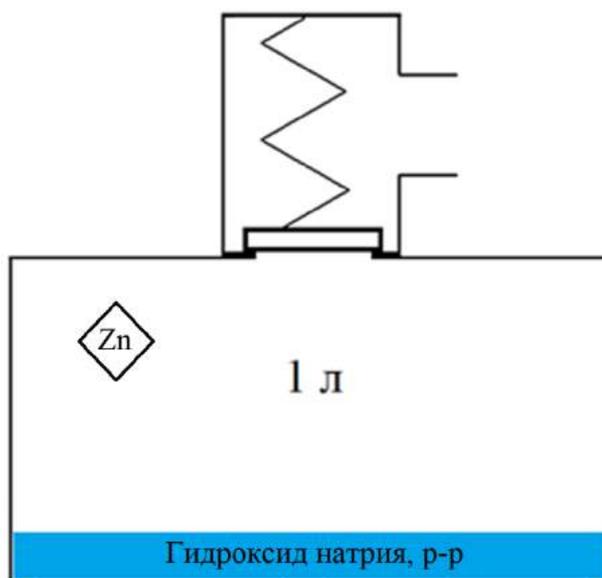


**Задания и решения первого тура отборочного этапа
Олимпиады «Ломоносов» по инженерным наукам 2017/2018
10-11 классы**

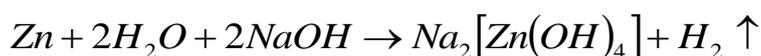
Задача 1 (19 баллов).

Пробка закрывает горлышко банки объемом 1 л. Площадь сечения горлышка равна 1 см^2 . В банке содержится раствор гидроксида натрия и 1 г цинка, который в исходном состоянии с раствором не соприкасается. Пробка закрывает горлышко, будучи прикрепленной к пружине (см. рисунок) жесткостью 500 Н/м , сжатой на 1 см. В какой-то момент времени находящиеся в банке реактивы приходят в соприкосновение, и начинается химическая реакция. Будет ли горлышко оставаться закрытым на протяжении всего процесса химической реакции? Объем раствора гидроксида натрия много меньше объема банки. Все процессы, происходящие в задаче, считать изотермическими. Температура окружающего воздуха равна 27°C .



Решение:

Запишем уравнение реакции, происходящей в банке:



Как видно из уравнения, на один моль цинка, участвующего в реакции, приходится один моль выделившегося водорода.

Определим, сколько моль цинка участвует в реакции. Для этого необходимо массу цинка поделить на его молярную массу.

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{1\text{г}}{65 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = \frac{1}{65} \text{ моль}$$

Значит, в ходе реакции выделилось $\frac{1}{65}$ моль водорода.

Определим, какое давление создает $\frac{1}{65}$ моль водорода в банке объемом 1 л при температуре 27°C .

$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{\nu RT}{V}$$

$$p = \frac{1}{65} \frac{\text{моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300\text{К}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} \approx 4 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

На пробку с одной стороны действует сила упругости, определяемая деформацией пружины, а с другой стороны сила, создаваемая давлением выделившегося водорода. Сравним между собой значения этих сил:

$$F_{\text{упр.}} = k\Delta x = 500 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 0,01\text{м} = 5\text{Н}$$

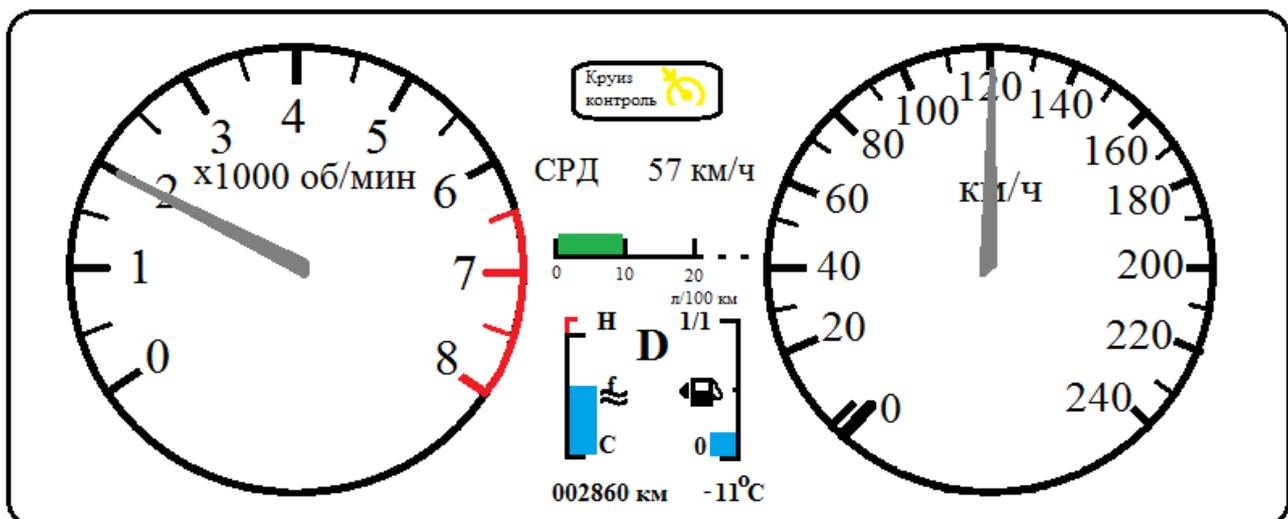
$$F_{\text{ац.}} = p_{\text{ац.}} \cdot S_{\text{пробки}} = \frac{\nu RT}{V} \cdot S \approx 4 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 4\text{Н}$$

Как видно, сила, которая прижимает пробку к горлышку, больше силы, создаваемой давлением водорода. Следовательно, горлышко будет оставаться закрытым.

Ответ: горлышко будет оставаться закрытым.

Задача 2 (15 баллов).

Вы едете в автомобиле, приборная панель которого устроена так, как показано на рисунке. Из имеющихся данных оцените, сколько бензина потребляется за один оборот коленчатого вала двигателя. Считайте, что автомобиль движется с постоянной скоростью. Опишите основные химические процессы, которые происходят при сгорании бензина в двигателе внутреннего сгорания.



Решение:

Из рисунка нам известны значения следующих величин:

скорость автомобиля $V \approx 120$ км/ч;

скорость вращения коленчатого вала $n = 2000$ об/мин;

расход бензина $q = 10$ л/100 км.

Зная скорость автомобиля и расход топлива на 100 км, можно определить, сколько потребляется бензина во время движения в течение одного часа:

$$V \cdot q = 120 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot 10 \frac{\text{л}}{100 \text{ км}} = 12 \frac{\text{л}}{\text{ч}}$$

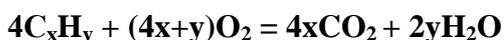
Определим, какое количество оборотов совершает коленчатый вал за один час:

$$2000 \frac{\text{об}}{\text{мин}} = 2000 \frac{\text{об}}{\frac{1}{60} \text{ ч}} = 1,2 \cdot 10^5 \frac{\text{об}}{\text{ч}}$$

Зная, сколько топлива потребляется за один час и сколько оборотов за это время совершает коленчатый вал, можно определить, сколько бензина потребляется за один оборот:

$$\frac{12 \frac{\text{л}}{\text{ч}}}{1,2 \cdot 10^5 \frac{\text{об}}{\text{ч}}} = 10^{-4} \text{ л/об} = 0,1 \text{ мл/об}$$

Бензин – это смесь легких углеводородов (алканы, циклоалканы, ароматические соединения) состава C_5 - C_{12} . Сгорание бензина можно описать следующей схемой:



Ответ: 0,1 мл.

Задача 3 (19 баллов).



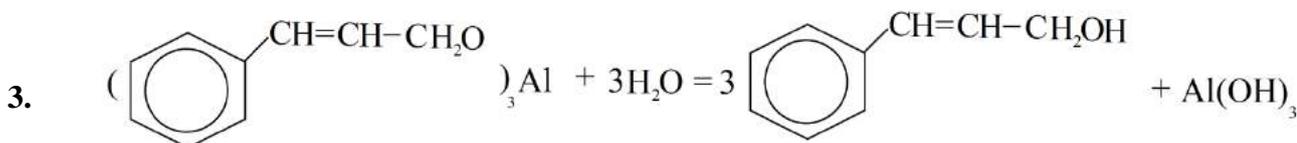
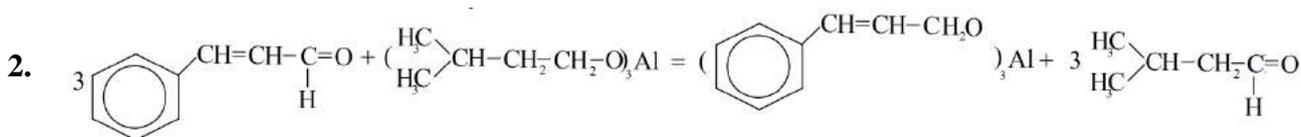
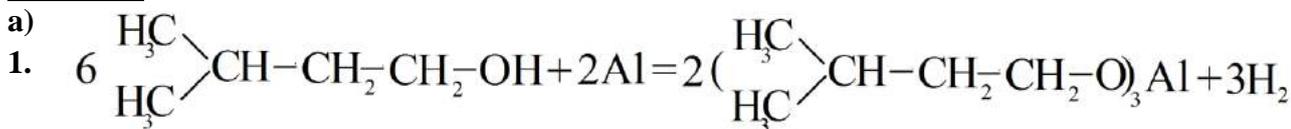
Юный химик Афанасий решил получить запах гиацинтов в лаборатории. Учитель выдал ему для этого навеску 25 г алюминия, 925 г изоамилового спирта и еще несколько веществ. Устроившись поудобнее, Афанасий начал экспериментировать. Добавив алюминий к изоамиловому спирту, юный химик начал ждать, когда же тот растворится. Однако в колбе ничего не происходило. «Афанасий, а ты активировал алюминий?» - спросил юного химика учитель. Осознав свою ошибку, Афанасий выполнил пропущенную процедуру, добавил теперь уже активированный алюминий к изоамиловому спирту и для надежности стал подогревать реакционную смесь. Реакция началась! Целых 7 часов наш юный химик не мог оторвать глаз от бурлящей колбы, вспоминая свою ошибку и коря себя за досадную оплошность в начале опыта. Оставив колбу охлаждаться на ночь, Афанасий пошел домой. Утром к уже остывшему продукту он добавил 190 г свежеперегнанного коричневого альдегида и продолжил нагревание. После того как реакция завершилась на 90%, Афанасий решил посчитать, какие вещества и в каком соотношении (в % по массе) содержатся в колбе. К моменту, когда он провел все расчеты, реакция завершилась. Юный химик подверг гидролизу продукт реакции и перегнал его. Лаборатория наполнилась ароматом гиацинтов. «Опыт удался», - подумал Афанасий.

а) Напишите уравнения реакций описанных процессов.

б) Повторите расчеты Афанасия, указав, сколько и каких веществ находилось в колбе, когда реакция прошла на 90%, если известно, что масса алюминия после активации составила 54% от первоначальной.

в) Что значит «активировать алюминий»? Как это можно сделать?

Решение:



б)

$$\mu \left(\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array} \right) = 88 \text{ г/моль}$$

$$\mu (\text{Al}) = 27 \text{ г/моль}$$

$$\mu \left(\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array} \right)_3 \text{Al} = 288 \text{ г/моль}$$

$$\mu \left(\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH} = \text{CH} - \text{C} = \text{O} \right) = 132 \text{ г/моль}$$

1. $v(\text{Al}) = \frac{25 \text{ г} \cdot 0,54}{27 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль.}$

$$v \left(\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array} \right) = \frac{925 \text{ г}}{88 \text{ г/моль}} = 10,5 \text{ моль} - \text{избыток, решаем по Al.}$$

2. Из уравнения реакции 1 $v \left(\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array} \right)_3 \text{Al} = 0,5 \text{ моль.}$

3. $v \left(\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH} = \text{CH} - \text{C} = \text{O} \right) = \frac{190 \text{ г}}{132 \text{ г/моль}} = 1,44 \text{ моль} - \text{избыток, решаем по } \left(\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array} \right)_3 \text{Al}.$

4. $m_{\text{раствора}} = m \left(\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array} \right)_3 \text{Al} + m(\text{коричный альдегид}) = 144 \text{ г} + 190 \text{ г} = 334 \text{ г}$

5. $v_{\text{практич}} \left(\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2\text{O} \right)_3 \text{Al} = 0,5 \text{ моль} \cdot 0,9 = 0,45 \text{ моль}; m = 426 \text{ г/моль} \cdot 0,45 \text{ моль} = 191,7 \text{ г}$
 $W\% = 57,4\%$

6. $v_{\text{практич}} \left(\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{C} = \text{O} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array} \right) = 1,5 \cdot 0,9 = 1,35 \text{ моль}; m = 86 \text{ г/моль} \cdot 1,35 \text{ моль} = 116,1 \text{ г}$
 $W\% = 34,8\%$

7. $v_{\text{непрореаг}} \left(\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array} \right)_3 \text{Al} = 0,5 \text{ моль} \cdot 0,1 = 0,05 \text{ моль}; m = 288 \text{ г/моль} \cdot 0,05 \text{ моль} = 14,4 \text{ г}$
 $W\% = 4,3\%$

8. $v_{\text{непрореаг}} \left(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}=\text{O} \right) = 1,44 \text{ моль} - 1,5 \text{ моль} \cdot 0,9 = 0,09 \text{ моль}; m = 132 \text{ г/моль} \cdot 0,09 \text{ моль} = 11,88 \text{ г}$
 $W\% = 3,5\%$

в) Активировать алюминий – это значит убрать оксидную пленку с поверхности металла. Для этого, например, алюминиевую стружку заливают 10% NaOH до бурного выделения H_2 . Затем раствор доводят до нейтрального pH и высушивают алюминий при температуре $100\text{ }^\circ\text{C} - 110\text{ }^\circ\text{C}$.

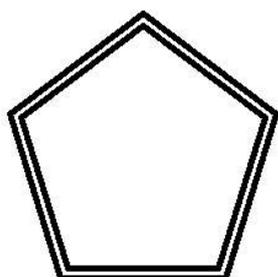
Задача 4 (12 баллов).

На рисунке изображена клумба, расположенная рядом с Главным зданием МГУ имени М.В. Ломоносова. Основание клумбы имеет форму правильного пятиугольника. Выполните эскизы фронтальной, горизонтальной и профильной проекций этой клумбы. Считать, что фронтальная проекция – это вид спереди (в направлении, перпендикулярном одной из граней клумбы); горизонтальная – вид сверху; профильная – вид сбоку слева.

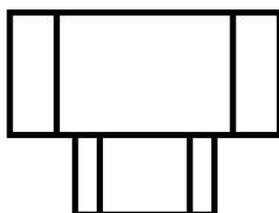


Решение:

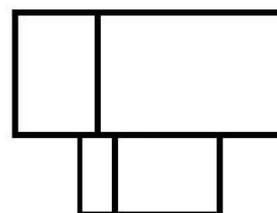
См. рисунок ниже.



Горизонтальная



Фронтальная



Профильная

Задача 5 (16 баллов).

Пассажир в поезде метро заметил, что два соседних вагона развернуты друг относительно друга в горизонтальной плоскости на угол порядка 3 градусов. Оцените радиус кривизны участка пути.

Решение:

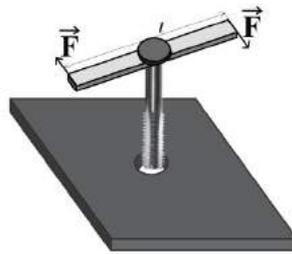
Примем для оценки, что длина вагона равна $l = 20$ м. Обозначим искомый радиус кривизны (радиус окружности, аппроксимирующей участок пути) через R . Тогда в предположении, что

$R \gg l$, из условия задачи следует, что дуга длиной l стягивает в окружности радиуса R угол $\alpha = 3^\circ \approx 1/20$ радиана. Поэтому $R = \frac{l}{\alpha} = 400$ м.

Ответ: 400 м.

Задача 6 (19 баллов).

В центре квадратной стальной пластинки со стороной 1,5 см просверлено сквозное отверстие диаметром 5 мм. При нарезании метчиком резьбы с шагом 0,8 мм в этом отверстии пластинка нагрелась на 10 °С. Оцените величину момента силы, приложенного к воротку метчика, если известно, что на нагревание пластинки пошло 25% совершенной механической работы.



Решение:

Пусть при нарезании резьбы к концам воротка приложена сила F , а длина рычага воротка равна l . Тогда при повороте метчика на один полный оборот совершается работа $A_1 = 2\pi lF = 2\pi M$, где M – искомый момент силы. Если толщина пластинки равна H , то при нарезании в ней резьбы метчик сделает $n = H/h$ оборотов (где h – шаг резьбы); при этом будет совершена работа $A = nA_1$. По условию задачи четверть этой работы пойдет на нагревание пластинки, масса которой равна $m = \rho(a^2 - \pi d^2/4)H$, где a – сторона пластинки, d – диаметр отверстия, в котором нарезается резьба, а $\rho = 7,8$ г/см³ – плотность стали. Поэтому $\frac{A}{4} = cm\Delta t$, где $c = 0,462$ Дж/(г·К) – удельная теплоемкость стали, а Δt – повышение температуры пластинки в результате нарезания резьбы. Отсюда $M = \frac{4cm\Delta t}{2\pi n} = \frac{2c\rho(a^2 - \pi d^2/4)h\Delta t}{\pi} \approx 3,8$ Н·м.

Ответ: 3,8 Н·м.