

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

1. Назначение конкурсных материалов

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

2. Условия проведения

Практический этап Конкурса проводится в очной или дистанционной форме на базе вуза. При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения Конкурса.

3. Продолжительность выполнения

На выполнение заданий *практического* этапа Конкурса отводится 90 минут.

4. Содержание и структура

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

Индивидуальный вариант участника включает 1 комплексную исследовательскую задачу, содержащую 1 или 2 вопроса, базирующихся на содержании предмета(ов) физика, математика, элективного курса «Инженерный практикум».

5. Система оценивания

Максимальный балл за выполнение задания – 60 баллов. Для получения максимального балла за *практический* этап Конкурса необходимо дать верные ответы на все задания.

6. Приложения

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

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

№ этапа	Уровень сложности	Темы элективного(ых) курса(ов)	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
1	<i>повышенный</i>	Механика, молекулярная физика	Выделение физических процессов, причинно-следственных связей	14
2.	<i>базовый</i>	Механика, молекулярная физика	Формализация физических процессов	10
3.	<i>повышенный</i>	Механика, молекулярная физика	Подготовка системы уравнений, алгоритма, математической модели	13

4.	<i>повышенный</i>	Механика, молекулярная физика	Проведение расчетов, получение и представление результата	13
5.	<i>базовый</i>	Механика, молекулярная физика	Защита	10
Сумма баллов:				60

Демонстрационный вариант конкурсных заданий *практического* этапа Конкурса

В процессе проектирования и отработки системы посадки спускаемого космического аппарата и её элементов, в частности, парашютной системы проводятся, так называемые, бросковые испытания. Суть испытаний заключается в том, что массогабаритный макет испытываемого аппарата или его масштабная копия, оснащённые системой посадки, поднимается в воздух на самолёте или стратостате и сбрасывается с нужной высоты. Высота выбирается из соображений обеспечения заданной скорости введения системы посадки в работу, в частности, заданной скорости введения парашюта в поток воздуха. На современных космических аппаратах парашютная система может вводиться на транзвуке, т.е. на границе местной скорости звука.

При планировании любого эксперимента кроме технических требований необходимо также учитывать и экономические соображения. В рассматриваемом случае с целью экономии ресурсов, например, горючего для самолёта необходимо предварительно вычислить минимальную высоту подъёма объекта испытаний.

Определить с какой минимальной высоты надо сбросить исследуемый объект массой 8 кг, чтобы при свободном падении установившаяся скорость его движения достигла местной скорости звука. Площадь поперечного сечения объекта – 0,04 м², коэффициент аэродинамического (лобового) сопротивления 0,4.

Примечание: задачу можно решать графически.

Дополнительная информация:

Для высот от 10000 до 80000 м зависимости температуры T (К) и давления p (Па) воздуха от высоты H (м) можно записать в виде:

$$T = 0,0012 \cdot H + 200,$$

$$p = p_0 \cdot \exp(-M \cdot g \cdot H / (R \cdot T)),$$

где p_0 – давление на уровне моря, $M = 29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль – молярная масса воздуха $R = 8,31$ Дж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная.

Сила сопротивления воздуха

$$X = C_x \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot S.$$

где C_x – коэффициент лобового сопротивления, $\rho = 1,29$ кг/м³ – плотность воздуха, v – скорость объекта, S – площадь поперечного сечения (миделя).

Местная скорость звука

$$a = \sqrt{\frac{k \cdot R \cdot T}{M}}.$$

где $k = 1,4$ – показатель адиабаты.

Решение

На падающее тело действуют две силы: тяжести и аэродинамического сопротивления.

При установившемся движении тела с постоянной скоростью v уравнение второго закона Ньютона принимает вид

$$-m \cdot g + C_x \cdot S \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} = 0$$

и выразим из него скорость тела:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{C_x \cdot S \cdot \rho}}$$

Скорость звука найдем из соотношения, указанного в условии задачи как:

$$a = \sqrt{\frac{k \cdot R \cdot T}{M}}$$

Плотность воздуха найдем из уравнения состояния идеального газа (считаем воздух идеальным газом):

:

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$$\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$$

Также из дополнительной информации известны зависимости

$$T = 0,0012 \cdot H + 200,$$

$$p = p_0 \cdot \exp\left(-M \cdot g \cdot \frac{H}{R \cdot T}\right).$$

Подставим зависимости для p , ρ , T в соотношения для a и v получим:

$$a = \sqrt{\frac{k \cdot R}{M} \cdot (0,0012 \cdot H + 200)}$$

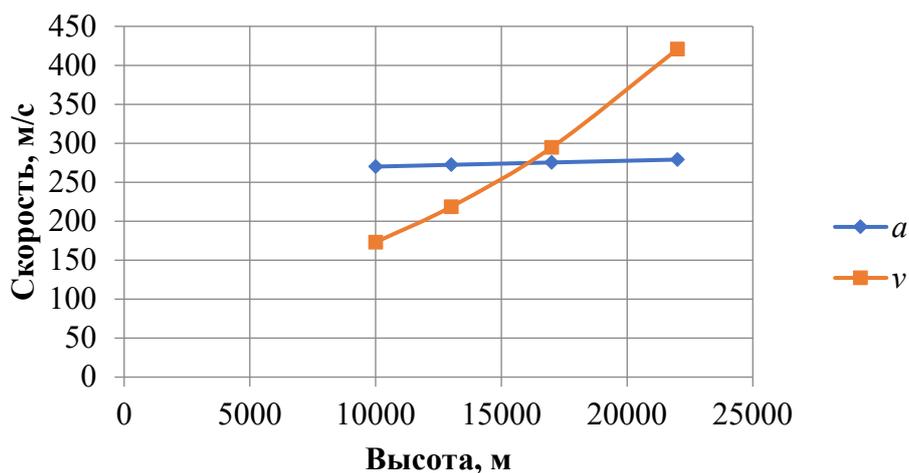
$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{C_x \cdot S \cdot \frac{M \cdot \exp\left(-\frac{M \cdot g \cdot H}{R \cdot T}\right)}{R \cdot (0,0012 \cdot H + 200)}}}$$
$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g \cdot R \cdot (0,0012 \cdot H + 200)}{C_x \cdot S \cdot M \cdot \exp\left(-\frac{M \cdot g \cdot H}{R \cdot T}\right)}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g \cdot R \cdot (0,0012 \cdot H + 200)}{C_x \cdot S \cdot M \cdot \exp\left(-\frac{M \cdot g \cdot H}{R \cdot (0,0012 \cdot H + 200)}\right)}}$$

Аналитически найти значение высоты, при которой скорость объекта достигнет местной скорости звука достаточно сложно – выполним графически.

Графики имеют небольшую кривизну, поэтому с достаточно точностью могут быть построены по нескольким (2-3) точкам.

Графическое решение



Из графика видно, что искомая высота будет около 16-17 км.

Критерии оценивания задач исследовательского направления

Подпункт	Исследовательская
1. Выделение физических процессов, последовательности и причинно-следственных связей	
Основные баллы	10
Графическое описание	+2
Структурирование	+2
Максимальное число баллов за этап	14
2. Формализация физических процессов	
Основные баллы (записаны все необходимые формулы, приведенные в решении)	10
Максимальное число баллов за этап	10
3. Подготовка системы уравнений, алгоритма, математической модели	
Основные баллы (выполнены все описанные в решении подстановки в исходные уравнения)	10

Преобразование системы уравнений	+3
Максимальное число баллов за этап	13
4. Проведение расчетов, получение и представление результата	
Расчеты и результат	5
Представление результата	+2
Максимальное число баллов за этап	7
5. Дополнительные баллы в соответствии со спецификой задачи	
Максимальное число баллов за этап (в процессе решения высказаны дополнительные идеи о том, какие допущения можно сделать и почему, в частности, считать воздух идеальным газом)	6
Общее количество баллов	
Максимальная сумма баллов за задачу	50

Защита подразумевает развернутое пояснение логики и хода решения задачи. Максимальная оценка составляет 10 баллов в зависимости от полноты и качества пояснений, а также ответов на вопросы комиссии.

Таким образом, максимальная сумма за комплекс «Решение + защита» составляет 60 баллов.