

Спецификация конкурсных материалов для проведения *теоретического* этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Инженерный класс» по направлению «Исследовательское»

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 теоретического этапа

Теоретический этап Конкурса проводится в *очной дистанционной форме*. При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения Конкурса. Участники могут дополнительно использовать листы для записей, письменные принадлежности, непрограммируемый калькулятор.

3. Продолжительность выполнения работы

На выполнение заданий *теоретического* этапа Конкурса отводится **90 минут**. В процессе выполнения заданий предусмотрены две автоматические паузы продолжительностью по 5 минут в соответствии с санитарно-эпидемиологическими требованиями к условиям и организации обучения в общеобразовательных организациях.

4. Содержание и структура работы

Задания *теоретического* этапа Конкурса разработаны преподавателями образовательных организаций высшего образования, участвующих в проекте «Инженерный класс в московской школе».

Индивидуальный вариант участника формируется автоматически во время проведения теоретического этапа Конкурса из базы конкурсных заданий.

Индивидуальный вариант участника включает 15 заданий, базирующихся на содержании *предметов: физики, математики, информатики*.

5. Система оценивания отдельных заданий и работы в целом

Задание считается выполненным, если ответ участника совпал с эталоном. Каждое задание повышенного уровня сложности оценивается в 5 и 4 балла. Каждое задание базового уровня сложности оценивается в 3 балла. Максимальный балл за выполнение всех заданий – 60 баллов. Для получения максимального балла за *теоретический* этап Конкурса необходимо дать верные ответы на все задания.

6. Приложения

1. Обобщённый план конкурсных материалов для проведения *теоретического* этапа Конкурса.
2. Демонстрационный вариант конкурсных заданий *теоретического* этапа Конкурса.

**Обобщённый план конкурсных материалов
для проведения теоретического этапа Конкурса**

№ задания	Уровень сложности	Уникальные кодификаторы Конкурса	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
Часть 1. Задания на проверку функциональной грамотности				
1	Базовый	Физика 4.4, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4	Анализировать предложенную текстовую информацию по таким разделам физики, как: «Магнитное поле», «Электромагнитная индукция», «Механические колебания», «Электромагнитные колебания», «Механические и электромагнитные волны», «Оптика»	3
2	Базовый			3
3	Базовый			3
4	Повышенный			4
Часть 2. Задания на проверку предметных знаний				
5	Базовый	Математика 1.2.1, 1.2.2, 1.3.1	Решать задачи на использование функций, их графиков. Строить графики реальных зависимостей. Решать задачи на движение и совместную работу, смеси и сплавы с помощью линейных, квадратных и дробно-рациональных уравнений и их систем	3
6	Базовый	Информатика 3.3	Решать задачи на элементы теории множеств и математической логики: строить логические выражения заданной структуры с данной таблицей истинности	3
7	Базовый	Математика 1.6	Решать задачи на статистику и теорию вероятностей	3
8	Базовый	Информатика 5.2	Обрабатывать числовую информацию в электронных таблицах: табулировать функции. Строить графики и диаграммы	3
9	Повышенный	Физика 2.2, 2.3	Решать задачи на динамику и статику	5
10	Повышенный	Математика 1.3.7	Находить наибольшее и наименьшее значения функции (без применения производной)	5
11	Повышенный	Математика 2.2.1	Владеть понятием объёма. Находить объёмы многогранников: объёмы тел вращения. Владеть аксиомами объёма. Выводить формулы объёмов прямоугольного параллелепипеда, призмы и пирамиды. Применять формулы для нахождения объёма тетраэдра. Применять теоремы об отношениях объёмов	5

12	<i>Повышенный</i>	<i>Физика 2.1</i>	Решать задачи на кинематику	5
13	<i>Повышенный</i>	<i>Математика 2.3.2</i>	Решать задачи с использованием фактов, связанных с окружностями	5
14	<i>Повышенный</i>	<i>Информатика 1.3</i>	Решать задачи на кодирование числовой информации. Владеть позиционными и непозиционными системами счисления. Записывать целые и дробные числа в системе счисления с основанием p ($p \in \mathbb{N}, p > 1$)	5
15	<i>Повышенный</i>	<i>Математика 1.3.5</i>	Применять при решении задач свойства арифметической и геометрической прогрессии. Выполнять операцию суммирования бесконечной сходящейся геометрической прогрессии	5
Сумма баллов:				60

Демонстрационный вариант конкурсных заданий *теоретического* этапа Конкурса

Пример состава задания теоретического этапа Конкурса

Часть 1. Задания на проверку функциональной грамотности

Прочитайте текст и выполните задания к нему:

Учёные Института физики микроструктур РАН разработали широкополосное молибден-кремниевое (Mo/Si) зеркало для работы в диапазоне длин волн 17–21 нм, необходимое для спектрогелиографа солнечной обсерватории КОРТЕС (рис. 1).



Рис. 1. Вид спектрогелиографа

Спектрогелиограф позволяет регистрировать спектры излучения солнечных вспышек, микровспышек и выбросов корональной массы. Зеркало является важнейшим элементом спектрогелиографа, поскольку именно оно определяет спектральный диапазон прибора.

Главной проблемой, которую было необходимо решить при создании зеркала, является обеспечение одинакового коэффициента отражения в широком спектральном диапазоне. Применяемые в экстремальном ультрафиолетовом (ЭУФ) диапазоне многослойные зеркала используют дифракцию и состоят из периодически чередующихся слоёв двух материалов с различными показателями преломления. Отражение от такой структуры носит резонансный характер и, следовательно, происходит в относительно узкой спектральной полосе.

Было предложено использовать набор из нескольких периодических зеркал, нанесённых друг на друга, технология производства которых хорошо отработана. Расчёты показали, что для структур Mo/Si, состоящих всего из трёх периодических

зеркал, можно добиться равномерного отражения в требуемом для спектрогелиографа спектральном диапазоне.

Для получения многослойных зеркал используются различные вакуумные технологии: электронно-лучевое испарение, импульсно-лазерное напыление, ионно-пучковое напыление, магнетронное напыление. В данной работе образцы синтезировались методом магнетронного распыления в атмосфере аргона при давлении 10^{-3} Торр. Источником ЭУФ-излучения служила высокоионизированная плазма, генерируемая при воздействии мощного лазерного излучения на твердотельную мишень.

Если измеренные отражательные характеристики зеркала отличаются от расчётных значений, необходимо определить реальные параметры зеркала, чтобы скорректировать технологический процесс. На практике изготовление многослойных зеркал является итеративным процессом (рис. 2), поэтому быстрая и правильная доводка зеркал выходит на первый план. Для структур Mo/Si, состоящих из трёх периодических зеркал, нанесённых друг на друга, удалось добиться равномерного отражения на уровне 16% в спектральном диапазоне 17–21 нм с хорошей воспроизводимостью.

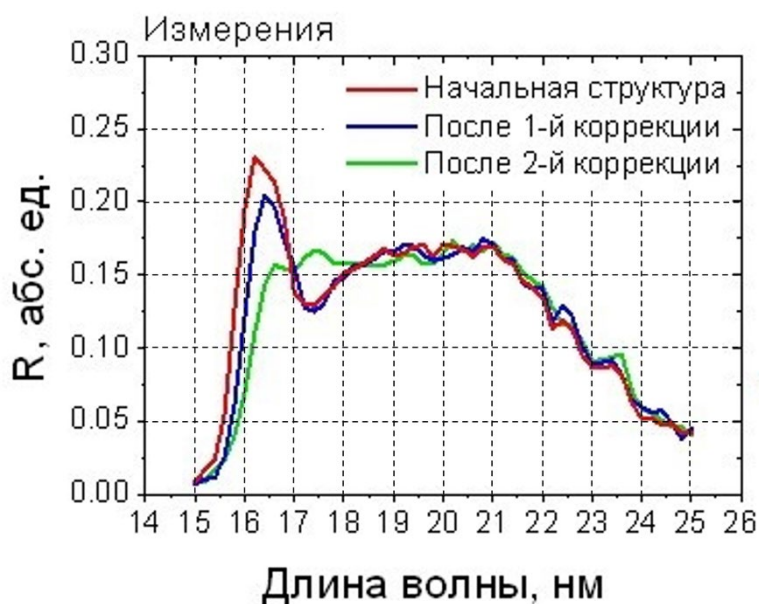


Рис. 2. Зависимость коэффициента отражения от длины волны излучения

Сумма коэффициента отражения и коэффициента поглощения равна единице.

Задание 1. (3 балла)

Какая технология получения многослойных зеркал используется в приборе, о котором подробно было рассказано в текстовом задании?

Выберите один из предложенных вариантов ответа:

- 1) магнетронное распыление
- 2) электронно-лучевое испарение
- 3) импульсно-лазерное напыление

4) ионно-пучковое напыление

Ответ. 1

Задание 2. (3 балла)

Используя частотный диапазон электромагнитных излучений (рис. 3) и текстовое задание, ответьте на вопрос: в каком диапазоне волн работает спектрогелиограф солнечной обсерватории?



Рис. 3. Частотный диапазон электромагнитных излучений

Выберите один из предложенных вариантов ответа:

- 1) инфракрасный
- 2) видимый
- 3) ультрафиолетовый
- 4) радиоволны

Ответ. 3

Задание 3. (3 балла)

Какова скорость распространения света в кремниевой пластине? Показатель преломления кремния для длины волны 1000 нм равен 3,57. Ответ дайте в единицах 10^8 м/с с точностью до тысячных. Скорость света в вакууме равна $c = 2,998 \cdot 10^8$ м/с.

Ответ. 0,840

Задание 4. (4 балла)

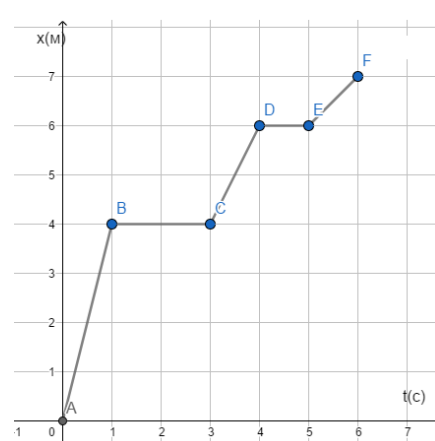
Чему равен коэффициент поглощения ЭУФ-излучения зеркалом для длины волны 23 нм? При необходимости ответ округлите до десятых долей.

Ответ. 0,9

Часть 2. Задания на проверку предметных знаний

Задание 5. (3 балла)

На рисунке изображён график зависимости координаты тела от времени при прямолинейном движении. При каком наименьшем времени t_0 средняя скорость тела на отрезке времени $[0; t_0]$ равна 2,5 м/с? Ответ выразите в секундах, округлив до десятых долей.



Ответ. 1,6

Задание 6. (3 балла)

Некоторое устройство имеет три датчика для приёма сигналов, каждый из которых может находиться в одном из двух состояний: 0 – есть сигнал, 1 – нет сигнала. Логическая схема устройства имеет два выхода. Преобразование входных сигналов в выходные сигналы выполняется с помощью следующих логических функций:

выход1: входной датчик1 **И** входной датчик2 **ИЛИ** входной датчик3

выход2: входной датчик1 **ИЛИ** входной датчик3 **И** входной датчик2

Сколько комбинаций входных сигналов позволят получить на выходе одновременно две единицы (выход1 = 1, выход2 = 1)?

Ответ. 4

Задание 7. (3 балла)

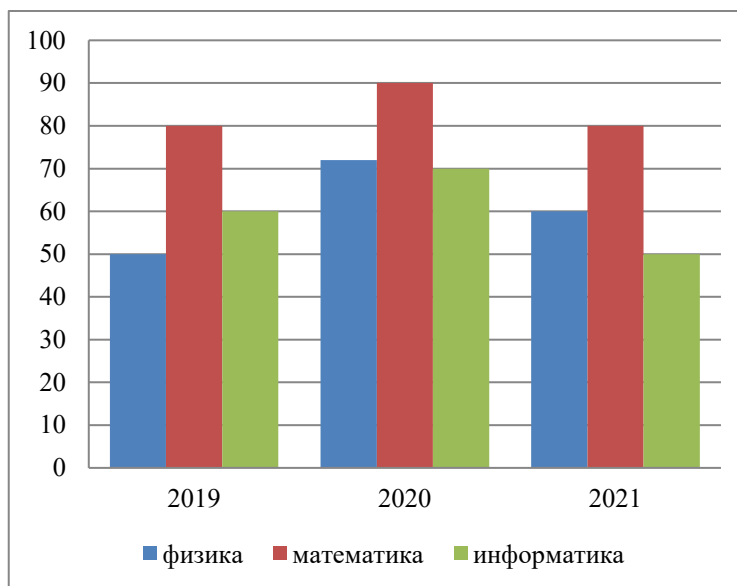
На футболке нарисована эмблема в виде правильного шестиугольника $ABCDEF$. Точки K , T и P – середины сторон AB , CD и EF соответственно. Найдите вероятность, что случайно упавшая на эмблему пылинка не попадёт на треугольник KTP .

Ответ. 0,625

Задание 8. (3 балла)

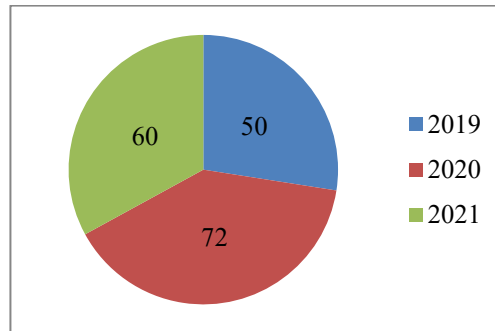
Результаты выбора предметов для экзамена по количеству учащихся по годам представлены в виде диаграммы 1:

Диаграмма 1



Процентное соотношение по годам количества учащихся, выбравших физику, представлено на диаграмме 2:

Диаграмма 2



Определите, сколько процентов учеников выбрали физику в 2020 году, в соответствии с информацией на диаграмме 1, если суммарно за все три года физику сдавали 182 ученика. Ответ округлите до целого числа.

Ответ. 40

Задание 9. (5 баллов)

Айсберг с ровными вертикальными стенками одинаковой высоты плавает в морской воде плотностью 1025 кг/м^3 . Найдите относительную высоту его надводной части в процентах, если плотность льда равна 900 кг/м^3 . Ответ округлите до целого числа.

Ответ. 12

Задание 10. (5 баллов)

Лаборант Иван при очередной поездке в университет задумался об оптимальном маршруте до места назначения. Выяснилось, что функция для пути S зависит от двух параметров (x и y) следующим образом: $S(x; y) = 2((x + 1)(y + 1) - 10)^4 + 9((x + y)(xy + 1) - 25)^{10}$. Помогите Ивану определить, при каких значениях x и y его путь до университета будет оптимальным. Пары значений запишите подряд без пробелов и разделительных знаков.

Ответ. 1441 или 4114

Задание 11. (5 баллов)

В сквере расположен небольшой фонтан с бетонной чашей в форме конуса вершиной вниз. Глубина чаши – 1 м, площадь водного зеркала – $9\pi \text{ м}^2$. При реконструкции решили заменить фонтан на круглый пруд, увеличив глубину в 3 раза, а радиус водного зеркала на 1 м. Во сколько раз больше воды потребуется для заполнения пруда?

Примечание. Пруд имеет постоянную глубину.

Ответ. 16

Задание 12. (5 баллов)

Электробус начинает движение от остановки с ускорением $a = 0,5 \text{ м/с}^2$. Через некоторый промежуток времени после начала движения электробус стал двигаться равномерно со

скоростью $v_0 = 50$ км/ч. Через время $t_2 = 1,5$ мин после начала движения электробус подъехал к светофору. Какой путь в метрах проехал электробус от остановки до светофора? Ответ округлите до целого числа.

Ответ. 1057

Задание 13. (5 баллов)

Во время поездки машина наехала на гвоздь, и из места прокола в колесе стал медленно выходить воздух. Чтобы замедлить падение давления в шине, в ожидании эвакуатора водитель Вольдемар прокрутил колесо так, чтобы прокол в нём точно совпал с дорожным полотном. А чтобы скоротать время, Вольдемар измерил высоту над дорогой, на которой оказались две диаметрально противоположные точки обода A и B . Выяснилось, что кратчайшее расстояние от точки A до дороги равно 11 см, а от точки B – 41 см. Найдите расстояние от точки A до места прокола. Ответ в сантиметрах округлите до ближайшего целого числа.

Примечание. Колесо считать идеально круглым, размером прокола пренебречь.

Ответ. 24

Задание 14. (5 баллов)

Ваня попросил у друга ответы к задачам из домашнего задания по системам счисления. Друг прислал архив с ответами, но сказал, что для распаковки архива необходимо ввести пароль – число в десятичной системе счисления, удовлетворяющее следующим требованиям: в пятеричной системе счисления число содержит 4 цифры, в семеричной системе счисления число содержит 3 цифры, а запись этого числа в системе счисления с основанием 11 начинается с 1 (т. е. в старшем разряде содержит 1). Среди всех подходящих чисел необходимо выбрать наибольшее.

Помогите Ване вычислить пароль к архиву.

Ответ. 241

Задание 15. (5 баллов)

Настя решила заняться бегом. Согласно плану, она проводит ровно три тренировки в неделю и на каждой тренировке в течение одной недели пробегает одно и то же расстояние. На первой неделе она пробегает по 2 километра на каждой тренировке, а затем увеличивает длину дистанции, пробегаемой на тренировке, на 400 метров каждую неделю, начиная со второй. Прозанимавшись так ровно 11 недель, Настя решила увеличить число тренировок до четырёх в неделю и каждую неделю стала увеличивать длину дистанции, пробегаемой на тренировке, на 600 метров. В конце очередной недели она подсчитала, что в итоге с начала занятий пробежала 288 километров. Сколько всего тренировок провела Настя?

Ответ. 53