

**Методические рекомендации для учителей по подготовке обучающихся
к прохождению практического этапа Московского конкурса
межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис.
Потенциал»
в номинации «Инженерный класс»
по направлению «Исследовательское»**

Москва

2022 г.

Введение

Данные методические рекомендации предназначены для учителей при подготовке школьников инженерных классов к участию в практическом этапе Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» (далее – Конкурс) по исследовательскому направлению.

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 предметов физика, математика и элективного курса «Инженерный практикум». Материалы практического этапа предназначены для оценки уровня практической подготовки участников Конкурса. Максимальный балл за выполнение задания – 60 баллов. Для получения максимального балла за практический этап Конкурса необходимо дать верные ответы на все задания.

Обобщённый план конкурсных материалов для проведения практического этапа Конкурса по исследовательскому направлению

№ этапа	Уровень сложности	Темы элективного курса	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

Отличительной особенностью задач исследовательского направления является, как правило, опора на базовые, фундаментальные физические принципы, а также необходимость выводить и облекать в математически строгую форму зависимости, не прописанные в явном виде в школьном курсе, но вытекающие с помощью логических рассуждений и математических операций из условия задачи или анализа физической картины.

Решение задач осуществляется на бумажном носителе и происходит в пять этапов. Завершающим этапом является защита решения, презентация (представление) полученных результатов. Этот этап длится 5 минут и за него возможно получить максимально 10 баллов.

Методические рекомендации по решению заданий демоварианта практического этапа Конкурса по исследовательскому направлению

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 трансзвуке, 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:

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

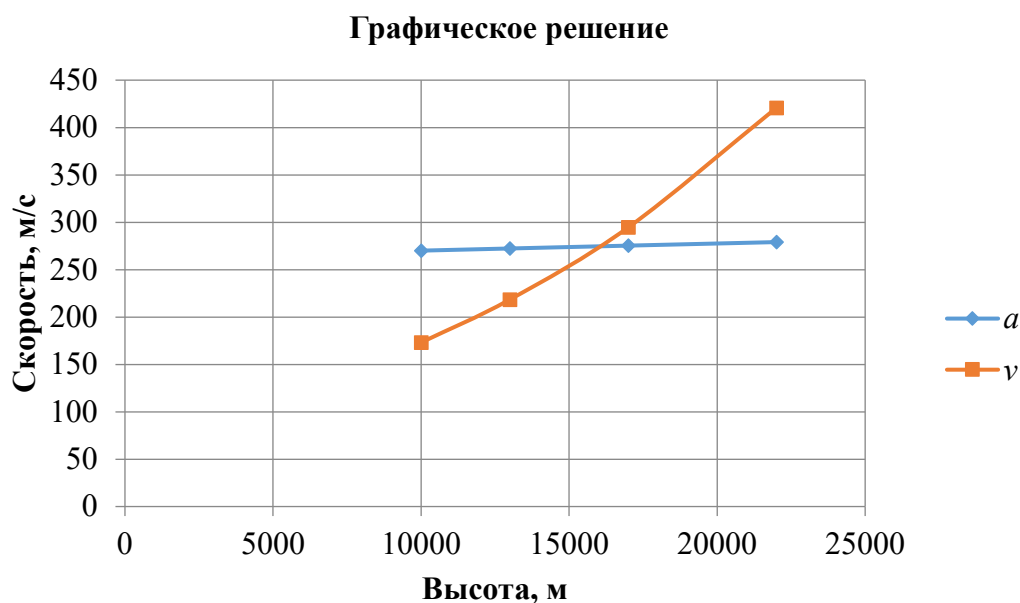
$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{C_x \cdot S \cdot \frac{M \cdot \exp(-\frac{M \cdot g \cdot H}{R \cdot T})}{R \cdot (0,0012 \cdot H + 200)}}$$

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

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

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.



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

Ответ: Высота равна примерно 16-17 км.

Критерии оценивания задач исследовательского направления

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

Методические рекомендации по решению задач практического этапа Конкурса по исследовательскому направлению

Важно увидеть в условии задачи физические процессы и явления, которые лежат в основе функционирования конструкции или в основе описываемых технологических процессов. Следующим важным шагом решения задачи является аналитическое описание «физической картины» задачи, т.е. отражение всех явлений и процессов с помощью формул. Здесь важно уметь использовать известные школьникам законы физики в несколько измененных, иногда непривычных, условиях. Важное значение имеет математическая

подготовка обучающихся, ведь далее необходимо построить математическую модель, соответствующую конкретным условиям функционирования системы, получить систему уравнений, возможно, применить некоторые упрощения. На заключительном этапе проводятся математические преобразования, решение полученной системы, численные расчеты и оценка реальности полученного результата. Решение необходимо сопровождать пояснениями, описанием и обоснованием принятых допущений. В рассуждениях следует придерживаться логической последовательности.

Основываясь на вышесказанном, при решении комплексных заданий практического этапа можно выделить следующие шаги:

1. Выделить (назвать) основные физические процессы и явления, лежащие в основе работы и/или оказывающие влияние на работу описанных в поставленной задаче технических объектов, а также установить их последовательность и причинно-следственные связи.
2. Привести, при необходимости, графическое (схематическое) описание поставленной задачи.
3. Формализовать задачу, т.е. сформулировать вводимые при решении задачи допущения, привести необходимые для её решения базовые физические соотношения (формулы).
4. Составить систему уравнений (математическую модель), решить её, получить аналитические соотношения для искомых величин.
5. Произвести числовые расчеты, проверив соответствие единиц измерения физических величин.
6. Представить полученные результаты в соответствии с вопросами задачи.

Возможные ошибки при решении задач практического этапа

При решении задач практического этапа Конкурса обучающиеся могут допускать следующие характерные ошибки:

- невнимательно прочтено или неправильно понято условие задачи, не учтены указанные в условии ограничения и дополнительные условия, найдены не те величины (даны ответы на вопросы, отличные от тех, что были сформулированы в задаче);
- неправильно понята физика процесса, как следствие в модели не учтены или неправильно учтены факторы, оказывающие определяющие влияние на ход решения и, соответственно, на искомые значения;
- допущены ошибки в выделении физических процессов или в записи физических законов;
- отсутствует (там, где это необходимо) графическая иллюстрация задачи, в результате чего складывается неправильное представление о последовательности этапов прохождения процесса или о структуре и работе системы (изделия, установки, станка и т.д.);
- не проведён анализ полученных результатов в следствие чего получены значения, абсурдные с технической или физической точки зрения;
- не приведены в соответствие друг другу единицы физических и технических величин (в задачах часто приводятся единицы, непривычные для школьников, например, погонный метр за 1 секунду)
- учтено избыточное количество данных, в результате чего, записаны лишние (либо линейно зависимые, либо не оказывающие влияния на решение) соотношения

Для успешного решения подобных задач необходимо рассматривать технические процессы и ситуации, описанные в задаче, целиком, анализируя все составляющие и оценивая реалистичность полученных результатов, используя знания школьного курса физики, математики, соответствующих элективных курсов и технический кругозор.

Список литературы

1. Грачев А. В., Погожев В. А., Салецкий А. М., Боков П. Ю. Физика, 10 кл. - М.: "Вентана-Граф", 2018 г.

2. Грачев А. В., Погожев В. А., Салецкий А. М., Боков П. Ю. Физика, 11 кл. - М.: "Вентана-Граф", 2018 г.
3. Г.Я. Мякишев и др. Физика. Механика. 10 кл. - М.: Дрофа, 2013. – 512 с.
4. Г.Я. Мякишев, А.З. Сияков. Физика. Молекулярная физика. Термодинамика. 10 кл. - М.: Дрофа, 2013. – 352 с.
5. Г.Я. Мякишев, А.З. Сияков. Физика. Электродинамика. 10 – 11 кл. - М.: Дрофа, 2013. – 480 с.
6. Г.Я. Мякишев, А.З. Сияков. Физика. Колебания и волны. 11 кл. - М.: Дрофа, 2014. – 288 с.
7. Г.Я. Мякишев, А.З. Сияков. Физика. Оптика. Квантовая физика. 11 кл. - М.: Дрофа, 2014. – 480 с.
8. Физика. Учебное пособие для 10 класса школ и классов с углубленным изучением физики/ Ю.И. Дик, О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов и др.; Под ред. А.А. Пинского. М.: «Дрофа», 2007.
9. Бутиков Е. И., Кондратьев А. С. Физика. Т.т. 1 – 3. – М. – С-П.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.
10. Белолипецкий С.Н., Еркович О.С., Казаковцева В.А., Цвечинская Т.С. Задачник по физике. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.
11. Низамов И.М. Задачи по физике с техническим содержанием. – М.: Просвещение, 2001. – 112 с.
12. <https://im.mcko.ru/mo.php>
13. https://physics.naboj.org/archive/problems/pdf/physics/2020_ru_sol.pdf