицерина – вещества, патент на использование которого в составе динамита принадлежит Альфреду Нобелю, из фонда которого ежегодно выплачивается премия за самые значимые достижения в различных областях науки. В то же время, данное вещество достаточно широко используется в медицине, и даже спасает людям жизни, будучи экстренным препаратом при сердечном приступе.

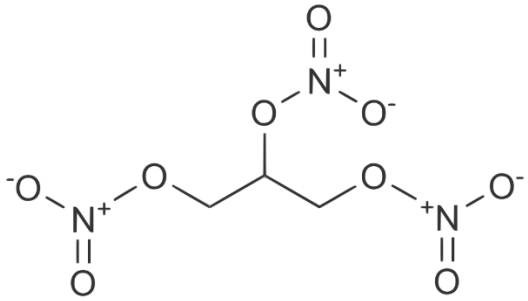
Нарисуйте структурную формулу тринитроглицерина. К какому классу веществ его можно отнести?

Чем химически обуславливается нестабильность нитроглицерина, приводящая к взрыву?

Предложите несколько способов повышения стабильности данного вещества.

***Решение:***

**На рисунке ниже представлена структурная формула молекулы тринитроглицерина:**



**Тринитроглицерин можно отнести к классу сложных эфиров азотной кислоты (О-нитросоединениям).**

**Причина неустойчивости нитроглицерина объясняется строением его молекулы. В молекуле нитроглицерина, кроме атомов углерода и водорода, содержатся атомы кислорода в количестве, достаточном для внутримолекулярного окисления данного соединения до углекислого газа, азота и воды. Препятствием к этому служат входящие в состав молекулы нитроглицерина атомы азота, которые как бы барьером отделяют атомы кислорода от атомов углерода и водорода и сами стремятся соединиться друг с другом в прочные молекулы. Достаточно, однако, малейшей причины (например, легкого сотрясения), чтобы произошла перегруппировка атомов с выделением углекислого газа, воды, кислорода и азота.**

**Для повышения стабильности нитроглицерин можно смешивать с каким-либо пористым носителем: например, кизельгуром (способ, использовавшийся А. Нобелем для производства динамита).**

**Также для повышения стабильности во время транспортировки использовался способ смешения нитроглицерина с метиловым спиртом. После перевозки к смеси добавляли воду, растворяя метанол и осаждая нитроглицерин.**

**Задача 5 (11 баллов).**

Хранение водорода — одно из промежуточных звеньев в технологическом цикле водорода от его производства до потребления. Разработка наиболее экономичных и эффективных способов хранения водорода представляет собой одну из главных технологических проблем водородной энергетики. Одним из перспективных подходов для этого является использование гидридов различных металлов, которые при нагревании выделяют водород.

Гидриды - вещества, образованные ионами металлов и соответствующим валентности металла количеством ионов водорода.

Предположите, какой гидрид металла имеет наибольшую теоретическую эффективность (отношение массы связанного водорода к массе гидрида).

Какие свойства необходимы металлам для получения максимальной теоретической эффективности?
Какое количество водорода сможет удержать 1 кг металла с максимальной теоретической эффективностью в результате образования гидрида?
В резервуаре какого объема можно будет хранить водород, выделенный 1 кг наиболее эффективного гидрида, чтобы давление на стенки резервуара не превышало 5 бар при температуре $0^oC$?

***Решение:***
**Основные критерии для расчета теоретической эффективности – атомная масса металла и его валентность. Наилучшими с этой точки зрения является самый легкий металл – литий и его сосед по таблице Менделеева бериллий. Атомная масса бериллия несколько выше, однако он может присоединить к себе в два раза больше атомов водорода, образуя гидрид $BeH_2$, являясь самым эффективным металлом в условиях нашей задачи. Его эффективность составляет 2:(9+2) = 0,18.**
**1 килограмм бериллия сможет присоединить 222,2 г водорода (111,1 моль).**
**1 кг $BeH_2$ хранит в себе 1000/(9+2) = 90,9 моль $H_2$.**
**При $0^oC$ и давлении 5 бар (500 кПа) выделенный 1 кг $BeH_2$ водород займет:**
**V = nRT/P = 90,9*8,3*273/500 = 411,9 л.**
***Ответ: $BeH_2$; как можно большая валентность с как можно меньшей атомной массой; 222,2 грамма; 411,9 литров.***

**Задача 6 (16 баллов).**
Хлорирование простого вещества X, которое хранится под водой, приводит к образованию сильного хлорирующего агента A (85,13% хлора по массе). Взаимодействие вещества A с водой дает полярное газообразное двухатомное соединение B, которое при растворении в воде дает кислотную среду. Оцените период малых колебаний молекул B в однородном электрическом поле напряженностью E = 100 В/см. В качестве модели молекулы взять легкий жесткий стержень с длиной, равной межатомному расстоянию в молекуле B, на концах которого находятся материальные точки с массами, равными массам атомов, входящими в молекулу B, и с зарядами +q и –q, где q – величина заряда электрона.

***Решение:***
**Определим состав хлорирующего агента A, общую формулу которого можно выразить как $X_nCl_y$:**
**$\omega\%(Cl)=y\cdot\mu(Cl)\cdot100\%/(y\cdot\mu(Cl)+n\cdot\mu(X))$;**
**$0,8513 = y\cdot35,5/(y\cdot35,5+n\cdot\mu(X))$;**
**$6,2y=n\cdot\mu(X)$;**
**y = 5; n=1; μ(X)=31 – данному значению по таблице Менделеева, соответствует фосфор (P) – элемент, одна из главных аллотропных модификаций которого (белый фосфор) хранится под водой.**
**Таким образом, состав хлорирующего агента A - $PCl_5$.**
**Уравнение реакции хлорирования: $2P+5Cl_2 = 2PCl_5$**
**Взаимодействие вещества A с водой:**
**$PCl_5+H_2O = POCl_3 +2HCl\uparrow$ - таким образом, искомое двухатомное полярное соединение B – HCl.**

**Поскольку молекула HCl в целом нейтральна, её центр масс в однородном электрическом поле покоится (или движется равномерно и прямолинейно; в этом случае перейдем в инерциальную систему отсчета, движущуюся поступательно вместе с центром масс). В состоянии равновесия молекула ориентирована вдоль поля; при отклонении от этого положения возникает момент сил, возвращающий молекулу в равновесное положение и приводящий к вращательным**

**колебаниям молекулы. Так как масса атома хлора существенно превосходит массу атома водорода, можно считать, что атом хлора находится в центре масс и потому покоится. Это означает, что атом водорода движется так же, как и грузик маятника длины d = 1.27 A (равновесное межатомное расстояние в молекуле HCl) в однородном поле тяжести, в котором ускорение свободного падения равно $g_E = qE/m_H$, где $m_H$ – масса атома водорода, а q – заряд протона. Период малых колебаний такого маятника равен $T = 2\pi(d/g_E)^{1/2} = 2\pi(d \cdot m_H/(qE))^{1/2} \approx 7.2\ 10^{-11}$ с $\approx 10^{-10}$ сек.**

***Ответ: $10^{-10}$ с.***

**Задача 7 (10 баллов).**

В закрытом сосуде объемом 70 мл при комнатной температуре находится 10 г хлороформа (формула $CHCl_3$). Чему бы было равно давление в сосуде, если бы силы межмолекулярного взаимодействия отсутствовали?

***Решение:***

**При отсутствии сил межмолекулярного взаимодействия хлороформ будет вести себя как идеальный газ.**

**В таком случае, для вычисления давления в сосуде можно воспользоваться уравнением Менделеева-Клапейрона:**

$$PV = nRT,\ P = nRT/V$$

**Количество моль хлороформа составляет n = 10/119,5 моль, R = 8,3 Дж/(моль*К), температура по условию составляет T = 20°C = 293K (для «комнатной температуры» допустимо также любое значение в промежутке между 20°C и 25°C), V = 70 мл = $7*10^{-2}$ л.**

**Тогда:**

$$P = \frac{10 * 8,3 * 293}{119,5 * 7 * 10^{-2}} \approx 2,9 \text{ МПа} \approx 29 \text{ атм.}$$

***Ответ: 29 атмосфер.***

**Задача 8 (10 баллов).**

Вещество А, используемое при проявлении фотографий, производстве гваякола и крашении меха, имеет плотность по меди 1,72.

Что это за вещество?

Предложите метод синтеза вещества А из о-дихлорбензола, указав условия синтеза.

***Решение:***

**Молярная масса вещества А равна 1,72 молярных масс Cu и составляет 1,72 * 64 г/моль = 110 г/моль.**

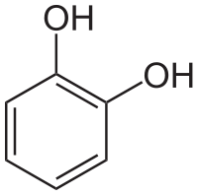
**При промышленном и лабораторном производстве гваякола в качестве исходного сырья используют пирокатехин (формула $C_6H_4(OH)_2$).**

**Пирокатехин в смеси с n-фенилендиамином используют для придания меху стойкого черного цвета.**

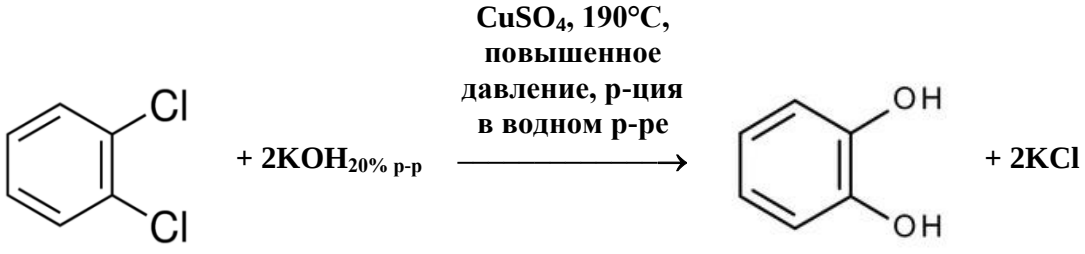
**Также пирокатехин входит в состав проявителя Atomal F и некоторых прочих.**

**Наконец, молекулярная масса пирокатехина составляет 110 г/моль.**

**Вещество А - пирокатехин (о-дигидроксибензол):**



**Из о-дихлорбензола его можно получить по указанной ниже реакции с условиями:**



# Задания второго тура отборочного этапа Олимпиады «Ломоносов» по инженерным наукам 2016/2017 10-11 классы

**Тестовая задача (1 балл).**

В результате разложения карбоната магния выделилось 4,4 г газа. Определите давление, которое создаст этот газ в сосуде, объемом $10^{-3}$ м$^3$ при температуре 361 К. Выразите ответ в кПа, округлив его до целых. Размерность в ответе не указывать.

***Решение:***

**Запишем реакцию разложения карбоната магния:**

**$MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$**

**Количество $\nu(CO_2) = m(CO_2)/\mu(CO_2)$**

**$\nu(CO_2) = 4{,}4$ г / (44 г/моль) = 0,1 моль**

**Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона: $PV = \nu RT$ , выразим давление: $P = \nu RT/V$**

**$P = (0{,}1 \text{ моль} \cdot 361 \text{ К} \cdot 8{,}314 \text{ Дж/моль·К}) / (10^{-3} \text{ м})^3 = 300135{,}4$ Па ≈ 300 кПа.**

***Ответ: 300.***

**Задача 1 (12 баллов).**

Стол имеет форму квадрата со стороной a = 1 м. Можно ли подвесить над этим столом лампу с полным световым потоком Ф = 1000 лм так, чтобы во всех точках поверхности стола освещенность превышала $E_{min}$ = 60 лк, и, если можно, то на какой высоте над столом нужно повесить лампу (если существует не один вариант ответа, укажите любой подходящий)? Лампу считать точечным источником света, создающим равномерный по всем направлениям световой поток.

***Решение:***

**Ясно, что достаточно ограничиться случаем, когда лампа висит над центром стола (если лампа висит не над центром стола, то мы можем повысить минимальную освещенность, поместив ее на той же высоте $h$ над центром). Минимальная освещенность при этом достигается в углах стола, которые находятся на расстоянии $d = a/\sqrt{2}$ от центра стола. Эта освещенность равна $E = \frac{\Phi}{4\pi}\frac{h}{(d^2+h^2)^{3/2}} = \frac{\Phi}{4\pi d^2}\frac{x}{(1+x^2)^{3/2}}$, где $x = h/d$. Исследование функции $f(x) = \frac{x}{(1+x^2)^{3/2}}$ на максимум показывает, что максимально достижимая освещенность $E$ в углах стола в такой ситуации (лампа подвешена над центром стола) достигается при $x = 1/\sqrt{2}$ и равна $E_{max} = \frac{\Phi}{6\sqrt{3}\pi d^2} \approx 61{,}26$ лк. Таким образом, требуемую в задаче освещенность можно обеспечить, подвешивая лампу над центром стола на высоте $h = xd = \frac{a}{2} = 0{,}5$м.**

***Ответ: можно, на высоте 0,5 м над центром стола.***

**Задача 2 (10 баллов).**

При образовании воды в результате сгорания водорода в кислороде на 1 моль сгоревшего водорода выделяется 285 кДж теплоты. Можно ли провести электролиз воды с помощью одного источника тока с ЭДС, равной 1.4 В?

***Решение:***

**При сгорании одного моля водорода получается один моль воды, поэтому при образовании одной молекулы воды выделяется энергия $W_1 = W/ N_A$, где W = 285 кДж, а $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ – число Авогадро. Поэтому при электролизе (разложении) одной молекулы воды источник тока должен совершить работу $A \geq W_1$. Но при этом через цепь должен проходить заряд $2e$, где $e$ – заряд электрона, т.е. работа источника тока с ЭДС U должна быть равна $A = 2eU \geq W_1$. Таким образом, минимально необходимая ЭДС равна $U_{min} = W_1/2e \approx 1{,}48$ В > 1,4 В.**
***Ответ: нельзя.***

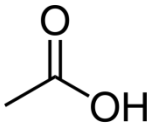
**Задача 3 (12 баллов).**
Переливая при комнатной температуре ($T_{комн}$ = 20 °C) 30% водный раствор перекиси водорода из прозрачной стеклянной литровой банки в другой сосуд, в ней случайно оставили 5 г раствора. Затем банку плотно закрыли и поставили на подоконник. Под действием солнечного света банка вместе со всем содержимым нагрелась до 40 °C, а перекись полностью разложилась. Какое давление возникло при этом в банке? Давление насыщенного водяного пара при T = 40 °C равно 7.38 кПа.

***Решение:***
**При температуре T = 40 °C в одном литре сдержится всего 51 мг насыщенного водяного пара, что гораздо больше, чем имеющееся в банке количество воды; поэтому водяной пар в банке будет насыщенным и его парциальное давление будет равно давлению насыщенного пара, т.е. $P_{пара}$ = 7,38 кПа. В 5 г 30% раствора содержится 1,5 г (т.е. 0,0441 моля) перекиси водорода. Поэтому при её разложении выделится 0,022 моля кислорода. При температуре T = 40 °C такое количество идеального газа в объёме V = 1 л (мы пренебрегаем объемом, занимаемым в банке водой) создает давление $P_{кислорода}$ = 57,4 кПа. Считая, что давление воздуха при $T_{комн}$ = 20 °C составляло 101,3 кПа, находим, что при T = 40 °C его давление стало равным $P_{воздуха}$ = 108,2 кПа. Таким образом, полное давление газа в банке будет равным $P = P_{воздуха} + P_{кислорода} + P_{пара}$ = 173 кПа.**
***Ответ:* 173 кПа.**

**Задача 4 (18 баллов).**
Хомяк юного химика Анатолия Семка повредил себе лапку. Чтобы облегчить боль своего питомца, Анатолий решил синтезировать какой-нибудь обезболивающий препарат в лаборатории вместе со своим учителем. Для этого рано утром они смешали 35 г п-толуидина с 53 г 80% уксусной кислоты при длительном нагревании. После отгонки образовавшейся воды, промывки и сушки они получили 43 г сероватого вещества A. Затем они добавили полученное вещество A в предварительно нагретую на водяной бане до 70 °C смесь 860 мл воды, 43 г сернокислого магния и уксуснокислого натрия. После этого полученный раствор подогрели еще на 5 °C и стали добавлять маленькими порциями 136 г перманганата калия. После отфильтровывания образовавшейся перекиси марганца полученный водный раствор обработали соляной кислотой и выделили белый осадок B, причем выход продукта составил 85 %. Осознав, что уже очень поздно, Анатолий побежал домой, проверить своего питомца. Учитель же решил остаться и в отсутствие своего подопечного провел этилирование вещества B, получив вещество C ($\eta$% = 90%). Вернувшись утром, Анатолий заметил отсутствие склянки с 132 г 96% этилового спирта. "Наверняка чего-нибудь еще не хватает", - подумал он. Затем взял полученное учителем вещество C, растворил в воде и обработал содой. После этого он подверг его перекристаллизации и обработке активированным углем, получив в результате 32 г обезболивающего препарата D. "Семке больше не будет так больно", - заключил Анатолий.
1. Определите вещества A, B, C, D.

2. Напишите уравнения всех описанных процессов.
3. Определите массу веществ B и C.
4. Посчитайте суммарный выход данного процесса.

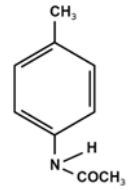
***<u>Решение:</u>***




**п-толуидин** **уксусная кислота**

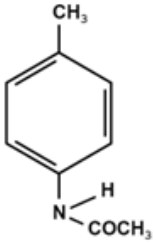
**Запишем уравнение реакции взаимодействия п-толуидина с уксусной кислотой при длительном нагревании:**

**+ $CH_3COOH$ →**

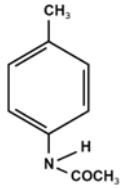



**+ $H_2O$** **(I)**

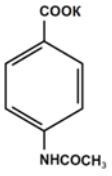
**Полученное в результате обработки полученных в данной реакции продуктов сероватое вещество A - п-ацетотолуидин:**




**Обработку п-ацетотолуидина нагретым водным раствором сернокислого магния и уксуснокислого натрия с добавлением перманганата калия можно описать следующим уравнением:**

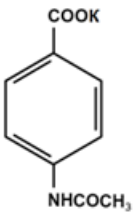



**+ $2KMnO_4$ + $MgSO_4$** $\xrightarrow{CH_3COONa}$

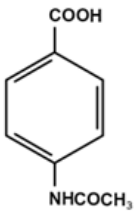



**+ $2MnO_2$ + $KHSO_4$+$Mg(OH)_2$** **(IIa)**

**При обработке раствора с продуктами реакции соляной кислотой соль п-ацетоаминобензойной кислоты переходит в п-ацетоаминобензойную кислоту:**

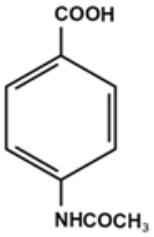



**+HCl →**

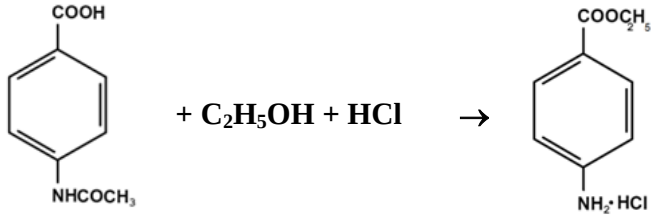



**+ KCl** **(IIb)**

**Белый осадок B, выделенный из продуктов реакции (IIb) - п-ацетоаминобензойная кислота:**

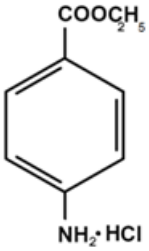



**В отсутствие Анатолия учитель использовал 96% раствор этанола (и еще соляную кислоту) для проведения этилирования п-ацетоаминобензойной кислоты, которое проходило по следующему уравнению:**

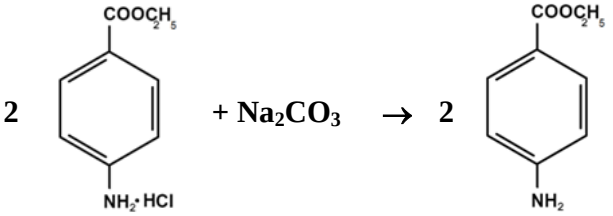



**(III)**

**Полученное в ходе реакции (III) вещество C - солянокислая соль анестезина (4-аминобензойной кислоты этилового эфира):**

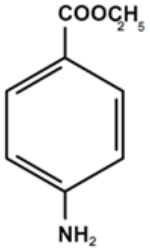



**При взаимодействии солянокислой соли анестезина с содой (в данном уравнении используется кальцинированная сода, хотя пригодна и питьевая) реакция проходит по следующему уравнению:**




**(IV)**

**Обезболивающий препарат D, выделенный в результате обработки раствора с продуктами реакции (IV) - анестезин (4-аминобензойной кислоты этиловый эфир):**




**Масса вещества B (п-ацетоаминобензойная кислота), полученного в результате реакций (IIa) и (IIb), рассчитывается следующим образом:**

**ν(п-ацетотолуидин) = (43 г) / (149 г/моль) = 0,29 моль**

**ν($KMnO_4$) = (136 г) / (158 г/моль) = 0,86 моль**

**ν($MgSO_4$) = (43 г) / (120,3 г/моль) = 0,36 моль**

**Так как ν(п-ацетотолуидин) < ν($MgSO_4$) < 2ν($KMnO_4$), то п-ацетотолуидин в недостатке, значит, решать нужно по нему.**

**Теоретическая масса получаемого из калиевой соли п-ацетоаминобензойной кислоты (соль пААБК) вещества В (п-ацетоаминобензойной кислоты - пААБК) рассчитывается следующим образом:**
**$\nu_т$(пААБК) = $\nu_т$(соль пААБК) = $\nu$(п-ацетотолуидин) = 0,29 моль**
**$m_т$(пААБК) = (0,29 моль) * (179 г/моль) = 51,91 г**
**Так как нам известен выход продукта В (85%), то мы можем найти практическую массу полученного вещества В (п-ацетоаминобензойной кислоты):**
**$m_п$(пААБК) = $m_т$(пААБК)*0,85 = <u>44,12 г</u>**

**Теоретическая масса вещества С (солянокислой соли анестезина - Анестезин·HCl), которая должна была быть получена в результате этилирования по реакции (III), рассчитывается следующим образом:**
**$\nu_т$(Анестезин·HCl) = $\nu_п$(пААБК) = $m_п$(пААБК) / (179 г/моль) = (44,12 г) / (179 г/моль) = 0,25 моль**
**$m_т$(Анестезин·HCl) = $\nu_т$(Анестезин·HCl) * (201,5 г/моль) = (0,25 моль) * (201,5 г/моль) = 50,38 г**
**Так как нам известен выход продукта С (90%), то мы можем найти практическую массу полученного вещества С (солянокислой соли анестезина):**
**$m_п$(Анестезин·HCl) = $m_т$(Анестезин·HCl)*0,9 = <u>45,34 г</u>**

**Суммарный выход процесса получения анестезина из п-толуидина представляет собой произведение выходов всех реакций или блоков реакций, из которых состоит процесс:**
**$\eta_{пр\%} = \eta_I * \eta_{II} * \eta_{III} * \eta_{IV} * 100\%$, где $\eta_{II\%}$ представляет собой выход блока реакций (II).**
**Из условия задачи известны $\eta_{II\%}$ (85%) и $\eta_{III\%}$ (90%).**

**$\eta_I$ можно вычислить следующим образом с использованием данных, полученных выше:**
**$m_п$(п-ацетотолуидин) = 43 г - из условия задачи**
**m(п-толуидин) = 35 г - из условия задачи**
**$\nu_т$(п-ацетотолуидин) = m(п-толуидин) / (107 г/моль) = 0,33 моль**
**$m_т$(п-ацетотолуидин) = $\nu_т$(п-ацетотолуидин) * (149 г/моль) = 49,17 г**
**$\eta_{I\%} = 100\% * m_п$(п-ацетотолуидин) / $m_т$(п-ацетотолуидин) = 87,45%**

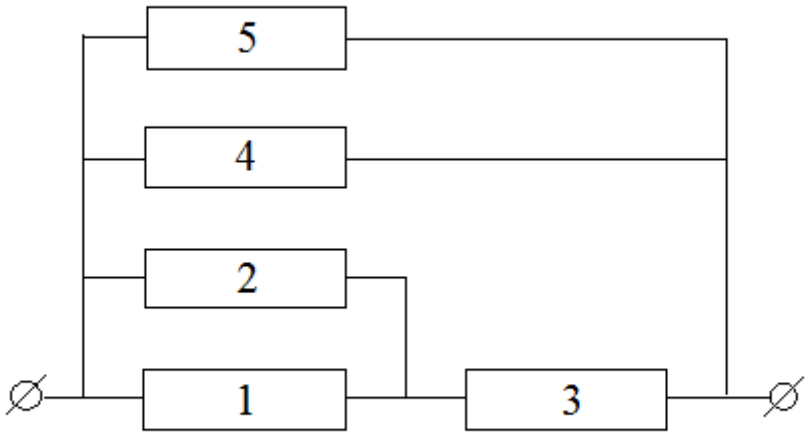
**$\eta_{IV}$ можно вычислить следующим образом с использованием данных, полученных выше:**
**$\nu_т$(анестезин) = $\nu_п$(Анестезин·HCl) = $m_п$(Анестезин·HCl) / (201,5 г/моль) = (45,34 г) / (201,5 г/моль) = 0,23 моль**
**$m_т$(анестезин) = $\nu_т$(анестезин) * (165 г/моль) = (0,23 моль) * (165 г/моль) = 37,95 г**
**$m_п$(анестезин) = 32 г - из условия задачи**
**$\eta_{IV\%} = 100\% * m_п$(анестезин) / $m_т$(анестезин) = 84,32%.**

**Отсюда суммарный выход:**
**$\eta_{пр\%} = \eta_I * \eta_{II} * \eta_{III} * \eta_{IV} * 100\% = 0,8745 * 0,85 * 0,9 * 0,8432 * 100\% =$ <u>56,41%</u>.**

**<u>Задача 5 (13 баллов).</u>**
Электрик Вася создал робота "Электровася" для конструирования электрических схем. В силу скудных познаний Васи в робототехнике функционал "Электроваси" ограничивается двумя видами операций: добавлением к существующей схеме резистора сопротивлением 1 Ом параллельно либо последовательно.
а) Сможет ли "Электровася" создать схему сопротивлением 0,375 Ом, если начальная схема состоит из одного резистора сопротивлением 1 Ом? Ответ поясните.
б) Сможет ли "Электровася" создать схему сопротивлением 0,375 Ом, если в результате программного сбоя он не выполняет операцию параллельного добавления резистора два раза подряд? Начальная схема состоит из одного резистора сопротивлением 1 Ом. Ответ поясните.

***Решение:***

**а) Да, сможет. Удовлетворяющая требованиям схема представлена на рисунке. Нумерация резисторов обозначает порядок их добавления в схему.**




**б) Докажем, что из-за сбоя «Электровася» не может собрать схему сопротивлением меньше 0,5 Ом.**

**Такая схема не могла получиться сразу после последовательного добавления резистора, так как при этом сопротивление схемы становится больше 1 Ом.**

**Рассмотрим схему после параллельного добавления резистора. Пусть до добавления резистора сопротивление схемы было равно r Ом, а после добавления стало равно R Ом. Так как по условию перед параллельным добавлением резистора обязательно было последовательное, r > 1 Ом. По формуле для параллельного соединения резисторов получаем:**

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + 1$$

**r > 1, поэтому $\frac{1}{R} < 2$, R > 0,5 Ом**

**Таким образом, Вася не сможет создать схему сопротивлением 0,375 Ом.**

***Ответ: а) сможет; б) не сможет.***

**Задача 6 (8 баллов).**

В земной коре содержится $1{,}6 \cdot 10^{-3}$ массовых процентов серебристо-белого с синеватым отливом элемента А. Известно, что ацетат данного элемента А имеет сладкий вкус, однако сильно токсичен. Предложите метод синтеза четырехвалентного хлорида элемента А из двухвалентного хлорида элемента А.

***Решение:***

**Элемент А - свинец, вещество серебристо-белого цвета с синеватым отливом. Ацетат свинца (а именно, двухвалентный ацетат $Pb(CH_3COO)_2$) токсичен и имеет сладковатый вкус. Из-за последнего свойства данное вещество в древности использовали в качестве подсластителя, что зачастую приводило к печальным последствиям.**

**Хлорид свинца IV можно получить, к примеру, следующим способом:**

$$PbCl_2 + Cl_2 + 2HCl \rightarrow H_2PbCl_6$$

$$H_2PbCl_6 + 2[(C_2H_5)_3NH]Cl \rightarrow [(C_2H_5)_3NH]_2PbCl_6 + 2HCl$$

$$[(C_2H_5)_3NH]_2PbCl_6 + H_2SO_4 \rightarrow PbCl_4 + [(C_2H_5)_3NH]_2SO_4 + 2HCl.$$

**Задача 7 (10 баллов).**

В сосуде содержится смесь метана и кислорода. После того, как смесь нагрели до температуры $T_0$, метан полностью сгорел по следующей термохимической реакции (обращаем внимание на то, что реакция не уравнена):

$CH_4 + O_2 \rightarrow X + Y + Q$,

1 моль метана при сгорании выделяет Q кДж тепловой энергии (Q считать известным). Назовите вещества X и Y, запишите получившееся уравнение реакции, указав коэффициенты. Оцените температуру получившейся в сосуде смеси, если после реакции горения в сосуде не остается молекул кислорода и метана. Все газы в задаче считать идеальными.

***Решение:***

**Уравненная реакция имеет вид**

**$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + Q$ кДж;**

**таким образом, в результате сгорания одного моля метана получается $n_{CO2} = 1$ моль углекислого газа и $n_{H2O} = 2$ моля водяного пара. Принимая для оценки, что молярная теплоемкость углекислого газа и водяного пара равны 3R, получаем, что выделившаяся энергия приведет к повышению температуры на $\Delta T = \frac{Q}{3R(n_{CO2}+n_{H2O})}$. Поэтому температура получившегося в сосуде газа будут равна $T_1 = T_0 + \frac{Q}{3R(n_{CO2}+n_{H2O})} = T_0 + \frac{Q}{9R}$.**

***Ответ:*** $T_1 = T_0 + \frac{Q}{9R}$

**Задача 8 (16 баллов).**

Инженер Игнат пытается вставить втулку, поперечным сечением которой является равносторонний треугольник со стороной 10,5 см, в стальную трубу длиной 1 м, поперечным сечением которой является квадратная рамка толщиной 1 см. Сторона квадрата, являющегося внутренней границей рамки, равна 10 см. В какой-то момент Игнат вспомнил, что можно расширить трубу, нагревая ее. Для этого он поместил всю трубу в камеру, нагреваемую извне теплом, выделяющимся при сгорании в кислороде вещества А, при этом непосредственно на нагрев трубы уходит 20% выделяющейся теплоты. Какую массу вещества А нужно сжечь, чтобы Игнат сумел вставить втулку в трубу? Коэффициент линейного теплового расширения стали, из которой сделана труба, равен $14{,}3 \cdot 10^{-6}$ $К^{-1}$, удельная теплоемкость стали равна 460 $\frac{Дж}{кг \cdot К}$, плотность стали составляет 7900 кг/м$^3$. Вещество А представляет собой простое вещество, используемое в пиротехнике, гидриды элемента А состава $A_2H_6$, $A_5H_9$, $A_4H_{10}$ используют в качестве высокоэффективного ракетного топлива, сплавы вещества А с углеродом и кремнием обладают крайне высокой твердостью, содержащую элемент А кислоту состава $H_3AO_3$ используют в качестве дезинфицирующего агента и для избавления от насекомых-синантропов, а при сгорании 1 моля вещества А выделяется 632 кДж энергии.

***Решение:***

**1) Для начала поймем, как нужно размещать втулку и трубу друг относительно друга, чтобы требуемое расширение трубы было наименьшим. Для этого нужно определить, как внутрь квадрата поместить равносторонний треугольник с наибольшей стороной.**

**Рассмотрим произвольный равносторонний треугольник внутри квадрата со стороной d. Ограничим этот треугольник четырьмя прямыми, параллельными сторонам квадрата. Эти прямые образуют прямоугольник со сторонами k и l. Нетрудно понять, что хотя бы одна из вершин треугольника совпадает с вершиной прямоугольника (рис. 1). Рассмотрим эту вершину. Так как угол равностороннего треугольника равен 60°, один из углов с вершиной в этой точке между стороной прямоугольника и стороной треугольника не превосходит (90° - 60°)/2 = 15°. Без**

**ограничения общности соответствующая сторона прямоугольника равна k, тогда сторона треугольника не превосходит $\frac{k}{\cos 15^\circ} \leq \frac{d}{\cos 15^\circ}$**

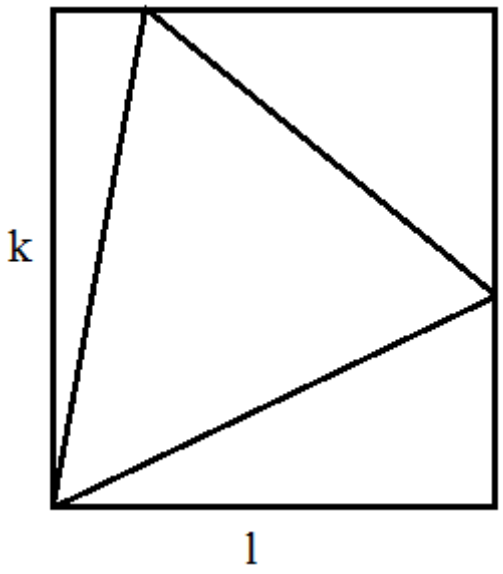



**Рис. 1**

**Из представленного рассуждения сразу следует единственный с точностью до симметрии вариант оптимального расположения равностороннего треугольника внутри квадрата, при котором сторона треугольника максимальна и равна $\frac{d}{\cos 15^\circ}$: одну из вершин треугольника нужно поместить в вершину квадрата, сходящиеся в ней стороны треугольника должны быть на равном удалении от сходящихся в этой вершине сторон квадрата (угол между стороной треугольника и стороной квадрата равен 15°), две другие вершины треугольника должны лежать на сторонах квадрата.**

**2) Теперь рассчитаем, сколько вещества А нужно сжечь, чтобы труба расширилась настолько, чтобы сторона квадрата, являющегося внутренней границей поперечного сечения трубы, была не менее 10,5 · cos15° ≈ 10,143 см. Для такого расширения трубы необходимо нагреть её на**

$$\frac{0{,}10143\text{м} - 0{,}1\text{м}}{0{,}1\text{м} \cdot 14{,}3 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}} = 1000\ \text{K}$$

**Объём стенок стальной трубы составляет 1м · 0,0044м$^2$ = 0,0044м$^3$, поэтому для такого нагрева необходимо передать трубе количество тепла, равное**

**460 Дж/(кг·К) · 7900 кг/м$^3$ · 0,0044м$^3$ · 1000 К = 15,9896 МДж**

**Для этого нужно сжечь $\frac{15{,}9896\ \text{МДж}}{632\ \text{кДж/моль} \cdot 0{,}2}$ = 126,5 моль вещества А.**

**Как нетрудно догадаться, вещество А представляет собой бор, молярная масса которого составляет 11 г/моль. Таким образом, нужно сжечь**

**11 г/моль · 126,5 моль ≈ 1,4 кг бора.**

***Ответ: 1,4 кг.***

# Задания первого тура отборочного этапа Олимпиады «Ломоносов» по инженерным наукам 2016/2017 7-9 классы

**Тестовая задача (1 балл).**

Скоростной поезд отправился от перрона на 10 секунд раньше расписания, поэтому мимо провожающего, стоящего в самом начале платформы, к моменту отправления поезда по расписанию успел проехать 1 вагон. Установите, за какое время с начала движения мимо провожающего проедет весь поезд, если в составе 9 одинаковых по длине вагонов, и он (состав) движется по закону $x = \frac{0{,}5t^2}{2}$, где x – расстояние в метрах, пройденное составом с момента начала движения, а t – время в секундах, прошедшее с момента начала движения. Ответ дайте в секундах.

***Решение:***

***Из уравнения движения состава находим, что длина одного вагона равна $(0{,}5 \cdot 10^2)/2 = 25$ метров. Длина всего состава равна $9 \cdot 25 = 225$ метров. Таким образом, весь состав проедет мимо провожающего за $t = \sqrt{\frac{225 \cdot 2}{0{,}5}} = 30$ секунд.***

***Ответ: 30.***

**Задача 1 (9 баллов).**

Как известно, стволовые клетки способны делиться и дифференцироваться в специализированные клетки, то есть превращаться в клетки различных органов и тканей. Это можно использовать в медицине при лечении разнообразных травм и последствий болезней, сопровождающихся отмиранием тканей. Представим, что для восстановления определенной части ткани необходимо получить и затем дифференцировать чуть больше 2 000 стволовых клеток. Известно, что каждая стволовая клетка делится ежечасно, при этом распадаясь на 2 одинаковых стволовых клетки, а дифференцировка стволовых клеток занимает 7 часов. Сколько часов потребуется на полное восстановление вышеуказанной части ткани у 2 человек, если изначально имеется лишь одна стволовая клетка?

***Решение:***

**Для лечения описанной травмы у двух людей потребуется чуть больше 2 000 * 2 = 4 000 стволовых клеток.**

**Изначально стволовая клетка только одна. Т.к. по условиям задачи ежечасно каждая стволовая клетка удваивается, в любой момент времени их количество равно $2^n$, где n - целое число, равное целому количеству часов, прошедших с начала «наработки» клеток из одной клетки-предшественницы.**

**Отсюда следует, что достаточное для лечения количество клеток будет получено через n часов, где n удовлетворяет следующему условию:**

$$2^n > 4\,000 \qquad \text{(I)}$$

**Равенство строгое, т.к. по условиям задачи клеток для одного человека должно быть чуть более 2 000.**

**Т.к. мы хотим вылечить страдальцев как можно скорее, нужно брать наименьшее целое n, удовлетворяющее неравенству (I). Тогда n будет равно 12 ($2^n = 4\,096$, $2^{n-1} = 2\,048$).**

**Т.о. для наработки необходимого для заживления количества клеток потребуется 12 часов.**

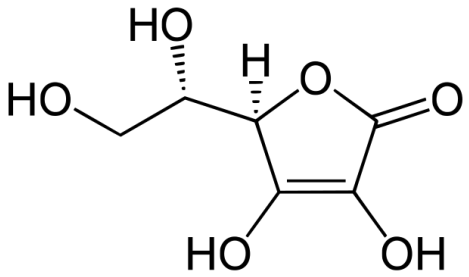
**После того, как необходимое количество клеток будет наработано, они будут дифференцироваться еще 7 часов, причем независимо от количества пациентов. Тогда общее количество времени, которое потребуется на восстановление ткани у двух человек, будет составлять 12 + 7 = 19 часов.**

***Ответ: 19 часов.***

**Задача 2 (9 баллов).**

Драже «Аскорбинка» содержит 99,9 массовых процентов аскорбиновой кислоты, остальное - различные вспомогательные вещества: сахар, крахмал, ароматизатор и т.д. Сколько молекул аскорбиновой кислоты содержится в 50 мг драже?

***Решение:***




**Выше представлена структурная формула аскорбиновой кислоты.**
**Ее брутто-формула $C_6H_8O_6$.**
**Ее молекулярная масса составляет 12*6 + 1*8 + 16*6 = 176 г/моль.**
**В 50 мг драже содержится 0,99900 50 мг = 49,95 мг аскорбиновой кислоты.**
**Тогда количество молекул аскорбиновой кислоты в 50 мг драже будет составлять $N_A$*0,001*49,95/176 = 6,022*$10^{23}$*0,001*49,95/176 = 6,022*$10^{20}$*49,95/176 = 1,709*$10^{20}$ молекул.**
***Ответ:* 1,709*$10^{20}$ молекул.**

**Задача 3 (7 баллов).**

Ответьте на ряд вопросов об открытии химических элементов:

Ученые каких стран открыли больше всего химических элементов?

В каком веке было открыто их наибольшее количество?

Почему в последнее время темпы открытия элементов замедлились?

Чего в таблице Менделеева больше – элементов, названных в честь географических названий или элементов, названных в честь ученых?

Какой элемент таблицы назван в честь нашей страны?

Где было открыто большинство последних элементов таблицы?

На примере получения 114 элемента флеровия расскажите, как получают так называемые трансурановые элементы.

***Решение:***

**На первом месте по количеству открытых химических элементов стоят английские ученые:**

| Атомный номер | Название элемента | Первооткрыватель и метод | Год открытия |
|---|---|---|---|
| 2 | Гелий | Джозеф Норман Локьер (соотнесение линии $D_3$ в солнечном спектре с неизвестным ранее элементом) | 1868 |
| 6 | Углерод | Смитсон Теннант (выделение «свободный» углерод в ходе реакции прокаленного мела с парами фосфора: $6CaCO_3 + 4P \rightarrow 2Ca_3(PO_4)_2 + 5C + CO_2$) | 1791 |
| 7 | Азот | Даниель Резерфорд (исследование продуктов сгорания угля, серы и фосфора) | 1772 |
| 10 | Неон | Уильям Рамзай и Моррис Уильям Траверс (исследование спектра газов-примесей к жидкому аргону) | 1898 |
| 36 | Криптон | | |
| 54 | Ксенон | | |
| 11 | Натрий | Хэмфри Дэви (электролиз увлажненных твердых гидроксидов натрия и калия) | 1807 |
| 19 | Калий | | |
| 12 | Магний | Хэмфри Дэви (гидролиз смеси увлажненного $Mg(OH)_2$ с оксидом ртути) | 1808 |
| 18 | Аргон | Джон Уильям Стретт (лорд Рэлей) (сравнение плотностей азота, извлеченного из атмосферы, с азотом, полученным химическим путем) | 1892 |
| 20 | Кальций | Хэмфри Дэви (электролиз слегка увлажненной гашеной извести) | 1808 |
| 22 | Титан | Уильям Грегор (открытие оксида ранее неизвестного элемента в ходе исследования минерала рутила) | 1789 |
| 38 | Стронций | Адер Крауфорд (исследование минерала стронцианита) | 1790 |
| 41 | Ниобий | Чарльз Хэтчетт (исследование минерала колумбита) | 1801 |
| 45 | Родий | Уильям Гайд Волластон (выделение из раствора самородной платины в царской водке) | 1804 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **46** | **Палладий** | **Уильям Гайд Волластон (исследование раствора самородной платины в царской водке)** | **1803** |
| **76** | **Осмий** | **Смитсон Теннант (исследование осадка, остающегося после растворения самородной платины в царской водке)** | **1804** |
| **77** | **Иридий** | | |
| **81** | **Таллий** | **Уильям Крукс (спектральное исследование отходов сернокислого производства)** | **1861** |
| **86** | **Радон** | **Эрнест Резерфорд (исследование изменения радиоактивности препаратов тория, актиния и радия)** | **Первое десятилетие XX века** |

**Всего английские ученые открыли 20 элементов. Зачастую также считается, что водород был открыт и описан английским ученым Генри Кавендишем в 1766 году, хотя водород и был известен многим ученым XVI-XVIII веков.**
**С учетом водорода английскими учеными был открыт 21 элемент.**

**На втором месте стоят ученые Германии:**

| Атомный номер | Название элемента | Первооткрыватель и метод | Год открытия |
|---|---|---|---|
| **15** | **Фосфор** | **Хенниг Бранд (выделение из мочи)** | **1669** |
| **32** | **Германий** | **Клеменс Александр Винклер (исследование минерала аргиродита)** | **1885** |
| **33** | **Мышьяк** | **Альберт Великий (неизвестно)** | **XIII век** |
| **35** | **Бром** | **Карл Якоб Левиг (вытеснение брома из солей хлором)** | **1825** |
| **37** | **Рубидий** | **Роберт Вильгельм Бунзен и Густав Роберт Кирхгоф (исследование спектра минерала лепидолита)** | **1861** |
| **40** | **Цирконий** | **Мартин Генрих Клапрот (исследование минерала циркона)** | **1789** |
| **48** | **Кадмий** | **Фридрих Штомейер (анализ медицинских препаратов оксида цинка)** | **1817** |
| **49** | **Индий** | **Фердинанд Рейх и Теодор Рихтер (спектральное исследование минерала сфалерита)** | **1863** |
| **52** | **Теллур** | **Франц Йозеф Мюллер (исследование золотоносной руды из Трансильвании)** | **1782** |
| **55** | **Цезий** | **Роберт Вильгельм Бунзен и Густав Роберт Кирхгоф (исследование спектра воды Бад-Дюркхаймского минерального источника)** | **1860** |
| **75** | **Рений** | **Вальтер Ноддак и Ида Такке (исследование рентгеновских спектров продуктов переработки минерала молибденита)** | **1925** |
| **83** | **Висмут** | **Иоганн-Генрих Потт (установление химической индивидуальности висмута и его отличия от других металлов)** | **1739** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **91** | **Протактиний** | **Отто Ган и Лиза Мейтнер (исследование продуктов распада $^{235}U$)** | **1918** |
| **92** | **Уран** | **Мартин Генрих Клапрот (исследование минерала настурана)** | **1789** |
| **107** | **Борий** | **Готтфрид Мюнценберг и др. (бомбардировка мишени из $^{209}Bi$ ионами $^{54}Cr$)** | **1981** |
| **108** | **Хассий** | **Готтфрид Мюнценберг и др. (бомбардировка мишени из $^{208}Pb$ ионами $^{58}Fe$)** | **1984** |
| **109** | **Мейтнерий** | **Готтфрид Мюнценберг и др. (бомбардировка мишени из $^{209}Bi$ ионами $^{58}Fe$)** | **1982** |
| **110** | **Дармштадтий** | **Готтфрид Мюнценберг и др. (бомбардировка мишени из $^{208}Pb$ ионами $^{62}Ni$)** | **1994** |
| **111** | **Рентгений** | **Сигурд Хофманн и др. (в т.ч. ученые из России, Финляндии и Словакии) (бомбардировка мишени из $^{209}Bi$ ионами $^{64}Ni$)** | **1994** |
| **112** | **Коперниций** | **Сигурд Хофманн и др. (в т.ч. ученые из России, Словакии и Финляндии) (бомбардировка мишени $^{208}Pb$ из ионами $^{70}Zn$)** | **1996** |

**Всего немецкие ученые открыли 20 элементов.**

**На третьем месте стоят ученые Швеции:**

| Атомный номер | Название элемента | Первооткрыватель и метод | Год открытия |
|---|---|---|---|
| **3** | **Литий** | **Иоганн Аугуст Арфведсон (Исследование минерала петалита)** | **1817** |
| **8** | **Кислород** | **Карл Вильгельм Шееле (разложение оксида ртути и нитратов щелочных металлов)** | **1771** |
| **17** | **Хлор** | **Карл Вильгельм Шееле (растворение в соляной кислоте минерала пиролюзита)** | **1774** |
| **21** | **Скандий** | **Ларс Фредерик Нильсон (выделение из образцов соли иттербия, полученной Жан-Шарлем Мариньяком)** | **1879** |
| **25** | **Марганец** | **Карл Вильгельм Шееле и Юхан Готлиб Ган (восстановление углем минерала пиролюзита)** | **1774** |
| **27** | **Кобальт** | **Георг Брандт (выделение в металлическом виде из кобальтовой «земли»)** | **1735** |
| **28** | **Никель** | **Аксель Кронстедт (исследование минерала никелина)** | **1751** |
| **34** | **Селен** | **Йенс Якоб Берцелиус (исследование осадка, получившегося в ходе получения серной кислоты из серы)** | **1817** |
| **42** | **Молибден** | **Йенс Якоб Берцелиус (исследование минерала молибденита)** | **1817** |
| **56** | **Барий** | **Карл Вильгельм Шееле (исследование минерала барита)** | **1774** |
| **57** | **Лантан** | **Карл Густав Мосандер (исследование минерала церита)** | **1839** |
| **58** | **Церий** | **Йенс Якоб Берцелиус (исследование минерала бастнезита)** | **1803** |
| **65** | **Тербий** | **Карл Густав Мосандер (исследование примесей в образцах оксида** | **1843** |
| **68** | **Эрбий** | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | **иттрия)** | |
| **69** | **Тулий** | **Пьер Теодор Клеве (исследование примесей в образцах оксида эрбия)** | **1879** |
| **73** | **Тантал** | **Андерс Густав Экеберг (исследование образцов минералов, найденных в Скандинавии)** | **1802** |
| **74** | **Вольфрам** | **Карл Вильгельм Шееле (выделение оксида вольфрама из минерала шеелита)** | **1781** |
| **90** | **Торий** | **Йенс Якоб Берцелиус (исследование минерала торита)** | **1828** |

**Всего шведские ученые открыли 18 элементов.**

**Больше всего элементов было открыто в XIX веке.**
**Это: гелий, литий, бор, фтор, неон, натрий, магний, алюминий, кремний, аргон, калий, кальций, скандий, ванадий, галлий, германий, селен, бром, криптон, рубидий, ниобий, рутений, родий, палладий, кадмий, индий, йод, ксенон, цезий, лантан, церий, празеодим, неодим, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, тантал, осмий, иридий, таллий, полоний, радий, актиний и торий – всего 50 элементов.**

**Темпы открытия новых элементов замедлились, т.к. ко второй половине XX века были обнаружены все химические элементы, обладающие периодами полураспада достаточно долгими, чтобы все еще присутствовать в окружающей среде. Теперь новые, еще не найденные элементы, приходится получать ядерным синтезом, применяя ускорители частиц.**

**«Географические» названия носят 21 элемент.**
**Это: скандий (в честь Скандинавии), медь (лат. Cuprum от названия острова Кипр - греч. Kypros), галлий (в честь Франции - лат. Gallia), германий (в честь Германии), стронций (в честь шотландской деревни Стронтиан), рутений (в честь России (Руси) - лат. Ruthenia), европий (в честь Европы), гольмий (в честь города Стокгольма - от лат. Holmia), тулий (в честь легендарного острова Туле), лютеций (в честь города Парижа - лат. Lutetia Parisiorum), гафний (в честь города Копенгагена - лат. Hafnia), рений (в честь Рейнской провинции), полоний (в честь Польши - лат. Polonia), франций (в честь Франции), америций (в честь Америки), берклий (в честь города Беркли), калифорний (в честь Калифорнийского университета в Беркли), дубний (в честь города Дубны), хассий (в честь немецкой земли Гессен - лат. Hassia), дармштадтий (в честь города Дармштадт) и ливерморий (в честь ь Ливерморской национальной лаборатории имени Э. Лоуренса).**

**В честь ученых названо 14 элементов.**
**Это: гадолиний (в честь Юхана Гадолина), кюрий (в честь Пьера и Марии Кюри), эйнштейний (в честь Альберта Эйнштейна), фермий (в честь Энрико Ферми), менделевий (в честь Дмитрия Ивановича Менделеева), нобелий (в честь Альфреда Нобеля), лоуренсий (в честь Эрнеста Лоуренса), резерфордий (в честь Эрнеста Резерфорда), сиборгий (в честь Гленна Сиборга), борий (в честь Нильса Бора), мейтнерий (в честь Лизы Мейтнер), рентгений (в честь Вильгельма Конрада Рентгена), коперниций (в честь Николая Коперника) и флеровий (в честь Георгия Николаевича Флерова).**

**Как видно, элементов, названных в честь географических мест, больше, чем элементов, названных в честь ученых.**

***Обновление от 30.11.16: 28 ноября 2016 года ИЮПАК официально присвоила элементам 113, 115, 117 и 118 соответственно названия «нихоний» (в честь Японии), «московий» (в честь Московской области и Московии), «теннессин» (в честь штата Теннесси) и «оганесон» (в честь Юрия***

*Цолаковича Оганесяна). Теперь получается, что в «географические» названия носят 24 элемента, а в честь ученых названы 15 элементов. «Географических» элементов все еще больше, чем названных в честь ученых.*

**<u>В честь России назван элемент рутений (лат. Ruthenia - Русь).</u>**
***Обновление от 30.11.16: так как с 28 ноября 2016 года элемент 115 официально называется московием в честь Московской области и Московии (Русского государства, как называли его на западе в XV-XVIII веках), возможный вариант ответа на вопрос про элемент, названный в честь нашей страны - элемент 115 (московий).***

**Подавляющее большинство последних элементов таблицы Менделеева (т.н. трансурановые элементы) в силу их практически полного отсутствия в природных источниках из-за малого периода полураспада получают в лабораториях:**

| Атомный номер | Название элемента | Где получили | Год получения |
|---|---|---|---|
| 93 | Нептуний | Национальная лаборатория имени Лоуренса в Беркли (Lawrence Berkeley National Laboratory) (Беркли, США) | 1940 |
| 94 | Плутоний | Калифорнийский университет в Беркли (University of California, Berkeley) (Беркли, США) | 1940 |
| 95 | Америций | Металлургическая лаборатория Чикагского университета (Metallurgical Laboratory of the University of Chicago) (Чикаго, США) | 1944 |
| 96 | Кюрий | Калифорнийский университет в Беркли (University of California, Berkeley) (Беркли, США) | 1944 |
| 97 | Берклий | Национальная лаборатория имени Лоуренса в Беркли (Lawrence Berkeley National Laboratory) (Беркли, США) | 1949 |
| 98 | Калифорний | Национальная лаборатория имени Лоуренса в Беркли (Lawrence Berkeley National Laboratory) (Беркли, США) | 1950 |
| 99 | Эйнштейний | Испытательный полигон на атолле Эниветок (элемент обнаружен в продуктах взрыва первого в мире термоядерного заряда) | 1952 |
| 100 | Фермий | Испытательный полигон на атолле Эниветок (элемент обнаружен в продуктах взрыва первого в мире термоядерного заряда) | 1952 |
| 101 | Менделевий | Калифорнийский университет в Беркли (University of California, Berkeley) (Беркли, США) | 1955 |
| 102 | Нобелий | Объединенный институт ядерных исследований (Дубна, Россия) | 1966 |
| 103 | Лоуренсий | Национальная лаборатория имени Лоуренса в Беркли (Lawrence Berkeley National Laboratory) (Беркли, США) | 1961 |
| 104 | Резерфордий | Объединенный институт ядерных исследований (Дубна, Россия) | 1964 |
| 105 | Дубний | Объединенный институт ядерных исследований (Дубна, Россия)<br>Калифорнийский университет в Беркли (University of California, Berkeley) (Беркли, США) | 1970 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **106** | **Сиборгий** | **Объединенный институт ядерных исследований (Дубна, Россия)<br>Национальная лаборатория имени Лоуренса в Беркли (Lawrence Berkeley National Laboratory) (Беркли, США)** | **1974** |
| **107** | **Борий** | **Объединенный институт ядерных исследований (Дубна, Россия)** | **1976** |
| **108** | **Хассий** | **Институт тяжелых ионов (Gesellschaft für Schwerionenforschung, GSI) (Дармштадт, Германия)** | **1984** |
| **109** | **Мейтнерий** | **Институт тяжелых ионов (Gesellschaft für Schwerionenforschung, GSI) (Дармштадт, Германия)** | **1982** |
| **110** | **Дармштадтий** | **Институт тяжелых ионов (Gesellschaft für Schwerionenforschung, GSI) (Дармштадт, Германия)** | **1994** |
| **111** | **Рентгений** | **Институт тяжелых ионов (Gesellschaft für Schwerionenforschung, GSI) (Дармштадт, Германия)** | **1994** |
| **112** | **Коперниций** | **Институт тяжелых ионов (Gesellschaft für Schwerionenforschung, GSI) (Дармштадт, Германия)** | **1996** |
| **113** | **Унунтрий** | **Объединенный институт ядерных исследований (Дубна, Россия)** | **2003** |
| **114** | **Флеровий** | **Объединенный институт ядерных исследований (Дубна, Россия)** | **1998** |
| **115** | **Унунпентий** | **Объединенный институт ядерных исследований (Дубна, Россия)** | **2003** |
| **116** | **Ливерморий** | **Объединенный институт ядерных исследований (Дубна, Россия)** | **2000** |
| **117** | **Унунсептий** | **Объединенный институт ядерных исследований (Дубна, Россия)** | **2009** |
| **118** | **Унуноктий** | **Объединенный институт ядерных исследований (Дубна, Россия)** | **2002** |

**Итак, вот распределение полученных трансурановых элементов по «первооткрывателям» (в спорных случаях, когда невозможно установить первенство, считаем, что элемент был впервые получен несколькими участниками):**

- **Беркли (Национальная лаборатория имени Лоуренса вместе с Калифорнийским университетом в Беркли): 9 элементов.**
- **Атолл Эниветок (Испытательный полигон): 2 элемента.**
- **Чикаго (Металлургическая лаборатория Чикагского университета): 1 элемент.**
- **Дубна (Объединенный институт ядерных исследований): 11 элементов.**
- **Дармштадт (Институт тяжелых ионов): 5 элементов.**

**Объединенный институт ядерных исследований является лидером. Легко заметить, что лидером он будет и в случае, если считать, что первый из «последних элементов таблицы» является какой-либо элемент после урана.**

**<u>Большинство последних элементов таблицы было открыто в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне.</u>**

**Флеровий (как и подавляющее большинство трансурановых элементов) синтезируют с помощью ускорителей частиц, разгоняя пучок тяжелых ионов и бомбардируя ими мишень.**

**$^{288}$Fl и $^{289}$Fl были впервые получены бомбардировкой мишени из $^{244}$Pu ионами $^{48}$Ca:**

$$^{244}_{94}\mathrm{Pu} + {}^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow {}^{288}_{114}\mathrm{Fl} + 4{}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

$$^{244}_{94}\mathrm{Pu} + {}^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow {}^{289}_{114}\mathrm{Fl} + 3{}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

**Позднее были получены $^{286}$Fl, $^{287}$Fl и $^{285}$Fl в результате следующих реакций ядерного синтеза:**

$$^{242}_{94}\mathrm{Pu} + {}^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow {}^{286}_{114}\mathrm{Fl} + 4{}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

$$^{242}_{94}\mathrm{Pu} + {}^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow {}^{287}_{114}\mathrm{Fl} + 3{}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

$$^{242}_{94}\mathrm{Pu} + {}^{48}_{20}\mathrm{Ca} \rightarrow {}^{285}_{114}\mathrm{Fl} + 5{}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

***По причине того, что история химии содержит множество неоднозначных моментов, и разные источники расходятся во мнениях по поводу названий химических элементов и принадлежности их открытия (так, например, «Википедия» утверждает, что иттрий, тербий, эрбий и иттербий названы в честь деревни Иттербю, тогда как учебник «Неорганическая химия: Химия элементов» под редакцией Ю.Д. Третьякова 2007 года издания сообщает, что названия иттрия, тербия и эрбия символизируют разделение исходного минерала иттербита, из которого они были получены, название же иттербия происходит прямо от названия соответствующего минерала), жюри будет считать правильными варианты решения этой задачи, отличные от указанного выше, если предлагаемые варианты будут обоснованы.***

**Задача 4 (8 баллов).**

История развития способов создания высокого давления насчитывает множество этапов. Долгое время в качестве камеры для исследований использовался цилиндр с отверстием, к которому пришлифовывался поршень. Такая камера изображена на рисунке 1. Она позволяла получать давления до 500 атм при высокой степени гидростатичности (т.е. с выполнением закона Паскаля внутри камеры).

Получать бóльшие значения давления не удавалось, т.к. передающая давление среда (отмечена на рисунке 1 темно-серым) начинала просачиваться в зазор между поршнем и цилиндром. Поэтому исследователи перешли к применению различных типов прокладок. Прокладка удерживает внутренний объем камеры герметичным, пока давление, под которым она находится, выше давления внутри камеры. Один из возможных вариантов устройства прокладок на поршне представлен на рисунке 2. Прокладка (ее сечение изображено двумя черными кругами), фиксируемая гайкой (1) через кольцо (2), плотно прижимается к внутренним стенкам цилиндра. Степень обжатия прокладки регулируется усилием, с которым затянута гайка. Применение такого рода прокладок позволило увеличить максимальное давление, получаемое в камере.

Следующим этапом стало применение прокладки и поршня, состоящего из двух частей (см. рисунок 3). Применение такого типа уплотнения позволило увеличить максимальное гидростатическое давление в камере до 30 000 атм. Имея в своем распоряжении рисунок 3 попробуйте объяснить, как работает такое уплотнение и чем такая конструкция лучше использовавшихся ранее (см. рисунки 1 и 2.)

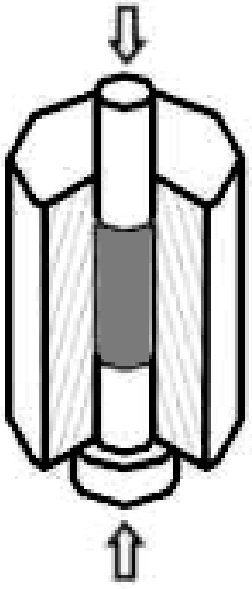


Рисунок 1. Камера высокого давления типа «поршень-цилиндр».

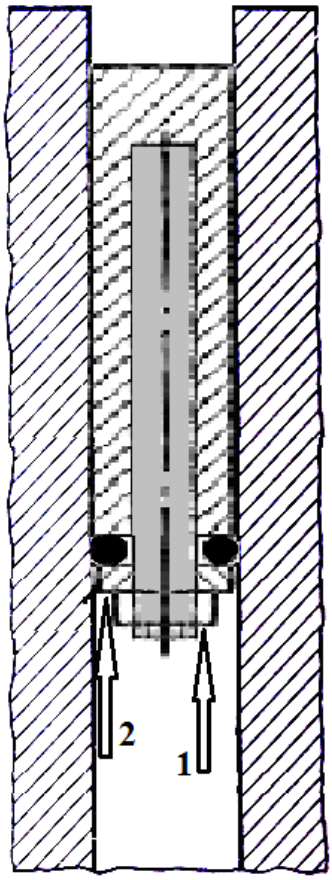



Рисунок 2. Поршень с прокладкой под фиксированным усилием.

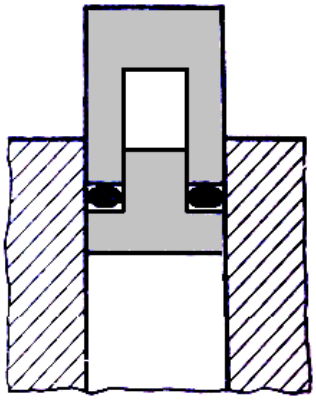


Рисунок 3. Поршень и уплотнение для работы при статических давлениях до 30 000 атм.

***Решение:***

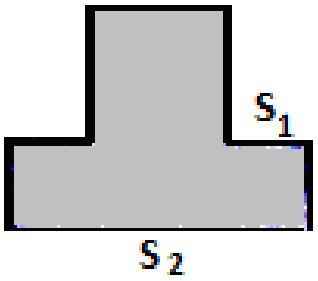
**Такого типа прокладки называются уплотнениями на основе принципа некомпенсированной площади.**

**Недостатком поршня, изображенного на рисунке 2, является то, что прокладка находится под одним и тем же постоянным давлением, которое задается гайкой. Это давление нельзя изменить в ходе эксперимента. Когда давление в камере становится больше, чем в прокладке, герметичность внутреннего объема нарушается. Слишком большое давление в прокладке, созданное в самом начале, приводит к ее неэффективной работе при небольших давлениях.**

**Устройство поршня, изображенное на рисунке 3, лишено этого недостатка.**

**Пусть площадь поршня, действующая на прокладку, равна $S_1$, а площадь поверхности поршня, приходящейся на внутренний объем, равна $S_2$. Из формы поршня видно, что $S_2 > S_1$. Давление во внутреннем объеме и на прокладку создает одна и та же внешняя сила, действующая на поршень, обозначим ее *F*.**

**Воспользуемся формулой $F=p \bullet S$. Тогда $p_1 \bullet S_1 = p_2 \bullet S_2$, $p_1/p_2 = S_2/S_1$. Т.к. $S_2 > S_1$, $p_1 > p_2$. По причине того, что давление в прокладке $p_1$ превосходит давление в камере $p_2$, утечка вещества из камеры через прокладку становится невозможна.**



**Задача 5 (13 баллов).**

Реакционная колба нагревается с помощью резистора сопротивлением 50 Ом, находящегося под постоянным напряжением 220 В. В колбе находится 1 моль порошка магния. Оцените время, которое потребуется для нагрева магния до температуры 600 ºС, при которой он загорается на воздухе, и запишите уравнение прошедшей после этого реакции. Считать, что на нагрев порошка идет одна треть выделяющегося на резисторе тепла. Теплоемкость магния 25 Дж/(моль·К), начальная температура системы 25 ºС.

***Решение:***

**По закону Джоуля-Ленца: $Q_R = \frac{U^2}{R}t$ где $Q_R$ – количество теплоты, выделившееся на резисторе за время *t*.**

**Количество теплоты, необходимое для нагрева вещества на определенное количество градусов, можно представить как $Q_{нагр.}$=c•$\nu$•$\Delta T$, где c – молярная теплоемкость, $\Delta T$ – разность температур, $\nu$ – количество молей вещества.**

**По условию задачи сказано, что на нагрев порошка идёт лишь треть от выделяющегося на резисторе тепла. Отсюда можно сделать вывод, что $Q_{нагр.}$= 3•$Q_R$**

**Решая систему уравнений, получим, что:**

$$\frac{U^2}{3R}t = C\nu\Delta T$$

$$t = \frac{3C\nu\Delta TR}{U^2} = \frac{3•25•1•575•50}{220^2} = 44,6 \text{ сек.}$$

**Сгорание порошка магния пройдет в соответствии со следующим уравнением:**

$$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$$

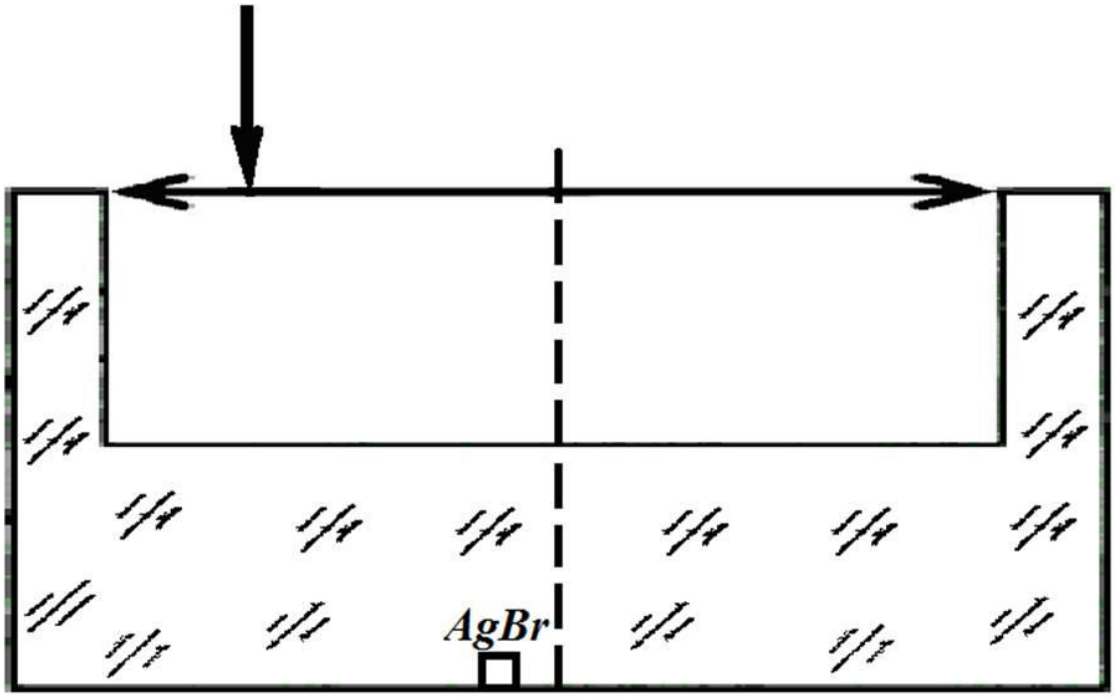
***Ответ: 44,6 секунды;*** **$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$.**

**Задача 6 (14 баллов).**

Тонкая выпуклая линза с фокусным расстоянием, равным 10 см, лежит на детали из стекла ($n$ = 1.5) так, как показано на рисунке. Эта деталь представляет собой цилиндр высотой 10 см с углублением в форме цилиндра высотой 5 см. В дне стеклянной детали на расстоянии 0,5 см от ее оси симметрии расположена область в форме куба с ребром 0,5 см, заполненная бромидом серебра (см. рисунок).

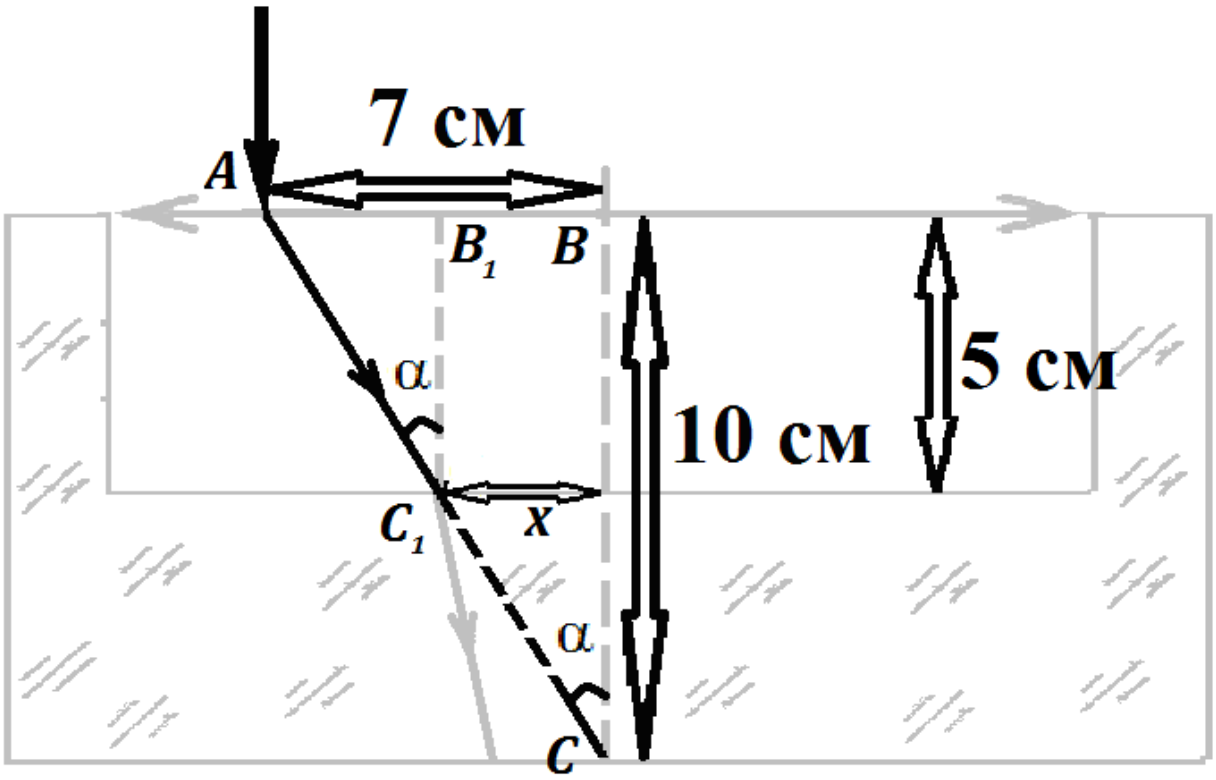
Какое(-ие) вещество(-а) будет(-ут) находиться в области, первоначально заполненной бромидом серебра, если на линзу в точку, расположенную на расстоянии 7 см от главной оптической оси линзы, падает луч света, расположенный в плоскости рисунка и параллельный главной оптической оси линзы?

Напишите уравнение реакции разложения бромида серебра под воздействием света.



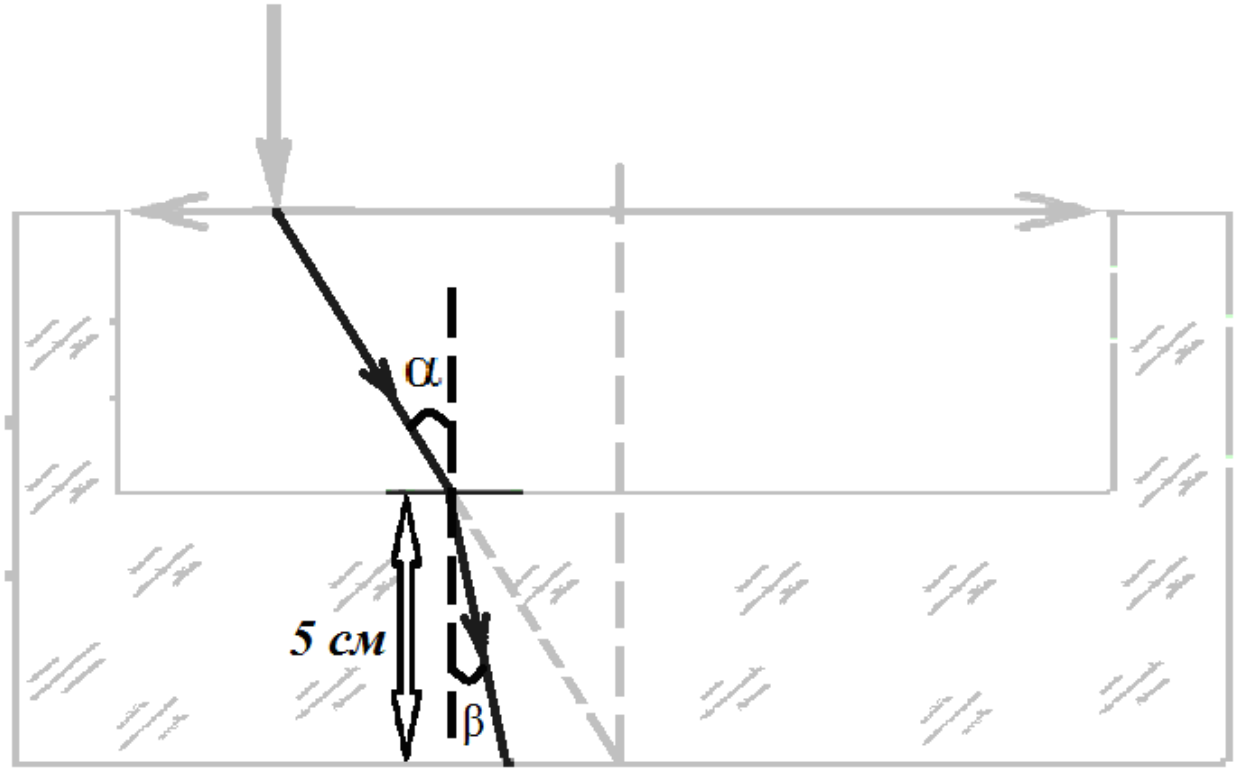

***Решение:***

**Для начала определим направление хода луча после прохождения линзы. Все лучи, параллельные главной оптической оси, собираются в фокусе линзы. Значит, если бы не было стеклянной детали, то луч попал бы в фокус линзы. Определим, распространению под каким углом это соответствует.**




**tg (α) = 7/10, тогда α ≈ 35°.**

**Под этим же углом луч падает на поверхность стеклянной детали. Найдем положение точки, в которой луч преломится на поверхности стекла, расположенной на расстоянии x от главной оптической оси линзы. Из подобия треугольников 7/(7-x)=10/5. Отсюда x = 3,5.**

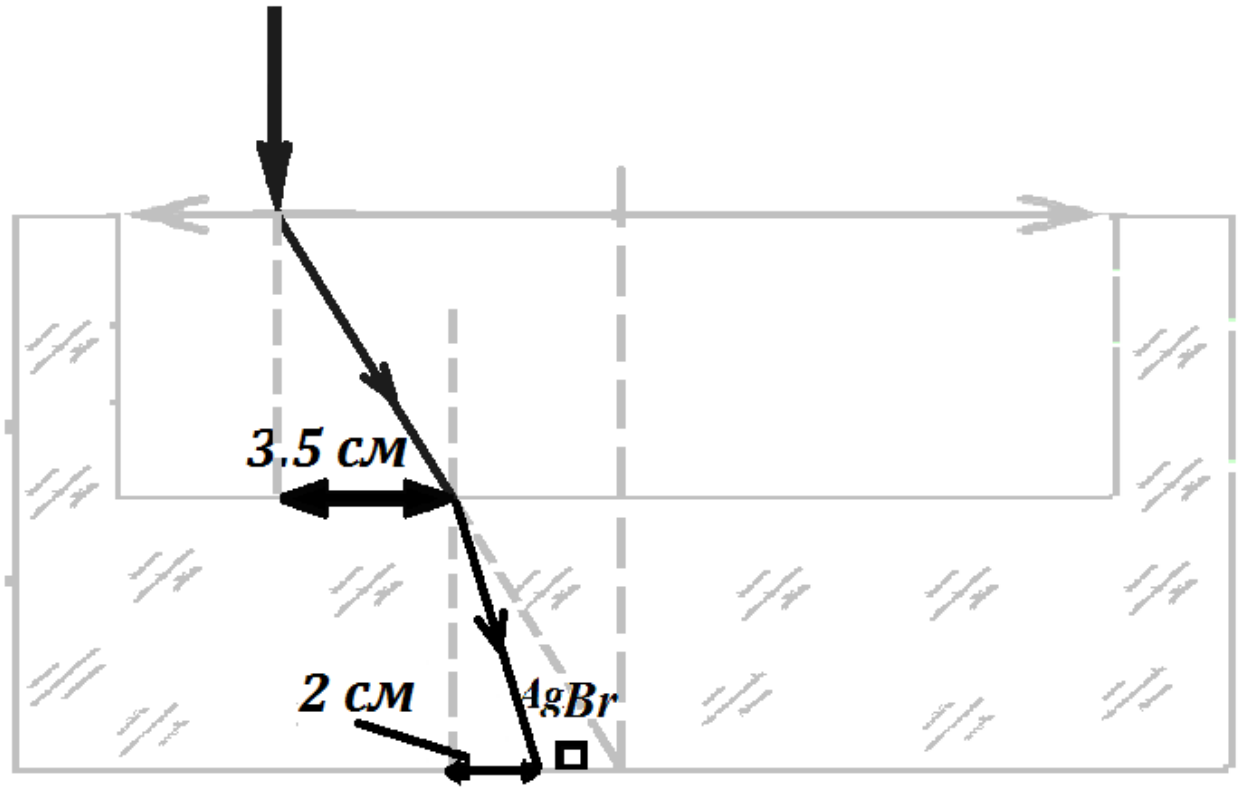



**Запишем закон преломления света на границе воздух-стекло.**

**sinα/sinβ = n = 1,5, следовательно, β ≈22,4°**

**Далее луч движется в стекле под углом β≈22,4° на глубину 5 см. По горизонтали при этом он сместится на расстояние, равное 5*tgβ ≈ 2 см.**

**В итоге луч сместится на (7 - 3,5) + 2 = 5,5 см в горизонтальном направлении. Выйдет луч из стеклянной детали на расстоянии от 7 - 5,5 = 1,5 см от ее оси симметрии. А бромид серебра находится внутри куба с ребром 0,5 см на расстоянии 0,5 см от той же оси, и, значит, луч не пройдет через эту область. Под действием света происходит реакция разложения бромида серебра, но поскольку свет в эту область не попал, то и химической реакции происходить не будет.**




**Если бы луч попал в куб, то произошла бы химическая реакция, описываемая следующим уравнением:**

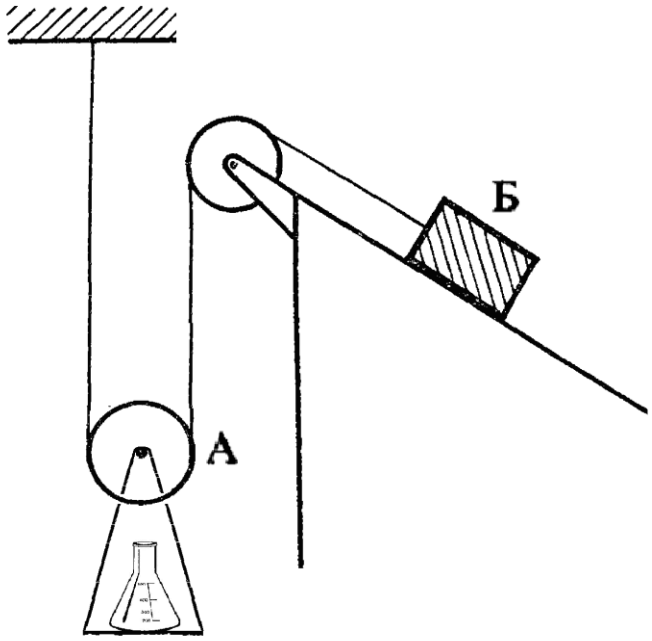
$$2AgBr \rightarrow 2Ag + Br_2$$

***Ответ: бромид серебра, $2AgBr \rightarrow 2Ag + Br_2$.***

**Задача 7 (16 баллов).**

Один край невесомой нити закреплен так, как показано на рисунке. Другой ее край связан с бруском **Б** массой 1 кг. К центру подвижного блока **А** подвешена колба. В колбе исходно содержится 100 мл восьмидесятипроцентного водного раствора $H_2SO_4$. В какой-то момент в колбу добавляют порошок меди массой 15 г. С каким ускорением будет двигаться брусок **Б** после того, как в колбе закончится химическая реакция, начавшаяся после добавления в нее меди?

Наклонная плоскость составляет угол $30^o$ с горизонталью. Масса колбы 150 г. Массой блоков и трением в системе пренебречь. Плотность восьмидесятипроцентного раствора $H_2SO_4$ считать равной 1.7 г/мл.




***Решение:***

**Сначала решим химическую часть задачи.**

**Уравнение протекающей реакции выглядит следующим образом:**

$$2H_2SO_4 + Cu \rightarrow CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

**При нормальных условиях диоксид серы – это газ, который покидает колбу, и его массу не надо учитывать при расчете движения блоков и грузов.**

**Определим массу выделившегося $SO_2$.**

**Для этого найдем массу 80-%ного раствора $H_2SO_4$:**

$m_{р\text{-}ра}$**=1.7*100=170 грамм.**

**Масса чистого $H_2SO_4$ составляет 0.8*170=136 грамм.**

**Количество $H_2SO_4$ составляет $\upsilon_{H2SO4}=m(H_2SO_4)/\mu(H_2SO_4)$=136/(2+32+64)=1.38 моль.**

**Количество Cu составляет $\upsilon_{Cu}=m(Cu)/\mu(Cu)$=15/64=0.23 моль.**

**Из уравнения реакции $\upsilon_{H2SO4}/\upsilon_{Cu}$=2.**

**Из данных задачи $(0,5*\upsilon_{H2SO4})/\upsilon_{Cu}$=(0,5*1.38)/0.23=3, значит, решаем по Cu.**

**Из уравнения реакции следует, что количество выделившегося $SO_2$ равно количеству добавленной в смесь меди, и, следовательно, равно 0.23 моль.**

**Тогда $m_{газа}= \upsilon(SO_2)*\mu(SO_2)$=0.23*64=15 грамм.**

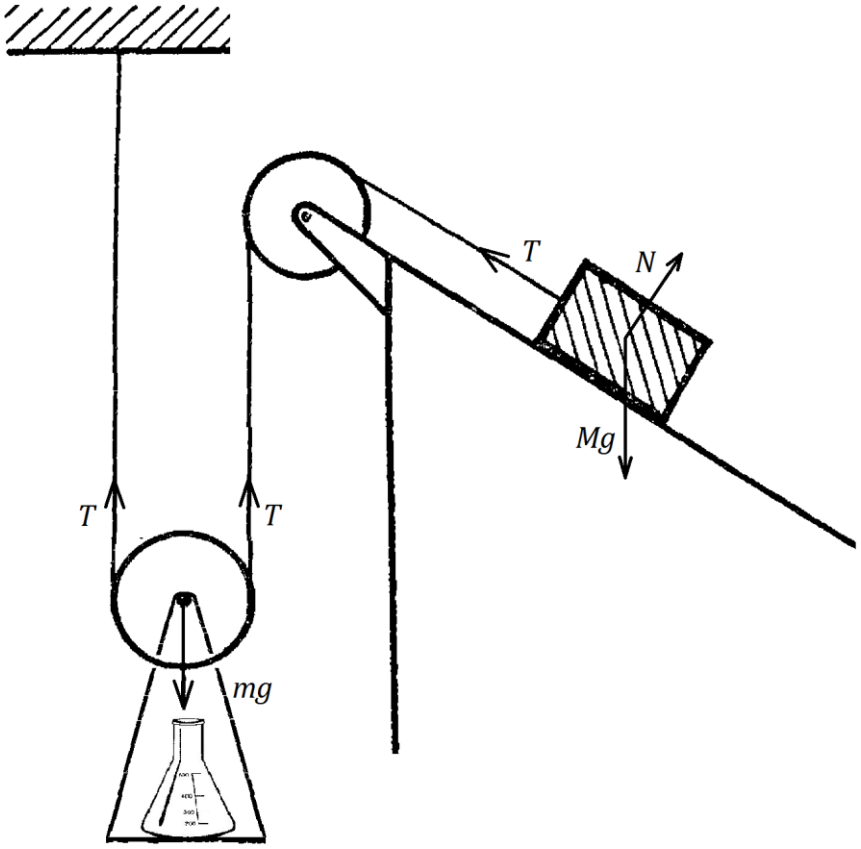
**Таким образом, масса колбы с ее содержимым (т.е. груза, прикрепленного к блоку А) после реакции составит:**

$$m_{груза}= m_{колбы} + m_{р\text{-}ра} + m_{Cu} - m_{газа} = 150 + 170 + 15 - 15 = 320 \text{ грамм.}$$

**Теперь переходим к физической части задачи и записываем сумму сил, действующих на груз Б массой М = 1 кг вдоль наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонталью:**

$$M*g*\sin\alpha - T = M*a_Б.$$

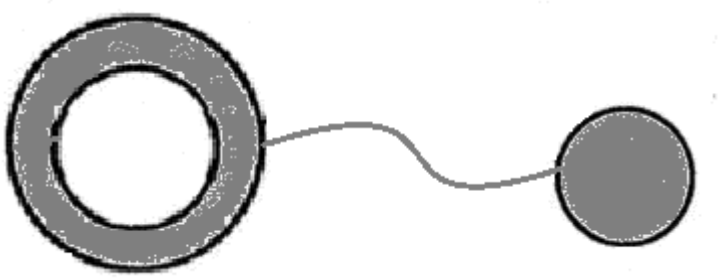
**Запишем сумму сил, действующую на подвижный блок:**
$2T - g*m_{груза} = a_A*m_{груза}$




**Поскольку нить невесомая и нерастяжимая, то существует связь между $a_Б$ и $a_A$.**
**Блок А дает выигрыш в силе в 2 раза, при этом появляется проигрыш в пройденном расстоянии также в 2 раза. Таким образом, ускорение, с которым движется блок А, в два раза меньше ускорения, с которым движется веревка:**
$a_Б = 2a_A$
**Получившиеся уравнения можно решить как систему. В результате всех преобразований получается, что $a = g*(4M*\sin\alpha - 2m_{груза})/(4M + m_{груза})$.**
**Подставляя числа получим, что $a \approx 3.14$ м/с$^2$.**
***Ответ: 3.14 м/с$^2$.***

**Задача 8 (13 баллов).**

Два шарика соединены тонкой легкой нитью. Первый шарик объема V имеет полость, заполненную легким газом, второй шарик объема V/8 полостей не имеет. Чему равен объем полости в первом шарике, если после помещения этой системы в жидкость и установления равновесия шарик с полостью оказался погружен лишь наполовину? Плотность вещества, из которого сделаны оба шарика, равна $\rho$. Плотность жидкости равна $\rho_ж$, $\rho > \rho_ж$



***Решение:***

**Запишем условие равновесия второго шарика. Он полностью погружен в воду, т.к. $\rho > \rho_ж$, и удерживается в равновесии за счет силы натяжения нити T.**

$$\rho g V/8 = T + \rho_ж g V/8$$

**Теперь запишем аналогичное уравнение для первого шарика. Учтем, что сила Архимеда действует лишь на ту его часть, которая в воде, т.е. на V/2:**

$$\rho_ж g V/2 = T + \rho g(V - V_{пол})$$

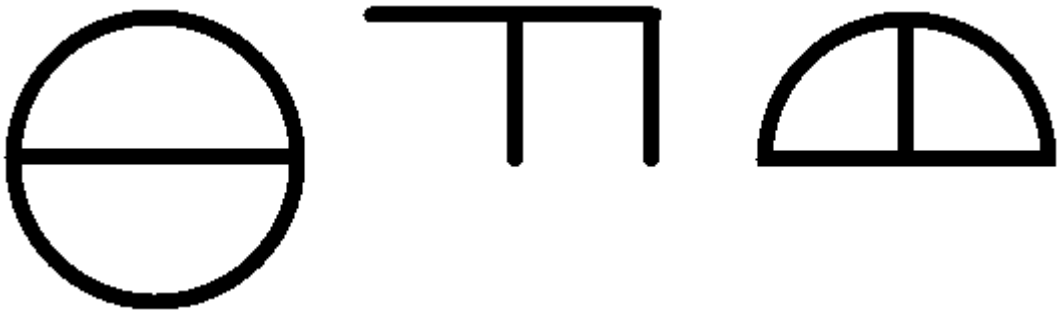
**Если для сплошного шарика T было направлено вверх, то для полого вниз. Масса полого шарика определяется лишь долей его объема, заполненной веществом с плотностью $\rho$.**

**Из этих двух уравнений получаем объем полости $V_{пол}$:**

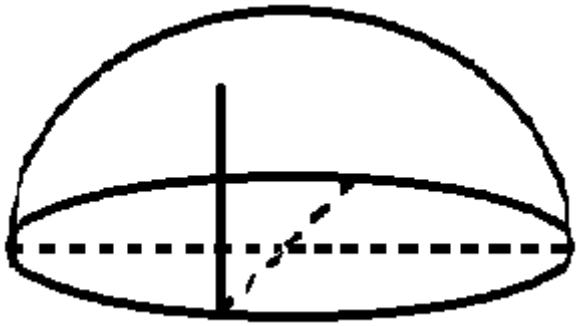
$$V_{пол} = V(9 - 5\rho_ж/\rho)/8$$

***Ответ: $V(9-5\rho_ж/\rho)/8$.***

**Задача 9 (10 баллов).**
Нарисуйте общий вид детали, имеющей такие проекции (очертания).



***Решение:***
**Возможный ответ представлен на рисунке ниже.**



# Задания заключительного этапа
# Олимпиады «Ломоносов» по инженерным наукам 2016/2017
# 10-11 классы

**Задача 1 (25 баллов).**

Неорганическое вещество А синего цвета, обладающее биоцидным и, особенно, фунгицидным действием, является очень эффективным и широко используемым средством против плесени. Известно, что в его состав входит металл, проявляющий в этом соединении валентность 2, который с давних пор широко используется человеком и не реагирует с соляной кислотой. Вещество А нагрели до температуры $T_1$ и получили вещество Б голубого цвета, молярная масса которого меньше молярной массы вещества А на 14,4%. Нагревание продолжили, и после достижения температуры $T_2$ было получено вещество В белого цвета, молярная масса которого меньше молярной массы вещества Б на 16,8%. Затем вещество продолжили нагревать, и при достижении температуры $T_3$ оно потеряло последнюю молекулу кристаллизационной воды, и было получено вещество Г. Определите вещества А, Б, В, Г. Запишите уравнения реакций. Определите выход конечного продукта Г, если известно, что все реакции шли с одинаковым процентным выходом, численно равным $\frac{\mu(A)}{2{,}525}$ , где μ(А) - молярная масса вещества А в г/моль. Выход (в процентах) конечного продукта Г округлить до целых. Определите $T_1$, $T_2$, $T_3$, решив соответственно задачи 2, 3, 4.

***Решение:***

**1) Вещество А – медный купорос $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.**

**2) Запишем уравнения описанных реакций в общем виде:**

**а) $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (синий) = $CuSO_4 \cdot xH_2O$ (голубой) + (5 - x)$H_2O$**

**б) $CuSO_4 \cdot xH_2O$ (голубой) = $CuSO_4 \cdot yH_2O$ (белый) + (x - y)$H_2O$**

**в) $CuSO_4 \cdot yH_2O$ (белый) = $CuSO_4$ + y·$H_2O$**

**3) Молярная масса медного купороса равна μ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) = 250 г/моль. В ходе реакции а) молярная масса купороса уменьшилась на 14,4% за счет выделившейся воды, значит:**

$$5 - x = \frac{\mu(CuSO4 \cdot 5H2O) \cdot 14{,}4\%}{100\% \cdot \mu(H2O)} = 2$$

**, следовательно, x = 3.**

**Отсюда следует, что вещество Б – это $CuSO_4 \cdot 3H_2O$.**

**Таким образом, реакция а) примет следующий вид:**

**$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (синий) = $CuSO_4 \cdot 3H_2O$ (голубой) + 2$H_2O$**

**Температура, при которой протекает реакция а), равна $T_1$ = 110 ºС (из задачи № 2).**

**3) Молярная масса $CuSO_4 \cdot 3H_2O$ равна μ($CuSO_4 \cdot 3H_2O$) = 214 г/моль. В ходе реакции б) молярная масса $CuSO_4 \cdot 3H_2O$ уменьшилась на 16,8% за счет выделившейся воды, значит:**

$$3 - y = \frac{\mu(CuSO4 \cdot 3H2O) \cdot 16{,}8\%}{100\% \cdot \mu(H2O)} \approx 2$$

**, следовательно, y = 1.**

**Отсюда следует, что вещество В – это $CuSO_4 \cdot H_2O$.**

**Таким образом, реакция б) примет следующий вид:**

**$CuSO_4 \cdot 3H_2O$ (голубой) = $CuSO_4 \cdot H_2O$ (белый) + 2$H_2O$**

**Температура, при которой протекает реакция б), равна $T_2$ = 172 ºС (из задачи № 3).**

**4) При протекании последней реакции $CuSO_4 \cdot H_2O$ теряет последнюю молекулу кристаллизационной воды. Таким образом, реакция в) примет следующий вид:**

**$CuSO_4 \cdot H_2O$ (белый) = $CuSO_4$ + $H_2O$**

**Следовательно, вещество Г – это $CuSO_4$.**

**Температура, при которой протекает реакция в), равна $T_3$ = 273 ºС (из задачи № 4).**

**5) Молярная масса медного купороса равна μ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) = 250 г/моль, следовательно, процентный выход каждой реакции равен $\eta_1$% = 250 / 2,525 = 99%, а процентный выход конечного продукта Г равен η% = 0,99·0,99·0,99·100% = 97%.**

***Ответ: 97%.***

**Задача 2 (25 баллов).**

Производственный цикл требует сокращения времени термообработки некоего продукта. Для этого его нагревают в воде, доведенной до кипения в герметично закрытой ёмкости. После разгерметизации ёмкости из первоначально залитого в неё V = 1 л воды (предполагается, что она была налита до самой крышки) Δm = 20 г испарилось. До какой температуры была нагрета вода в герметично закрытой ёмкости? Удельная теплоёмкость воды $c_w = 4{,}2$ Дж/(г·К), удельная теплота парообразования λ = 2,25 кДж/г.

***Решение:***

**Пусть температура кипения воды в герметически закрытой скороварке превышает $T_0$ = 100 °C на $\Delta T$. Тогда после разгерметизации, т.е. после уменьшения давления до атмосферного, при котором вода кипит при температуре $T_0$, при остывании воды выделится энергия $Q = c_w \rho V \Delta T$. В результате испарится вода массой $\Delta m = \frac{Q}{\lambda}$. Отсюда $\Delta T = \frac{\Delta m \lambda}{c_w \rho V} \approx$ 10 °C, т.е. T ≈ 110 °C.**

***Ответ:*** **110 °C.**

**Задача 3 (25 баллов).**

Конденсатор ёмкостью $C_0$ = 200 мкФ зарядили до напряжения U = 1000 В и подключили параллельно к точно такому же незаряженному конденсатору с помощью медной проволочки длиной L = 15 см и диаметром d = 0,6 мм. Половина всей выделившейся при этом энергии пошла на нагревание проволочки, первоначально имевшей температуру 0 °C. До какой температуры нагрелась проволочка? Плотность меди $\rho_м$ = 8,92 г/см$^3$, её удельная теплоёмкость $c_м = 0{,}385$ Дж/(г·К).

***Решение:***

**После соединения конденсаторов указанным образом заряд первого конденсатора разделится между ними поровну, поэтому их суммарная электростатическая энергия уменьшится в два раза (для одного конденсатора $E = C_0U^2/2$), так что всего выделится энергия $C_0U^2/4$, а в проволочке выделится тепловая энергия $Q = C_0U^2/8$. Поскольку масса проволочки равна $m = \rho_м \pi d^2 L/4$, повышение её температуры составляет**

**$\Delta T = Q/(mc_м)$ = 172 °C.**

***Ответ:*** **172 °C.**

**Задача 4 (25 баллов).**

Нагреватель реальной тепловой машины имеет температуру $T_н$, а её холодильник – температуру $T_х$ = 0 °C. Известно, что количество теплоты, получаемое за один цикл холодильником этой машины, в полтора раза больше, чем для идеальной (обратимой) тепловой машины с теми же температурами нагревателя и холодильника (и получающей от нагревателя такое же количество теплоты за один цикл), в результате чего КПД реальной машины в два раза меньше, чем идеальной. Рассчитайте температуру вещества, находящегося в тепловом равновесии с нагревателем тепловой машины, т.е. имеющего температуру $T_н$.

***Решение:***

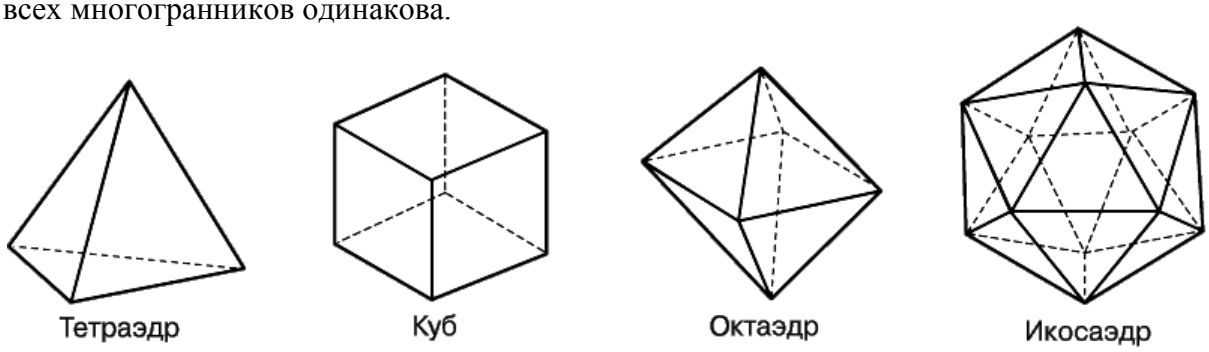
**Пусть $Q_н$ – количество теплоты, полученное за один цикл рабочим телом машины от нагревателя, а $Q_х$ и $Q'_х$ – количество теплоты, отданное рабочим телом холодильнику в идеальной и реальной машинах соответственно. Тогда работа, совершенная реальной тепловой машиной, равна $A' = Q_н - Q'_х$, а идеальной – $A = Q_н - Q_х$. По условию задачи $A' = \alpha A$, где α = 0,5, а $Q'_х = zQ_х$, где $z = 1,5$. Отсюда имеем равенство $Q_н - zQ_х = \alpha(Q_н - Q_х)$, из которого можно найти отношение $\frac{Q_н}{Q_х} = \frac{z-\alpha}{1-\alpha}$. Но в идеальной тепловой машине $\frac{Q_н}{Q_х} = \frac{T_н}{T_х}$, поэтому $\frac{T_н}{T_х} = \frac{z-\alpha}{1-\alpha}$, т.е. $T_н = \frac{z-\alpha}{1-\alpha}T_х$ = 546 K = 273 °C.**

***Ответ:*** **273 °C.**

# Задания заключительного этапа
# Олимпиады «Ломоносов» по инженерным наукам 2016/2017
# 7-9 классы

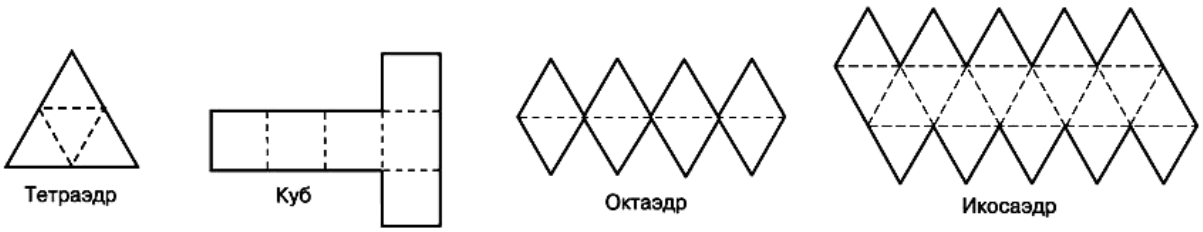
**Задача 1 (25 баллов).**

В диалоге «Тимей», написанном в середине 4 века до н.э., Платон изложил своё учение об атомно-молекулярном строении вещества. В основе учения Платона лежит представление о четырех видах материи: земле, огне, воздухе и воде. Каждому из четырех видов материи он сопоставил свой правильный многогранник, будучи убежденным, что для столь важной цели боги должны выбрать наиболее совершенные в эстетическом отношении фигуры. «Молекуле» огня он сопоставил тетраэдр, земли – куб, воздуха – октаэдр, воды – икосаэдр. В учении Платона излагался механизм их превращения друг в друга. При переходах «молекула» материи распадается на «атомы» - треугольники. Так, например, тетраэдр огня состоит из четырех равносторонних треугольников; куб земли состоит из шести квадратов, каждый из которых можно поделить на два равных треугольника. Треугольники, полученные после распада многогранников, могут соединяться в многогранники, соответствующие другим видам материи. Запишите все возможные «молекулы» (и их количество), которые могут получиться в результате распада одной «молекулы» воды. Длина рёбер у всех многогранников одинакова.




***Решение:***

**На рисунке представлены развертки четырех правильных многогранников, о которых шла речь в задаче.**




**Из рисунка видно, что «огонь» состоит из 4 равносторонних треугольников, воздух из 8, вода из 20.**

**Земля, которой соответствует куб, состоит из 6 квадратов. Каждый из квадратов можно поделить на два треугольника, но они не будут равносторонними. Таким образом, земля по теории Платона не могла участвовать в переходах между видами материи, т.к. состоит из других «атомов».**

**Возможность того или иного перехода определяется балансом количества треугольников, составляющих вещество.**

**Так, если у нас есть 1 молекула воды, т.е. 20 равносторонних треугольников, то ее можно представить в виде следующих комбинаций чисел 4 и 8:**

**$20 = 5 \cdot 4$**

**$20 = 3 \cdot 4 + 8$**

**20 = 2 · 8 + 4**
**Записав эти соотношения в терминах «видов материи», получим, что**
**1 «молекула» воды = 5 «молекул» огня;**
**1 «молекула» воды = 3 «молекулы» огня и одна «молекула» воздуха;**
**1 «молекула» воды = 2 «молекулы» воздуха и одна «молекула» огня.**

**Задача 2 (25 баллов).**

Служба безопасности решила установить в здании банка световую сигнализацию. Она работает следующим образом. Есть источник света, из которого выходит тоненький луч. Множество раз отражаясь от нескольких зеркал, луч попадает на датчик света. Если в комнату кто-то незаконно проник, то, встав на пути луча, грабитель преграждает лучу путь, и на датчик не приходит достаточное количество света. В этом случае срабатывает сигнализация. В распоряжении сотрудников службы безопасности есть источник, который может испускать $10^{20}$ частиц света в секунду, и датчик, в котором срабатывает сигнал тревоги, если на него поступает менее $4 \cdot 10^{19}$ частиц света в секунду. Инженер предложил составить систему из обычных и полупрозрачных зеркал, расположив все элементы так, как показано на рисунке 1. Полупрозрачным зеркалом называется такое зеркало, которое половину падающих на него частиц отражает так же, как обычное зеркало, а вторая половина проходит его насквозь, не меняя направление своего движения (см. рисунок 2). Проверьте, не будет ли срабатывать сигнал тревоги, даже когда в комнате никого нет? На схеме обычное зеркало обозначается отрезком со штриховкой, а полупрозрачное - простым отрезком. Естественными потерями светового пучка пренебречь.

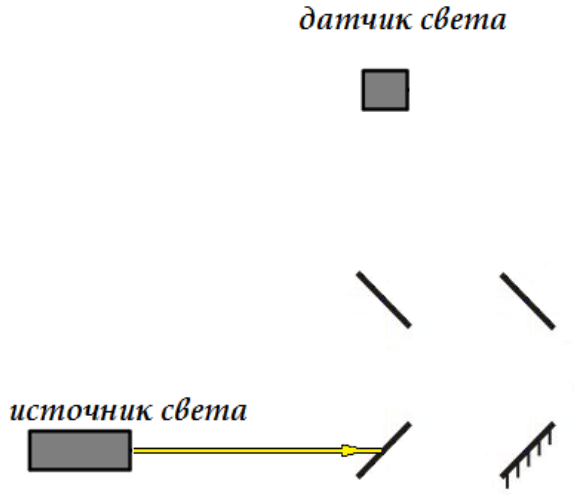



Рисунок 1. Схема, предложенная инженером для установки сигнализации в банке.

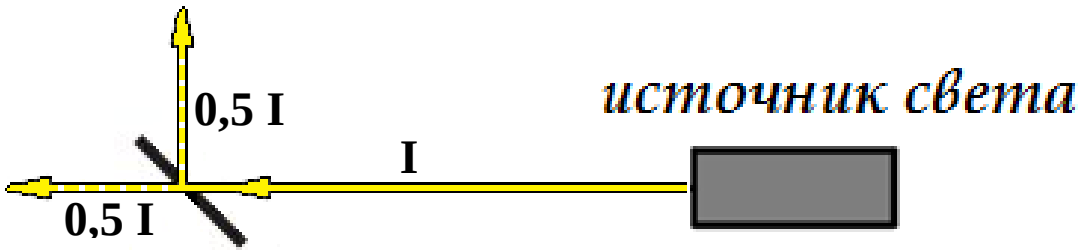
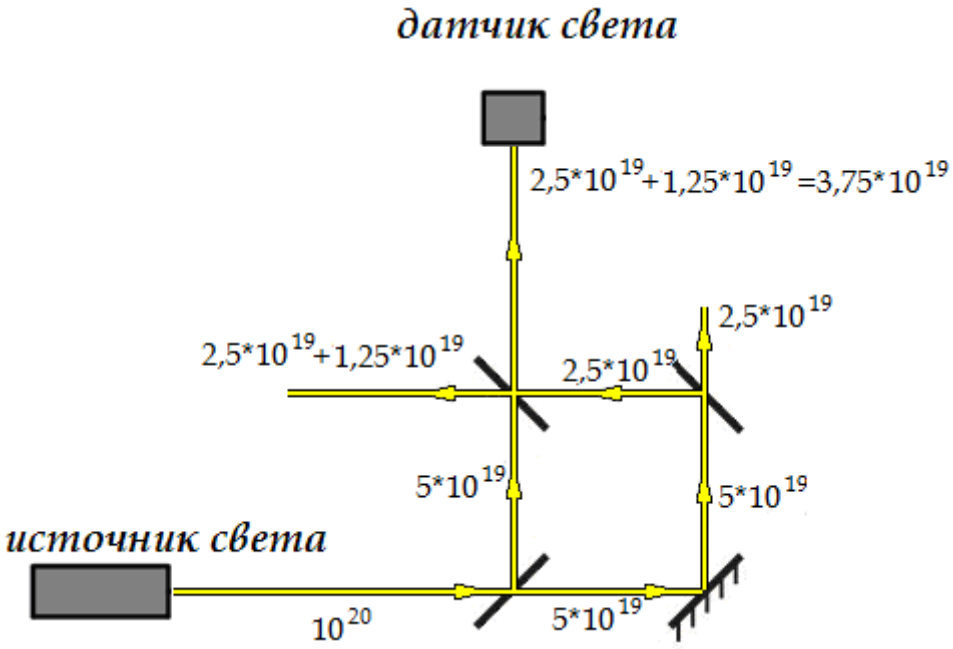


Рисунок 2. Прохождение луча света через полупрозрачное зеркало.
I – интенсивность светового пучка

***Решение:***

**На рисунке представлена схема движения лучей. Как видно, на датчик света будет поступать $3{,}75 \cdot 10^{19}$ частиц света в секунду. Значит, в такой схеме будет срабатывать сигнал тревоги, даже когда в комнате никого нет. Использовать такую схему не стоит.**




***Ответ: будет.***

**Задача 3 (25 баллов).**

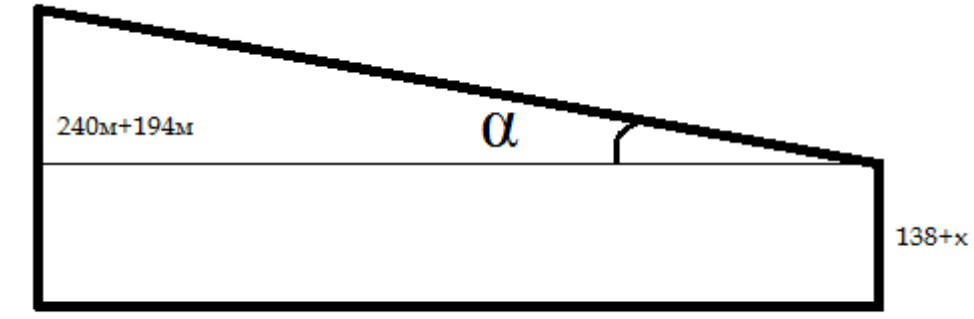
Алексей Петрович сидит в гостях у друга и наблюдает в окно следующую картину: шпили Главного здания МГУ имени М.В. Ломоносова и Шуховской (Шаболовской) башни находятся на одном уровне. Определите, на каком этаже находится Алексей Петрович, если его друг живет по адресу: г. Москва, Крутицкая набережная (дом отмечен на карте флажком).

Для решения данной задачи вам понадобятся нижеследующие величины.
Высота Главного здания МГУ имени М.В. Ломоносова со шпилем — 240 м, высота основания Главного здания МГУ имени М.В. Ломоносова над уровнем моря — 194 метра.
Высота Шуховской башни (Шаболовской телевизионной башни) — 160 метров. Высота основания Шуховской башни (Шаболовской телевизионной башни) над уровнем моря — 131 метр.
Высота основания дома, расположенного по адресу: г. Москва, Крутицкая набережная — 138 метров над уровнем моря.
Высота каждого этажа — 3 метра.

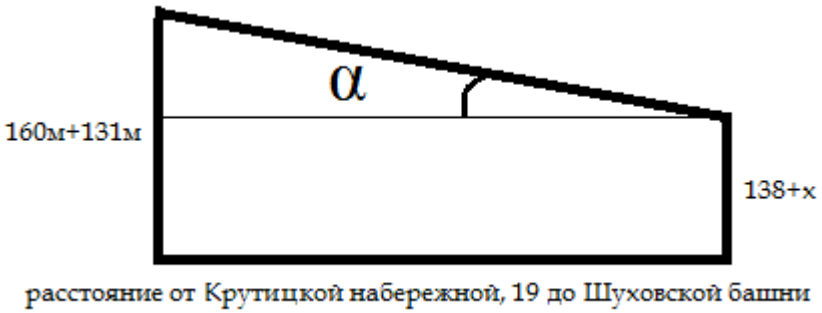
***Решение:***

**Пусть $h_1$ – высота (со шпилем) главного здания МГУ, $H_1$ – высота основания главного здания МГУ над уровнем моря, $h_2$ и $H_2$ – соответствующие величины для Шуховской башни, $H_0$ – высота основания здания на Крутицкой набережной над уровнем моря, x – высота над основанием дома, на которой находится Алексей Петрович, $L_1$ – расстояние от дома на Крутицкой набережной до здания МГУ, $L_2$ – расстояние от дома на Крутицкой набережной до Шуховской башни. Измеренное линейкой по карте расстояние $L_1$ составляет 11,9 см, $L_2$ – 4,3 см, а длина масштабной линейки, показывающей 800 м, равна 1,2 см. Поэтому действительные расстояния $L_1$ и $L_2$ составляют $L_1 = (11{,}9/1{,}2) \cdot 800 \approx 7933 \approx 8000$ м и $L_2 = (4{,}3/1{,}2) \cdot 800 \approx 2867 \approx 2900$ м.**

**То обстоятельство, что шпили главного здания МГУ имени М.В. Ломоносова и Шуховской башни кажутся расположенными на одном уровне, означает, что в точке наблюдения они имеют одну и ту же угловую высоту α над горизонтом. Угловая высота шпиля ГЗ МГУ определяется соотношением $tg\alpha = \frac{h_1+H_1-x-H_0}{L_1}$, а угловая высота шпиля Шуховской башни – соотношением $tg\alpha = \frac{h_2+H_2-x-H_0}{L_2}$. Приравнивая эти две величины, получаем линейное уравнение на x, решением которого является $x = (\frac{h_1+H_1-H_0}{L_1} - \frac{h_2+H_2-H_0}{L_2}) \frac{L_1L_2}{L_2-L_1} \approx 72$ м.**




расстояние от ГЗ МГУ имени М.В. Ломоносова до Крутицкой набережной, 19




**Принимая, что высота одного этажа составляет 3 м, получаем, что Алексей Петрович находится на 72/3 + 1 = 25 этаже.**
***Ответ: на 25 этаже.***

**Задача 4 (25 баллов).**
При нагревании азотной кислоты выделяется токсичный газ. Опасность этого газа для человека определяется числом выделившихся частиц. Вычислите, сколько молекул токсичного газа получится при разложении 17,01 г высококонцентрированной азотной кислоты. Предложите, как уменьшить число выделяемых молекул токсичного газа при перегонке азотной кислоты.

Для справки.
**Перегонка, или дистилляция** – процесс разделения жидких смесей на отличающиеся по составу фракции путём испарения жидкости с последующим охлаждением и конденсацией паров.
Разделение перегонкой основано на различной летучести компонентов смеси при одной и той же температуре.
Отогнанная фракция (дистиллят) обогащена относительно более летучим (кипящим при более низкой температуре) компонентом, а остаток неотогнанной жидкости – менее летучим (кипящим при более высокой температуре) компонентом.

***Решение:***
**1. Реакция разложения азотной кислоты:**
**$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$**
**Токсичный газ – $NO_2$.**
**Рассчитаем, сколько моль азотной кислоты разложилось в ходе реакции:**
**$n(HNO_3) = m(HNO_3) / \mu(HNO_3) = 0,27$ моль**
**Из уравнения реакции следует:**
**$n(NO_2): n(HNO_3) = 4:4 = 1:1 \Rightarrow n(NO_2) = 0,27$ моль**
**Следовательно, число молекул $NO_2$, выделившихся в ходе реакции, равно:**
**$N(NO_2) = n(NO_2) \cdot N_A \approx 1,63 \cdot 10^{23}$ молекул**
**2. Добиться уменьшения числа выделяемых молекул токсичного газа при перегонке азотной кислоты можно, например, понижением давления в системе.**
***Ответ: $1,63 \cdot 10^{23}$ молекул.***