

Олимпиада «Ломоносов» по инженерным наукам 2020/2021

10-11 классы

Задача 1 (20 баллов).

Баллистические характеристики различных боеприпасов приводятся в специальных таблицах, которые содержат, в частности, экспериментальные данные о зависимости скорости пули от пройденного ею с момента выхода из ствола пути. Для одного из распространенных патронов с пулей массой 9,7 г результаты соответствующих измерений приведены ниже:

Пройденный путь, м	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Скорость пули, м/с	817	773	730	689	648	610	572	537	503	470	440

Какой формулой можно приближено описать зависимость силы сопротивления воздуха, действующей на пулю, от ее скорости в приведенном интервале скоростей?

Задача 2 (20 баллов).

Электрическая схема состоит из трех абсолютно одинаковых резисторов, имеющих форму прямоугольного параллелепипеда с шириной 2 см и высотой 1 см и сделанных из одного и того же вещества. Резисторы соединены так, как показано на рисунке 1. Из-за частичного повреждения защитной оболочки, предохраняющей резисторы от воздействия внешней агрессивной среды, на резисторах № 1 и № 3 начинается химическая реакция, в результате которой вещество становится диэлектриком и перестает пропускать электрический ток.

Для резистора № 1 химическая реакция начинается с грани параллелепипеда, отмеченной на рисунке 2 красным цветом. Непрореагировавшая область представляет собой прямоугольный параллелепипед, у которого длина и высота остаются постоянными, а ширина с течением времени уменьшается со скоростью 0,1 мм/ч.

Для резистора № 3 химическая реакция начинается с грани параллелепипеда, отмеченной на рисунке 3 красным цветом. Непрореагировавшая область представляет собой прямоугольный параллелепипед, у которого длина и ширина остаются постоянными, а высота с течением времени уменьшается со скоростью 0,1 мм/ч.

Оцените, через какое время после повреждения защитной оболочки сопротивление электрической схемы увеличится в 3 раза.

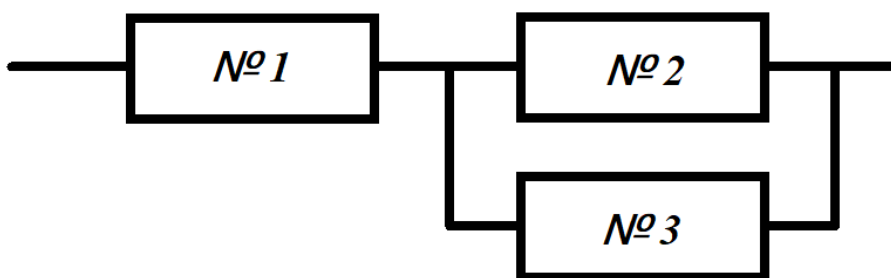


Рисунок 1

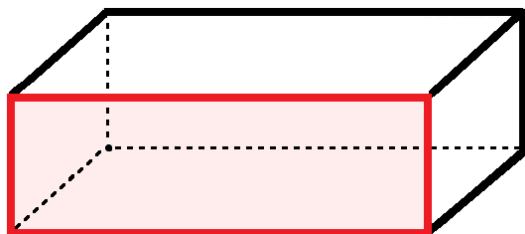


Рисунок 2

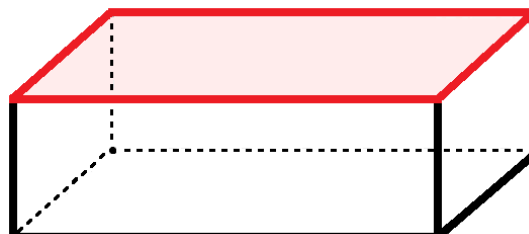


Рисунок 3

Задача 3 (20 баллов).

Некоторые разновидности витаминов способны в определенном количестве вырабатываться самим организмом, но многие должны поступать внутрь с пищей. При скудном рационе питания в качестве надежного источника этих биологически активных веществ могут выступать пищевые добавки, содержащие целый комплекс витаминов. Ретинол является синтетическим аналогом природного витамина А, входящим в большое число витаминных комплексов. Ретинол играет важную роль в синтезе белков, липидов, мукополисахаридов, регулирует баланс минералов. Технологическая схема производства синтетического витамина А – ретинола состоит из нескольких стадий, первой из которых является получение вещества I согласно схеме 1.

В стальной реактор загружают вещество А, затем едкий кали и нагревают при интенсивном перемешивании. Спустя несколько часов полученную смесь охлаждают и насыщают веществом Х. По окончании реакции выделяют бесцветную жидкость В, хорошо растворимую в органических растворителях. Вещество В подвергают селективному гидрированию с получением вещества С, которое при конденсации с веществом $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$ приводит к получению вещества D. Реакционную смесь продолжают нагревать до прекращения выделения углекислого газа в результате получается вещество E. Вещество E при нагревании реагирует с порошковым едким кали и веществом X с получением прозрачной жидкости F, плохо растворимой в воде. При ацилировании вещества F получается вещество G, которое способно вступать в реакцию изомеризации, одним из продуктов которой является вещество H омыление которого приводит к получению желтоватой маслянистой жидкости I, хорошо растворимой в органических растворителях.

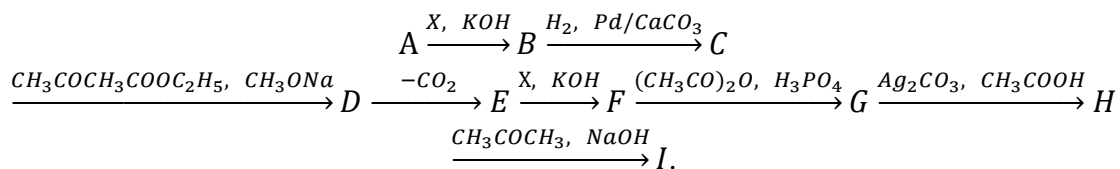
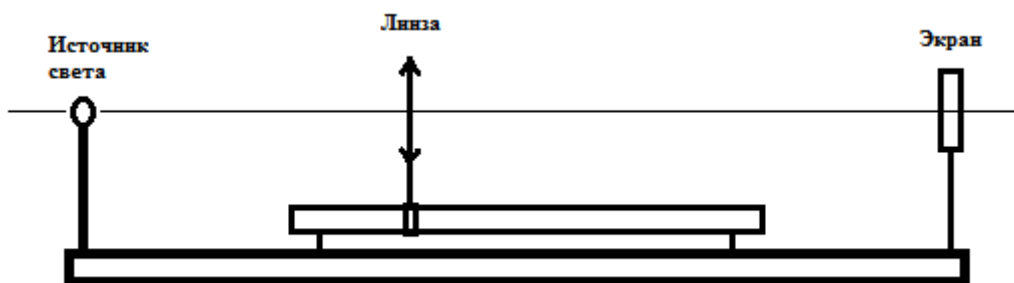


Схема 1

- 1) Установите структурные формулы веществ А и Х, если известно, что вещество Х является газообразным углеводородом состава C_2H_x . При взаимодействии 7 см^3 C_2H_x с кислородом, взятым в избытке, объем смеси уменьшился на $3,5 \text{ см}^3$. Реакция протекает при температуре 110°C и давлении 1 атм. Содержание углерода по массе в веществе А на 30,2% меньше, чем в веществе Х.
- 2) Приведите структурные формулы всех вышеупомянутых органических соединений В – I. Вещество I было синтезировано немецким химиком в попытках получить аналог цветочного масла во второй половине XIX века. Содержание углерода по массе в веществе I на 19,15% меньше, чем в веществе А.

Задача 4 (20 баллов).

Для определения силы света точечного источника инженер Леонид собрал установку, состоящую из горизонтальной станины, на которой закреплены сам источник, круглая тонкая собирающая линза и круглый экран, причем ось симметрии экрана совпадает с главной оптической осью линзы и проходит через источник света (см. рисунок).



Расстояние между источником света и экраном составляет 50 см, диаметр линзы равен 10 см, ее оптическая сила равна 10 дптр, диаметр экрана равен 10 см. Линза закреплена на горизонтальной штанге, позволяющей передвигать линзу так, что расстояние от нее до экрана может составлять от 15 см до 35 см.

Поверхность экрана покрыта солнечной панелью с ЭДС, равной 10 В. Максимальная возможная мощность, вырабатываемая солнечной панелью с 1 см^2 ее площади, составляет 0,1 Вт. К солнечной панели подключено реле, срабатывающее при силе тока в цепи не менее 0,3 А.

Сможет ли Леонид определить силу света источника, используя только собранную установку (включающую электрическую цепь с солнечной панелью и реле)? Если да, то каким образом? Ответ поясните.

Задача 5 (20 баллов).

Перед поездкой из Казани в Псков инженер Василий обнаружил, что давление в левом заднем колесе его легкового автомобиля равно не 2,0 атм, как в правом заднем колесе, а только 1,8 атм, хотя некоторое время назад давление в колесах было одинаковым. Чтобы найти причину падения давления в колесе, Василий погрузил его целиком в воду на небольшую глубину. Приглядевшись, он увидел пузырьки диаметром около 3 мм, появляющиеся на поверхности покрышки в одном и том же месте приблизительно один раз в 10 секунд. Сможет ли Василий совершить запланированную поездку, накачав колесо до 2,0 атм в начале маршрута и больше не подкачивая его до Пскова, если минимальное допустимое давление в заднем колесе равно 1,7 атм?