

**Спецификация конкурсных материалов для проведения теоретического
этапа проекта «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал.
Предпрофессиональный экзамен» в номинации «Инженерный класс» по
направлению «Космические классы»**

1. Назначение конкурсных материалов

Материалы теоретического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» (далее – Конкурс) предназначены для оценки уровня теоретической подготовки участников Конкурса.

2. Условия проведения

Теоретический этап Конкурса проводится в очной дистанционной форме с использованием технологии прокторинга. При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения Конкурса.

Этап проводится в очном дистанционном формате с использованием технологии прокторинга. Участникам необходимо иметь компьютер (ПК или ноутбук; прохождение диагностики на мобильных устройствах - невозможно) с выходом в Интернет, веб-камерой и микрофоном, а также смартфон (или планшет) со стабильным интернетом и приложением для считывания QR-кодов. Требуется предварительная настройка оборудования: https://im.mcko.ru/docs/Инструкция_для_участника_конкурса_Интеллектуальный_мегаполис_Потенциал.pdf. Браузер разрешается использовать только для прохождения заданий этапа и процедуры прокторинга.

Дополнительное ПО, разрешенное для прохождения: текстовый редактор, графический редактор, электронные таблицы (как обычный калькулятор, исключая специализированные формулы), обычный встроенный калькулятор.

Чем пользоваться категорически нельзя (ведет к отклонению работы): веб-поиском, программными средами.

3. Продолжительность выполнения

На выполнение заданий *теоретического* этапа Конкурса отводится 120 минут. Во время проведения мероприятия участник может выйти из зоны проведения мероприятия не более чем на 5 минут, предупредив *проктора на камеру*. Мероприятие не продлевается на время отсутствия участника.

4. Содержание и структура



Индивидуальный вариант участника включает 10 заданий, базирующихся на содержании предметов математика, информатика, физика.

5. Система оценивания

Задание считается выполненным, если ответ участника совпал с эталоном. Максимальный балл за выполнение всех заданий – 60 баллов.

6. Приложения

1. План конкурсных материалов для проведения теоретического этапа Конкурса.
2. Демонстрационный вариант конкурсных заданий теоретического этапа Конкурса.



План конкурсных материалов для проведения теоретического этапа Конкурса

№ задания	Выбор задания для решения	Уровень сложности	Уникальные кодификаторы Конкурса	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
1.	-	базовый	Информатика. Информационная безопасность.	<i>Знать:</i> – основные задачи шифрования и дешифрования информации. <i>Уметь:</i> – использовать шифры простой замены и перестановок.	5
2.	-	базовый	Информатика. Основы алгебры логики.	<i>Знать:</i> – основные законы алгебры логики, – операции «отрицание», «дизъюнкция», «конъюнкция», «импликация», «эквиваленция». <i>Уметь:</i> – проводить эквивалентные преобразования логических выражений, – строить таблицу истинности логической функции.	5
3.	-	базовый	1.1.1. Преобразование числовых и алгебраических выражений. 1.2.1 Уравнения с одной переменной.	<i>Знать:</i> – формулы сокращенного умножения, свойства степеней. <i>Уметь:</i> – выполнять преобразования алгебраических выражений.	4
4.	-	базовый	1.1.1. Решение задач с применением изученных фактов о делимости целых чисел.	<i>Знать:</i> – сравнение по модулю. <i>Уметь:</i> – решать линейные уравнения в целых числах, производить отбор целых решений системы неравенств.	4



			1.1.6. Системы неравенств.		
5.	-	базовый	Физика 5. Колебания и волны. 7. Квантовая физика.	Знать: – электромагнитные волны. условия излучения электромагнитных волн, – шкала электромагнитных волн, – фотоны, формула Планка связи энергии фотона с его частотой, энергия и импульс фотона, – технические устройства, спектральный анализ (спектроскоп), лазер, квантовый компьютер, – постулаты Бора, излучение и поглощение фотонов при переходе атома с одного уровня энергии на другой, линейчатые спектры. Уметь: – находить энергию фотона, – определять частотный диапазон электромагнитного излучения.	4
6.	-	базовый	Физика 2. Механика	Знать: – механическое движение, относительность механического движения., система отсчёта. – законы сохранения в механике, – импульс материальной точки, системы материальных точек, – упругие и неупругие столкновения. Уметь: – определять импульс, массу и скорость движущихся тел, – применять законы сохранения количества движения для решения поставленных задач, – определять законы изменения координат движущегося тела.	4
7.	-	повышенный	Информатика. Представление информации в компьютере. Компьютерная арифметика.	Знать: – форматы представления целых и вещественных чисел в ЭВМ, – понятия мантиссы и порядка числа. Уметь: – раскладывать число в разрядной сетке ЭВМ, – проводить арифметические действия с целыми и вещественными числами.	8



8.	-	повышенный	1.3.1. Решение задач с использованием числовых функций и их графиков. 1.3.8. Графические методы решения уравнений и неравенств. 2.3.3. Решение задач на измерения на плоскости, вычисления длин и площадей.	<i>Знать:</i> – вид графика линейной функции, условие параллельности прямых, заданных уравнениями, формулы площади треугольника и параллелограмма. <i>Уметь:</i> – находить на координатной плоскости область решения системы линейных уравнений, – определять координаты точки пересечения прямых.	10
9.	-	повышенный	Физика	<i>Знать:</i> – особенности работы колебательного контура, – параметры реактивных элементов электрической цепи, – свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре, формула Томсона, – вынужденные электромагнитные колебания, резонанс, <i>Уметь:</i> – находить резонансную частоту колебательного контура, – находить параметры электронных элементов по параметрам их конструкции.	8
10.	-	повышенный	Физика 4. Электродинамика. 5. Колебания и волны.	<i>Знать:</i> – особенности протекания постоянного и переменного тока по элементам электрической цепи, – последовательное и параллельное соединение элементов цепи, – индуктивность, явление самоиндукции. ЭДС самоиндукции, – технические устройства, генератор переменного тока, индукционная печь, трансформатор, соленоид. <i>Уметь:</i> – определять сопротивление параллельного и последовательного соединения элементов электрической цепи	8
Сумма баллов:					60



Демонстрационный вариант конкурсных заданий теоретического этапа Конкурса

Пример состава задания теоретического этапа Конкурса.

Задание 1. (Информатика)

Учёные, работающие на лунной станции, обмениваются между собой текстовыми сообщениями. Для дополнительной защиты передаваемых данных учёные договорились использовать модифицированный шифр Цезаря. В этом шифре в качестве ключа используется некоторое дополнительное слово. Для шифрования текста каждая буква исходного сообщения заменяется на букву, код которой равен сумме: номера кодируемой буквы и номера соответствующей буквы ключа.

Нумерация букв алфавита представлена на рисунке. Пробелы и знаки препинания не учитывались. Если при сложении номеров получалось число, превышающее максимальный номер символа в алфавите (в данном шифре это 33), то из полученного числа вычитался максимальный номер.

ТАБЛИЦА ПРЯМОГО СЧЁТА РУССКОГО ЯЗЫКА (АЛФАВИТА)

А	Б	В	Г	Д	Е	Ё	Ж	З	И	Й	К	Л	М	Н	О	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	

Исходное сообщение: МЫЕДЕМВМОРЕДОЖДЕЙ

Полученное сообщение: ХЮКМЙНКРФЦЙЕЧЙНО

При шифровании ученый допустил одну ошибку (одна буква была один раз зашифрована неправильно). Определите, какое слово являлось ключом. Ответ вводить заглавными буквами без пробелов.

Ответ: ЗВЕЗДА.

Задание 2. (Информатика)

Космическая лунная станция получает команды по четырем каналам связи: X1, X2, X3, X4. На основе этих команд она вырабатывает сигнал (Y1, Y2, Y3) для управления луноходом. Логика обработки команд известна и представлена следующими логическими уравнениями:



$$Y1 = \neg(\neg(X1 \wedge \neg X2) \rightarrow \neg(X3 \wedge X4 \wedge \neg X1));$$

$$Y2 = \neg X1 \wedge X2 \wedge X3 \wedge X4 \vee \neg(X1 \wedge X2 \rightarrow \neg X3 \wedge X4);$$

$$Y3 = (X1 \vee \neg X2) \rightarrow (X3 \wedge X4 \wedge X2).$$

Определите, при каких значениях входных сигналов $X1$, $X2$, $X3$, $X4$, спутник получит управляющий сигнал 111. При вводе ответа перечислите подряд значения на каждом из входов (без запятых и пробелов).

Ответ: 0111.

Задание 3. (Математика)

Найдите значение выражения $\left(1 - \frac{1}{x}\right)^3$, где x – корень уравнения

$$3x^3 + 3x^2 - 3x + 1 = 0.$$

Ответ: 4.

Решение:

Перепишем уравнение следующим образом:

$$4x^3 - x^3 + 3x^2 - 3x + 1 = 0; 4x^3 - (x-1)^3 = 0; 4x^3 = (x-1)^3.$$

Отсюда
$$\frac{(x-1)^3}{x^3} = \left(\frac{x-1}{x}\right)^3 = \left(1 - \frac{1}{x}\right)^3 = 4.$$

Задание 4. (Математика)

Сообщение, передаваемое по каналу связи, разбито на пакеты и закодировано целым числом $222 \leq N \leq 250$. Для контроля целостности пакета разными алгоритмами получены контрольные суммы 2 и 1, являющиеся остатками от деления числа N на числа 3 и 5 соответственно ($N \equiv 2 \pmod{3}$, $N \equiv 1 \pmod{5}$).

Найдите значение числа N .

Ответ: 236.

Решение:

Первый способ. По условию задачи $N = 3k + 2$ и $N = 5p + 1$, $k, p \in \mathbb{Z}$



Для решения задачи надо решить систему в целых числах относительно k, p, N :

$$\begin{cases} N = 3k + 2, \\ N = 5p + 1, \\ 222 \leq N \leq 250. \end{cases}$$

Из первых двух уравнений системы следует, что

$$3k + 2 = 5p + 1 \Rightarrow 5p - 3k = 1 \quad (*).$$

Уравнение имеет бесконечно много решений, которые можно найти, подобрав сначала одно любое решение k_0, p_0 . Например, $p_0 = 2, k_0 = 3$.

Тогда имеем тождество $5p_0 - 3k_0 = 1$ (**). Вычитая из (*) тождество (**),

получим

$$5(p - p_0) - 3(k - k_0) = 0 \Rightarrow 5(p - p_0) = 3(k - k_0) \Rightarrow p - p_0 = 3t, k - k_0 = 5t, t \in Z.$$

Все решения данного уравнения можно записать в виде

$$p = p_0 + 3t = 2 + 3t, k = k_0 + 5t = 3 + 5t, t \in Z.$$

Тогда для исходной системы получим

$$\begin{cases} N = 3k + 2 = 3(3 + 5t) + 2 = 15t + 11, \\ N = 5p + 1 = 5(2 + 3t) + 1 = 15t + 11, \quad t \in Z. \\ 222 \leq N \leq 250. \end{cases}$$

Перепишем двойное неравенство в системе, подставив выражение N через t : $222 \leq 15t + 11 \leq 250$, $211 \leq 15t \leq 239$, откуда следует единственное целое решение $t = 15$. Следовательно, $N = 236$.

Второй способ. По условию, число N при делении на 5 дает остаток 1. В интервале $222 \leq N \leq 250$ таких чисел всего пять: 226, 231, 236, 241, 246. При делении на 3 их остатки 1, 0, 2, 1, 0 (это можно проверить непосредственно или, не выполняя деления, найти остаток от деления суммы цифр каждого числа на 3). Таким образом, $N = 236$.

Задание 5. (Физика)

Оптический квантовый генератор (лазер) может генерировать электромагнитное излучение на частотах $f_1 = 473,083$ ТГц, $f_2 = 260,35$ ТГц, $f_3 = 88,46$ ТГц.



Луч на выходе имеет красный цвет. Определите энергию фотона такого излучения. Мощность излучения лазера 30 Вт, температура окружающей среды 297 К, скорость света в свободном пространстве $3 \cdot 10^8$ м/с, постоянная Планка

$h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж · с. Ответ округлите до сотых.

Решение: по соотношению длины волны λ , скорости света в свободном пространстве c и циклической частоты колебаний f ($c = \lambda \cdot f$) определяем длину волны излучения $\lambda = \frac{c}{f}$:

$\lambda_1 = 0,6328$ мкм, $\lambda_2 = 1,1523$ мкм, $\lambda_3 = 3,3914$ мкм. В видимый диапазон попадает только длина волны λ_1 , которая соответствует красному цвету излучения.

По формуле Планка находим энергию фотона:

$$E_1 = h \cdot f_1 = 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 473,083 \cdot 10^{12} = 3,1346 \cdot 10^{-19} \approx 3,13 \cdot 10^{-19} \text{ (Дж)}.$$

Задание 6. (Физика)

Космонавт в экипировке, общей массой 95 кг оказался вне корабля и без связи. Чтобы к нему вернуться, пришлось отбросить аппарат для научных измерений массой 5 кг в противоположном направлении по отношению к кораблю. С какой скоростью v_a улетал предмет, если космонавт направился к своей команде со скоростью $v_k = 2,2$ м/с? Считать движение космонавта и предмета прямолинейным.

Решение: согласно закону сохранения количества движений, их импульсы равны, то есть:

$$m_k \cdot v_k = m_a \cdot v_a, \text{ отсюда } v_k = \frac{90 \cdot 2,2}{5} = 39,6 \text{ м/с}.$$

Задание 7. (Информатика)

Микроконтроллер модели лунохода работает с двоичными вещественными числами, представленными в нормализованном виде в четырехбайтовом формате. Под нормализованной формой вещественного двоичного числа понимаем:

$$X = s M 2^n,$$

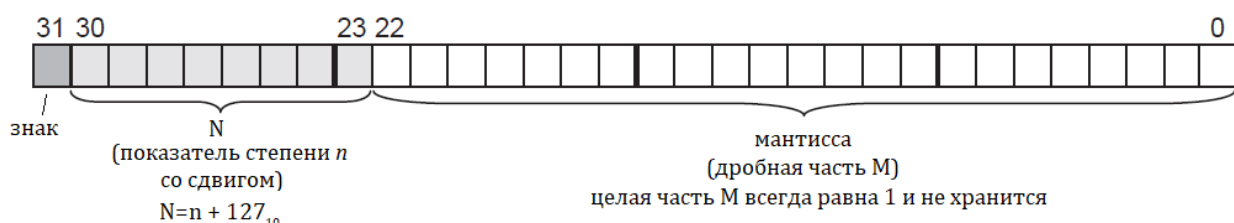
где: s – знак числа,

M – значащая часть числа, $1 \leq M < 2$,

n – показатель степени.



32 бита, отводимые на хранение числа, разделяются на три зоны: для хранения знака, показателя степени и мантиссы (на рисунке выделены разным цветом). Один бит отводится на хранение информации о знаке числа. Для записи показателя степени отводится восемь бит. Причём показатель степени n записывается со сдвигом: $N=n+127_{10}$. На хранение дробной части M (т.е. мантиссы) отводится 23 бита (целая часть M всегда равна 1 и в памяти не хранится).



На вход микроконтроллера поступили два числа. Микроконтроллер выполнил их сложение и сохранил результат в памяти. В десятичном виде эти два числа записываются как: 1.25_{10} и 2.25_{10} . Определите, как результат вычислений должен выглядеть в памяти микроконтроллера. При вводе ответа значения битов внутри каждой зоны вводятся подряд (без пробелов и разделителей), а между зонами ставится пробел (один пробел ставится между битом знака и старшим битом показателя степени, второй пробел – между младшим битом показателя степени и старшим битом мантиссы), младшие биты в записи располагаются правее старших (как на рисунке выше). В случае необходимости округление проводить усечением (отбрасыванием младших разрядов) мантиссы.

Пример формата ввода ответа: 0 00111111 000000000000000000010010.

Ответ: 0 10000000 110000000000000000000000.

Задание 8. (Математика)

Искусственный спутник ведет наблюдение за объектом, заданным на координатной плоскости неравенством $|5x + 4y - 38| + |5x - 4y - 22| \leq 40$. Зона обзора камер, установленных на спутнике, описывается условием $(2y - x)(y + 2x - 15) \geq 0$. Какая часть площади объекта доступна для наблюдения? Ответ выразите в процентах, округленных до целого числа.

Ответ: 56.



Решение:

Раскрывая модули в неравенстве, получаем

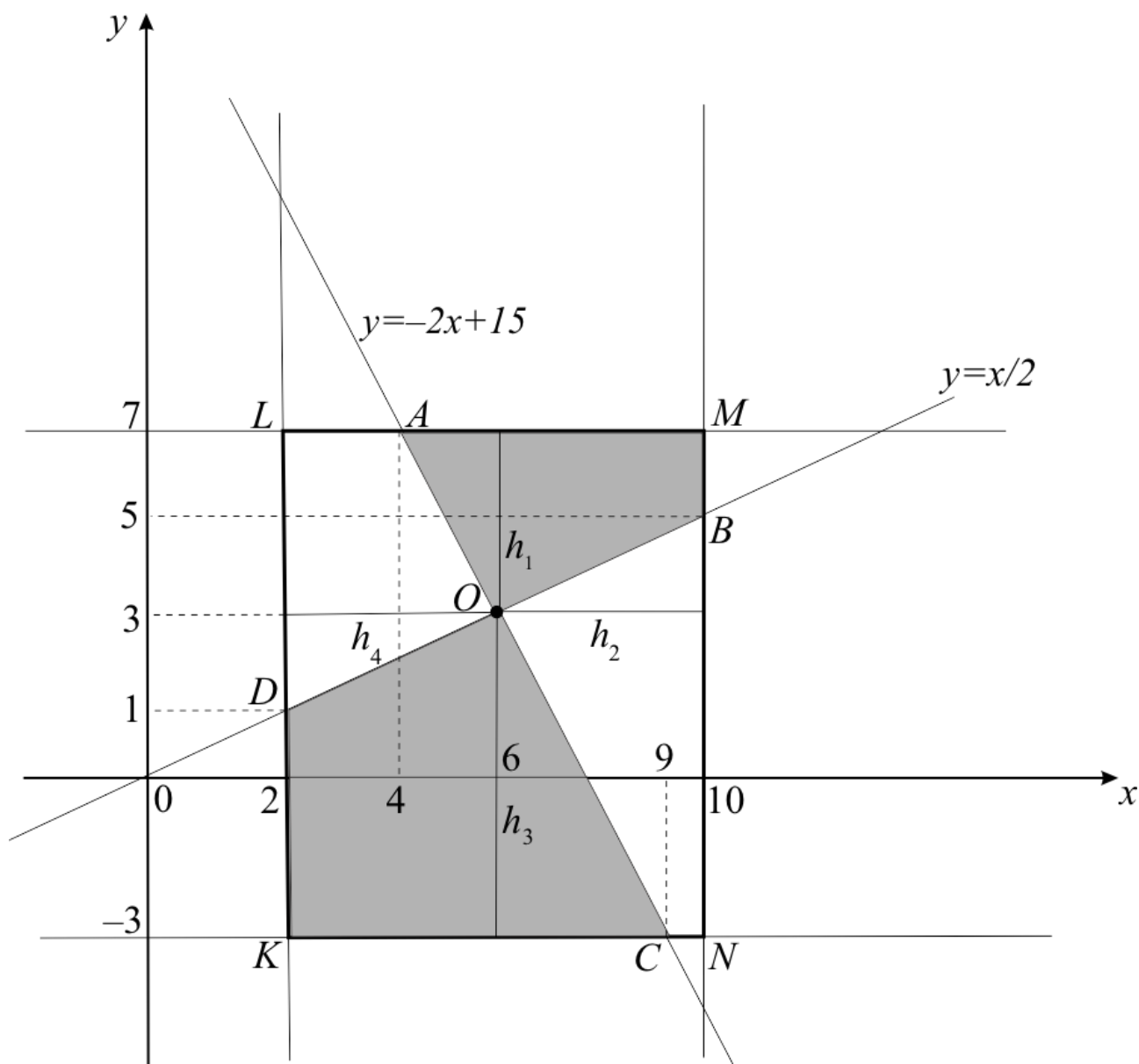
$$\begin{cases} 5x + 4y - 38 + 5x - 4y - 22 \leq 40, \\ -5x - 4y + 38 - 5x + 4y + 22 \leq 40, \\ 5x + 4y - 38 - 5x + 4y + 22 \leq 40, \\ -5x - 4y + 38 + 5x - 4y - 22 \leq 40, \end{cases} \text{ или } \begin{cases} x \leq 10, \\ x \geq 2, \\ y \leq 7, \\ y \geq -3. \end{cases}$$

Таким образом, наблюдаемый объект является прямоугольником с вершинами $K(2,-3)$, $L(2,7)$, $M(10,7)$, $N(10,-3)$ (см. рисунок). Площадь прямоугольника $KLMN$ составляет $S = KL \cdot KN = 10 \cdot 8 = 80$.

Условие $(2y - x)(y + 2x - 15) \geq 0$ сводится к двум случаям:

$$\begin{cases} 2y - x \geq 0, \\ y + 2x - 15 \geq 0 \end{cases} \text{ или } \begin{cases} 2y - x \leq 0, \\ y + 2x - 15 \leq 0. \end{cases}$$

Прямые $2y - x = 0$ и $2x + y - 15 = 0$ и пересекаются в точке $O(6,3)$.



Найдем точки пересечения этих прямых со сторонами прямоугольника $KLMN$. Подставим $x = 2$ в уравнения прямых. Получим $y = 1$ и $y = 11$, но $y \leq 7$, поэтому второе пересечение лежит на продолжении стороны прямоугольника. Итак, мы получили точку $D(2, 1)$. Подставим $x = 10$, получим $y = 5$ и $y = -5$ (не подходит, так как $y \geq -3$). Получена точка $B(10, 5)$. Подставляя $y = -3$, получим $x = -6$ (не подходит) и $x = 9$, что дает точку пересечения $C(9, -3)$. При подстановке $y = 7$, получаем подходящее решение $x = 4$ и точку $A(4, 7)$. Зона, доступная для наблюдения, является объединением четырехугольников $OAMB$ и $OCKD$ (выделена на рисунке).

Найдем их площади:



$$S_{OAMB} = S_{OAM} + S_{OMB} = \frac{1}{2} AM \cdot h_1 + \frac{1}{2} MB \cdot h_2 = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 4 = 16;$$

$$S_{OCKD} = S_{OCK} + S_{OKD} = \frac{1}{2} KC \cdot h_3 + \frac{1}{2} KD \cdot h_4 = \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 4 = 29.$$

Здесь h_1, h_2, h_3, h_4 – высоты треугольников, равные расстояниям от точки O до сторон прямоугольника. Итак, для наблюдения доступна часть площади, выражающаяся в процентах по формуле

$$\frac{S_{OAMB} + S_{OCKD}}{S} \cdot 100\% = \frac{16 + 29}{80} \cdot 100\% = \frac{45}{80} \cdot 100\% = \frac{225}{4}\% = 56,25\%.$$

Округлим, как требуется в задании, полученное число до целого. Получим 56%.

Задание 9. (Физика)

Колебательный контур содержит катушку индуктивности индуктивностью 2 мкГн и конденсатор емкостью 2 нФ. Контур перенастроили по резонансной частоте за счет изменения емкости плоского конденсатора до значения 2,8 МГц. Известно, что в конденсаторе изменили расстояние между обкладками. Найдите соотношение нового расстояния между обкладками конденсатора к прежнему. Считать потери в контуре за период ничтожно малыми. Результат округлить до десятых.

Решение: согласно формуле Томсона, круговая частота для резонанса $\omega = 2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

Отсюда можно определить емкость конденсатора перестроенного контура $C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L}$.

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot (2,8 \cdot 10^6)^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 1,61709 \cdot 10^{-9} (\text{Ф}) = 1,6 (\text{нФ})$$

Емкость плоского конденсатора определяется по формуле $C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$, где d – расстояние между обкладками. Следовательно, соотношение расстояний будет обратно соотношению прежней и новой емкостей $\frac{d_2}{d_1} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{2}{1,61709} = 1,2$

Задача 10. (Физика)



Из проволоки длиной 100 м, диаметром 5 мм, сопротивление которой 5 Ом, изготовили катушку индуктивности длиной 50 см. Через нее протекает постоянный ток 10 мА. Параллельно этой катушке индуктивности подключен резистор сопротивлением 10 Ом. Найти сопротивление получившейся цепи. Ответ округлите до сотых.

Решение: несмотря на то, что получился реактивный элемент, ток является постоянным, следовательно, реактивная часть сопротивления $Z_L = j \cdot \omega \cdot L$ будет равна 0. Остается только сопротивление провода, из которого сделана катушка.

При параллельном соединении элементов цепи их проводимости складываются, следовательно, проводимость рассматриваемого участка цепи будет

$G = \frac{1}{R} + \frac{1}{r_L} = \frac{1}{10} + \frac{1}{5} = 0,21 \text{ См.}$ Тогда сопротивление цепи $R_{\text{ц}} = \frac{1}{G} = 4,7619 \approx 4,76 \text{ Ом.}$