

**Спецификация  
экзаменационных материалов  
для проведения теоретической части предпрофессионального экзамена  
для выпускников, обучавшихся в рамках проекта  
«Академический (научно-технологический) класс в московской школе»,  
выбравших для практической части одно из направлений: «Физика»,  
«Математика», «Информатика», «Программирование», «Прикладная  
математика», «Прикладная физика», «Цифровое моделирование»,  
«Физико-математическое», «Информационное (ИКТ)», «Блокчейн-технологии  
и их применение», «Цифровая экономика в задачах логистики наземного  
транспорта», «Техническая физика», «Инженерия (по отраслям)»,  
«Цифровое моделирование»**

### **1. Назначение экзаменационных материалов**

Материалы теоретической части предпрофессионального экзамена предназначены для оценки уровня теоретической подготовки выпускников академических (научно-технологических) классов, выбравших направление технической направленности.

### **2. Условия проведения теоретической части экзаменационной работы**

Теоретическая часть предпрофессионального экзамена проводится в форме компьютерного тестирования.

При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения экзамена. Обучающиеся могут пользоваться непрограммируемым калькулятором, таблицей физических величин.

### **3. Продолжительность выполнения теоретической части экзаменационной работы**

На выполнение теоретической части экзаменационной работы отводится **90 минут**. В процессе выполнения заданий предусмотрено две автоматические паузы продолжительностью по **5 минут** в соответствии с санитарно-эпидемиологическими требованиями к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях.

### **4. Содержание и структура экзаменационной работы**

Задания экзаменационной работы разработаны преподавателями образовательных организаций высшего образования, участвующих в проекте «Академический (научно-технологический) класс в московской школе».

Индивидуальный вариант участника формируется автоматизированно во время проведения теоретической части экзамена из базы проверочных заданий.

В работе используются задания:

- с выбором одного или двух ответов из нескольких предложенных;
- с кратким ответом.

Экзаменационная работа состоит из трёх частей. Часть 1 – инвариантная: включает текст (естественные, точные науки) и три задания, которые позволяют проверить умение работать с явно заданной информацией. Части 2 и 3 – вариативные: содержат по шесть заданий, из которых участнику необходимо выбрать не более четырёх в каждой части. Выбор более четырёх заданий в частях 2 и 3 не допускается.

Задания части 2 позволяют проверить фундаментальные знания по профильным предметам (математика, физика, информатика) и универсальные умения. Задания части 3 проверяют специальные знания и умение решать вероятностные и комбинаторные задачи, экстремальные задачи по геометрии, задачи по геометрической оптике и прочие.

Задание считается выбранным, если на него дан ответ. Экзаменуемый может изменить свой выбор в процессе выполнения работы путём удаления ответа к одному заданию и сохранения ответа к другому заданию.

Для получения максимального балла на теоретической части экзамена необходимо правильно выполнить 11 из 15 заданий: три задания части 1, четыре задания части 2, четыре задания части 3.

## **5. Система оценивания отдельных частей и работы в целом**

Задание считается выполненным, если ответ обучающегося совпал с эталоном. Максимальный балл за выполнение заданий:

- часть 1 – 4 балла;
- часть 2 – 8 баллов;
- часть 3 – 8 баллов.

Первичный максимальный балл за выполнение всей работы – 20 баллов.

Перевод из первичных баллов в тестовый осуществляется по линейной форме. Линейный коэффициент перевода: 2.

**Приложение 1** «Обобщённый план теоретической части предпрофессионального экзамена для обучающихся академических (научно-технологических) классов, выбравших одно из направлений практической части: «Физика», «Математика», «Информатика», «Программирование», «Прикладная математика», «Прикладная физика», «Цифровое моделирование», «Физико-математическое», «Информационное (ИКТ)», «Блокчейн-технологии и их применение», «Цифровая экономика в задачах логистики наземного транспорта», «Техническая физика», «Инженерия (по отраслям)», «Цифровое моделирование».

**Приложение 2** «Демонстрационный вариант теоретической части предпрофессионального экзамена для обучающихся академических (научно-технологических) классов, выбравших одно из направлений практической части: «Физика», «Математика», «Информатика», «Программирование», «Прикладная математика», «Прикладная физика», «Цифровое моделирование», «Физико-математическое», «Информационное (ИКТ)», «Блокчейн-технологии и их применение», «Цифровая экономика в задачах логистики наземного транспорта», «Техническая физика», «Инженерия (по отраслям)», «Цифровое моделирование».

**Обобщённый план теоретической части предпрофессионального экзамена для обучающихся академических (научно-технологических) классов, выбравших одно из направлений практической части: «Физика», «Математика», «Информатика», «Программирование», «Прикладная математика», «Прикладная физика», «Цифровое моделирование», «Физико-математическое», «Информационное (ИКТ)», «Блокчейн-технологии и их применение», «Цифровая экономика в задачах логистики наземного транспорта», «Техническая физика», «Инженерия (по отраслям)», «Цифровое моделирование»**

№	Тип задания	Предмет	Проверяемые умения
<b>Часть 1</b>			
1	ВО	Текст	Работать с информацией, представленной в тексте. Задание на соответствие или выбор верных утверждений
2	КО		
3	КО		
<b>Часть 2</b>			
4	ВО	Математика, физика	Исследовать и анализировать информацию, заданную графически
5	ВО	Информатика, математика	Решать задачи на построение логических связей и цепочек рассуждений
6	КО	Математика, информатика	Решать задачи на построение математической модели по заданной текстовой информации. Решать задачи на алгоритмизацию
7	КО	Физика, математика	Решать задачи по исследованию математической модели физического процесса
8	КО	Физика	Решать задачи по механике
9	КО	Информатика, математика	Решать задачи на комбинаторику, основы теории вероятностей
<b>Часть 3</b>			
10	КО	Математика	Решать экстремальные задачи по геометрии
11	КО	Физика	Решать задачи по геометрической оптике
12	КО	Информатика, математика	Решать задачи по основам теории множеств или основам теории графов
13	КО	Математика	Решать задачи на числа (делимость, игры, процессы)
14	КО	Физика	Применять метод математической индукции при решении физических задач
15	КО	Информатика, математика	Выполнять операции и перевод между различными системами счисления Решать задачи на основы шифрования

\*ВО – задание с выбором ответа, КО – задание с кратким ответом.

Демонстрационный вариант теоретической части предпрофессионального экзамена для обучающихся академических (научно-технологических) классов, выбравших одно из направлений практической части: «Физика», «Математика», «Информатика», «Программирование», «Прикладная математика», «Прикладная физика», «Цифровое моделирование», «Физико-математическое», «Информационное (ИКТ)», «Блокчейн-технологии и их применение», «Цифровая экономика в задачах логистики наземного транспорта», «Техническая физика», «Инженерия (по отраслям)», «Цифровое моделирование»

Часть 1

Прочитайте текст и, используя представленную в тексте информацию, выполните задания 1–3.

Умный дом

Известно, что «умный дом» включает в себя множество интеллектуальных сенсоров вибрации, температуры, влажности, освещённости и так далее, объединённых в единую цифровую сенсорную систему. Цифровые сигналы с интеллектуальных сенсоров поступают для формирования управляющих воздействий на исполнительные устройства (управление освещением, теплом, вентиляцией, системами безопасности и т.д.), задачей которых является обеспечение выбранных функций по созданию в доме комфортной и безопасной среды.

Интеллектуальные сенсоры содержат чувствительные элементы и преобразователи аналогового сигнала от чувствительного элемента в двоичный код. Такой преобразователь называется аналогово-цифровым преобразователем (АЦП) и может быть реализован с использованием резистивного делителя, состоящего из равных сопротивлений и подключённого к опорному напряжению  $U_{on}$ . В состав АЦП входят также шифратор и устройства сравнения напряжений.

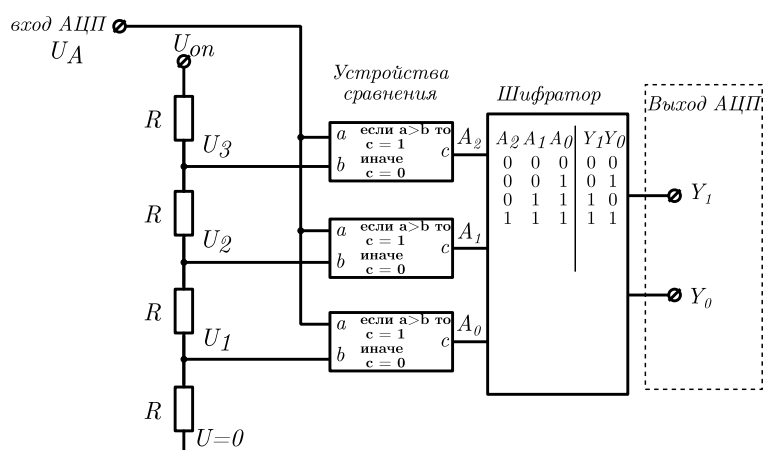


Рис. 1. АЦП на основе резистивного делителя из четырёх резисторов

АЦП на основе резистивного делителя из четырёх равных резисторов представлен на рис. 1. По цепи течёт ток  $I = U_{оп}/4$  и на каждой группе резисторов формируются соответствующие напряжения

$$U_1 = \frac{U_{оп}}{4R} \cdot R = \frac{1}{4} U_{оп}; \quad U_2 = \frac{U_{оп}}{4R} \cdot 2R = \frac{1}{2} U_{оп}; \quad U_3 = \frac{U_{оп}}{4R} \cdot 3R = \frac{3}{4} U_{оп}$$

На вход АЦП поступает меняющееся напряжение от чувствительного элемента с формирователем напряжения  $U_A$  и сравнивается с напряжениями  $U_1$ ,  $U_2$  и  $U_3$  на входах  $a$  и  $b$  устройств сравнения. При этом на выходах  $c$  формируются сигналы  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  в позиционном коде, разряды которого имеют лог. «1», если  $a$  больше  $b$  и лог. «0», если  $a$  меньше или равно  $b$ .

В состав АЦП входит двоичный шифратор, осуществляющий преобразование позиционного кода в двоичный код для передачи по радиоканалу на управление исполнительными устройствами в системе «умный дом». Чем больше в составе делителя резисторов, тем больше разрядность двоичного кода и выше точность преобразованного напряжения. Численное значение сигнала, формируемого в виде двоичного кода на выходе АЦП, в десятичной системе исчисления определяется по формуле

$$Y_{АЦП} = \left\lfloor \frac{U_A}{U_{оп}} \cdot 2^N \right\rfloor \quad (1)$$

В формуле используются усечённые квадратные скобки  $\lfloor x \rfloor$ , которые означают отсечение значения вниз до ближайшего целочисленного. Так, например,  $\lfloor 1.7 \rfloor = 1$ ,  $\lfloor 12.3 \rfloor = 12$ ,  $\lfloor 99.9 \rfloor = 99$ . Если на вход восьмибитного ( $N = 8$ ) АЦП, имеющего опорное напряжение равно  $U_{оп} = 3.3$  В, подать сигнал с напряжением  $U_A = 1.5$ , то значение отсчёта на выходе АЦП будет равно  $Y_{АЦП} = \lfloor 1.5/3.3 \cdot 2^8 \rfloor = \lfloor 116.36 \rfloor = 116$  или в двоичном виде «01110100».

Очевидно, что АЦП преобразует аналоговое напряжение в двоичный код в диапазоне от 0 до значения  $U_{оп}$ . Для применения в системах «умный дом» на рынке электроники широко представлены АЦП с уровнем опорного напряжения до 5 В. Например, для микросхемы 1986ВЕ4У со встроенным АЦП, обычно, задаётся  $U_{оп} = 3.3$  В. В тоже время в системах «умный дом» применяются разнообразные чувствительные элементы и устройства с выходным аналоговым напряжением в диапазоне от -12 В до +12 В.

Для создания интеллектуальных сенсоров с цифровым выходом на основе АЦП и формирования на их основе беспроводной системы «умный дом» разработчик может сформировать и применить простейший резистивный делитель напряжения в качестве устройства согласования между чувствительным элементом и АЦП.

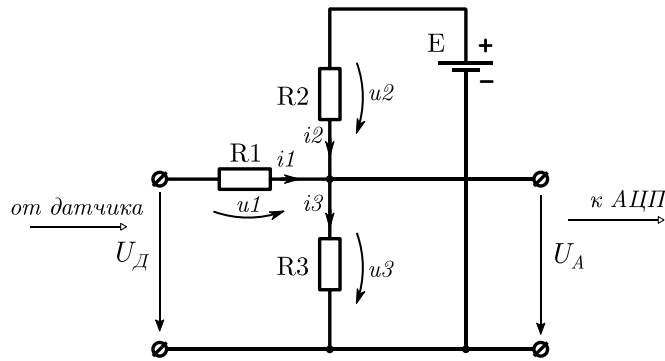


Рис. 2. Делитель в качестве преобразователя напряжения

Для резисторов в составе резистивного делителя (рис. 2) можно записать уравнения по напряжениям и токам:  $u1 = i1 \cdot R1$ ,  $u2 = i2 \cdot R2$ ,  $u3 = i3 \cdot R3$ .

По первому правилу Кирхгофа сумма токов в точке подключения резисторов (узле) равна нулю  $i1 + i2 - i3 = 0$  или  $u1/R1 + u2/R2 - u3/R3 = 0$ . Напряжение  $U_A = u3$ , напряжение  $U_D = u1 + u3$ , напряжение вспомогательного источника  $E = u2 + u3$ , отсюда  $u2 = E - U_A$ . Подставляя значения напряжений  $U_A, U_D, E$  в уравнение по первому правилу Кирхгофа  $(U_D - U_A)/R1 + (E - U_A)/R2 - U_A/R3 = 0$ , откуда можно выразить  $U_A$ :

$$U_A = \frac{R3 \cdot (U_D \cdot R2 + E \cdot R1)}{R1 \cdot (R3 + R2) + R2 \cdot R3} \quad (2)$$

Разработчику системы «умный дом» для формирования резистивного делителя необходимо определить значения сопротивлений резисторов. Чтобы найти значения сопротивления  $R2$  и  $R3$ , необходимо задать и подставить в (2) максимальное и минимальное значения диапазона аналогового напряжения сенсора  $U_{Дмин}$  и  $U_{Дмкс}$ , а также максимальное значение напряжения на выходе делителя  $U_{Амкс}$ , при этом минимальное значение  $U_{Амин}$  принимаем равным нулю. Составляется система уравнений (3).

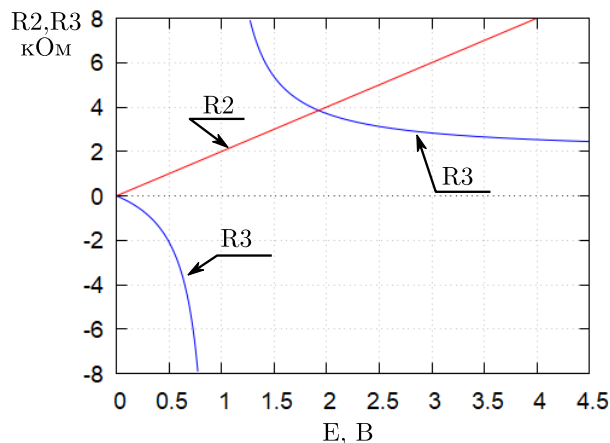
$$\begin{cases} 0 = \frac{R3 \cdot (U_{Дмин} \cdot R2 + E \cdot R1)}{R1 \cdot (R3 + R2) + R2 \cdot R3} \\ U_{Амкс} = \frac{R3 \cdot (U_{Дмкс} \cdot R2 + E \cdot R1)}{R1 \cdot (R3 + R2) + R2 \cdot R3} \end{cases} \quad (3)$$

Решением этой системы уравнений относительно выбранных переменных  $R2$  и  $R3$  будет являться (4):

$$\begin{cases} R2 = -\frac{E \cdot R1}{U_{Дмин}} \\ R3 = \frac{U_{Амкс} \cdot E \cdot R1}{U_{Дмин} \cdot U_{Амкс} - (U_{Амкс} - U_{Дмкс} + U_{Дмин}) \cdot E} \end{cases} \quad (4)$$

Используя систему уравнений (4), строится график зависимости значений сопротивлений  $R2$  и  $R3$  от значения напряжения источника питания  $E$  в резистивном делителе.

При этом задаются:  $U_{Дмин} = -0.5В$ ,  $U_{Дмкс} = 3.3В$ ,  $U_{Амкс} = U_{оп} = 2.5В$



**Рис. 3.** Зависимость сопротивлений  $R_2$  и  $R_3$  от напряжения источника  $E$

Из графика на *рис. 3* видно, что зависимость от  $E$  для  $R_2$  – линейная, для  $R_3$  – гиперболическая. Значение сопротивления  $R_2$  можно выбрать для любого положительного значения  $E$ . Для сопротивления  $R_3$  имеется разрешённый участок, представляющий собой множество положительных значений для  $E > \frac{U_{\text{Дмин}} \cdot U_{\text{Амкс}}}{U_{\text{Амкс}} + U_{\text{Дмин}} - U_{\text{Дмкс}}}$ , так как значения сопротивлений не могут быть отрицательными, принимать бесконечно большое или нулевое значения. Исходя из графика, выбрав значение  $E$  для разрешённого интервала, можно рассчитать значение сопротивления  $R_1$ .

Таким образом, этот пример показывает, что помимо реализуемых схем с положительными расчётными значениями сопротивлений, ёмкостей, индуктивностей, существуют схемы с физически нереализуемыми значениями в некотором диапазоне.

В системах «умный дом», в которых применяются разнообразные сенсоры, могут присутствовать такого рода ограничения, а указанные методы исследования электрических цепей позволяют выбрать оптимальные диапазоны работы и рассчитать систему, удовлетворяющую поставленным требованиям.

## Задания

1. Установите соответствие между понятиями и их характеристиками. Для каждой позиции первого столбца укажите одну позицию второго столбца.

Понятия	Характеристики
А) Резистивный делитель	1. Устанавливает соотношение между сопротивлением и током 2. Устанавливает взаимосвязь между токами
Б) Шифратор	3. Преобразует позиционный код в двоичный 4. Кодировывает данные для передачи
В) Первое правило Кирхгофа	5. Формирует период сигнала по частоте 6. Преобразует уровень напряжения

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

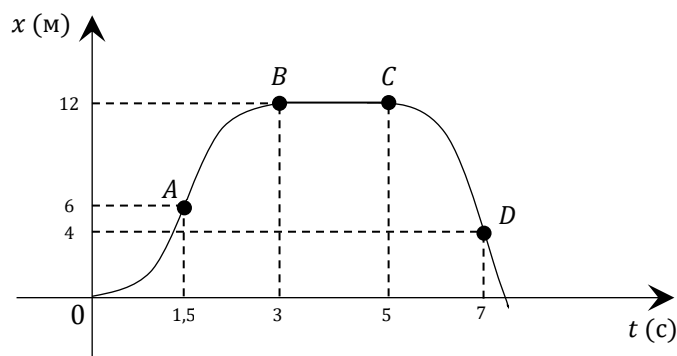
	А	Б	В
Ответ:			

2. Чему будет равно представление в виде числа сигнала с выхода 12-ти битного АЦП ( $N = 12$ ), если опорное напряжение составляет 5 В, а входной сигнал равен 2.68 В?

3. Чему будет равно значение сопротивления резистора  $R_1$ , исходя из данных графика на рис. 3 и приведённых формул при  $E = 1$  В? Ответ представьте с точностью до десятых кОм.

## Часть 2

4. На рисунке ниже представлен график зависимости координаты тела от времени при прямолинейном движении. Как изменился модуль средней скорости движения тела на участке  $BD$  по сравнению с участком  $AB$ ?



- 1) увеличился на 2 м/с;
- 2) уменьшился на 4 м/с;
- 3) уменьшился на 2 м/с;
- 4) увеличился на 4 м/с.



5. Три друга пришли на тренировку в красном, белом и голубом спортивных костюмах. Их кроссовки были тех же трёх цветов. Но только у Андрея цвета костюма и кроссовок совпадали. Саша был в белых кроссовках. А у Юры ни костюм, ни кроссовки не были красными. Определите цвет костюма и кроссовок Андрея.

- 1) красный костюм и красные кроссовки;
- 2) голубой костюм и белые кроссовки;
- 3) голубой костюм и голубые кроссовки;
- 4) белый костюм и белые кроссовки.

6. Вычислите хеш блока 10528579, если он является начальным. Используйте описание блокчейна с простой хеш-функцией.

Каждый блок представлен одним числом:

$$B_n = h_n + r_n \cdot 256 + m_n \cdot 256^2,$$

где блок  $B_n$  с номером  $n$  включает: полезную информацию  $m_n$ , представленную натуральным числом,  $r_n$  – случайное число от 0 до 255 и  $h_n$  – хеш (технически, целое число от 0 до 255).

У каждого блока хеш вычисляется по формуле:

$$h_n = 37 \cdot (m_n + r_n + h_{n-1}) \% 256,$$

где  $\%$  – операция вычисления остатка от деления (её также обозначают  $mod$ ).

При вычислении хеша начального блока  $h_0$  вместо хеша предыдущего блока берётся ноль. При этом требуется, чтобы хеш  $h_n$  был меньше 100.

В ответе укажите число, полученное при переводе в шестнадцатиричную систему счисления.

7. В боковой стенке высокого цилиндрического бака у самого дна закреплён кран. После его открытия вода начинает вытекать из бака, при этом высота столба воды в нём, выраженная в метрах, меняется по закону:

$$H(t) = H_0 - \sqrt{2gH_0}kt + \frac{g}{2}k^2t^2,$$

где  $t$  – время в секундах, прошедшее с момента открытия крана;  $H_0$  – начальная высота столба воды;  $k$  – отношение площадей поперечных сечений крана и бака;  $g$  – ускорение свободного падения (считайте  $g = 10 \text{ м/с}^2$ ).

Поперечные сечения бака и крана имеют форму круга, радиус сечения бака равен 1,6 метра, а радиус сечения крана равен 0,16 метра. Изначально высота водяного столба в баке равнялась 20 метрам. Найдите время  $t$  с момента открытия крана, через которое уровень воды в баке понизится до 5 метров.

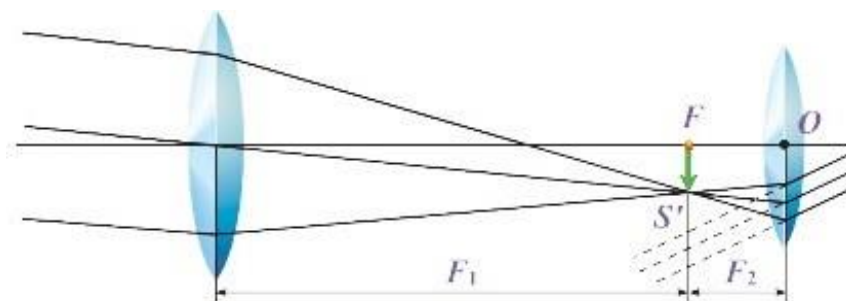
8. Ящик тянут по земле за верёвку по горизонтальной окружности диаметром 20 метров с постоянной по модулю скоростью. Работа внешней силы тяги за один оборот по окружности равна 3,0 кДж. Чему равен модуль силы трения, действующей на ящик со стороны земли? Ответ в ньютонах запишите с точностью до целого числа.

9. В шахматном турнире принимали участие пятнадцать шахматистов. На первом этапе турнира каждый из участников сыграл по одной партии с каждым из остальных участников турнира. Сколько всего партий было сыграно на первом этапе турнира?

### Часть 3

10. Найдите наибольшую возможную площадь трапеции, вписанной в полукруг радиуса 12, если одно из оснований трапеции является диаметром полукруга. Ответ запишите с точностью до целого числа.

11. Зрительная труба Кеплера (см. рис.) состоит из двух собирающих линз: объектива и окуляра.



При этом задний фокус объектива совпадает с передним фокусом окуляра (см. рис.). Изображение удалённого объекта  $AB$  получается практически в главном фокусе объектива  $F_{об}$ . Окуляр располагают так, что это изображение находится и в его главном фокусе  $F_{ок}$ . Увеличение зрительной трубы:

$$\Gamma = \frac{\operatorname{tg}\psi'}{\operatorname{tg}\psi},$$

где  $\psi$  и  $\psi'$  – угловые размеры источника и изображения.

Найти увеличение зрительной трубы Кеплера, если  $F_1 = 25$  см и  $F_2 = 5$  см.

12. В рамках программы академической мобильности за 2018 календарный год Университет направил для работы в Германию или Японию 33 инженера-исследователя, в Германию или Италию – 32 инженера-исследователя и, наконец, в Италию или Японию – 31 инженера-исследователя. Не менее двух стран объездили 20 инженеров-исследователей. Сколько инженеров посетило только одну страну в рамках программы академической мобильности в 2018 году?

13. Сколько существует четырёхзначных натуральных чисел, которые делятся на 5 и на 7, но не делятся на 11?

14. Поршневой насос при каждом качании всасывает в себя объём  $V_0$  воздуха. При откачке этим насосом воздуха из сосуда объёма  $V = V_0$  насос совершил  $n = 10$  качаний.

Найдите установившееся давление в сосуде. Начальное давление внутри сосуда  $p_0 = 102,4$  кПа. Ответ укажите в паскалях.

15. Молодые ученые (аспиранты, студенты) решили исследовать отличия в радиационных фонах планет А и Б. На обеих планетах работают роботизированные аппараты со встроенными счетчиками Гейгера. Аппараты присылают результаты измерений в одних и тех же условных единицах, но в разных системах счисления. От первого аппарата было получено значение 10101000111000 в двоичной системе счисления, от второго – 2A0E в шестнадцатеричной. Определите, на сколько условных единиц различаются радиационные фоны планет. Ответ дайте в четверичной системе счисления.

## ОТВЕТЫ

Номер задания	Ответ	Баллы
<b>Часть 1</b>		
1	6, 3, 2	1
2	2195	1
3	1,0	2
Итого		<b>4</b>
<b>Часть 2</b>		
4	3	2
5	1	2
6	43	2
7	100	2
8	48	2
9	105	2
Итого		<b>8</b> (за 4 задания)
<b>Часть 3</b>		
10	187	2
11	5	2
12	18	2
13	234	2
14	100	2
15	222	2
Итого		<b>8</b> (за 4 задания)
Максимальный первичный балл		<b>20</b>