

**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ» по ФИЗИКЕ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ (ФИНАЛЬНЫЙ) ЭТАП 2013 года**  
**БИЛЕТ № 04 (МОСКВА)**

**1. Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Дальность и высота полета.**

Два маленьких камушка одновременно бросают с одинаковыми по величине скоростями  $V$ , причем первый камушек — горизонтально, а второй — вверх под углом  $\alpha$  к горизонту так, что горизонтальная составляющая его скорости направлена противоположно скорости первого камушка. Через некоторое время  $\tau$ , меньшее времени полета, скорости камушков оказались взаимно перпендикулярными. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти  $\tau$ . Ускорение свободного падения равно  $g$ .

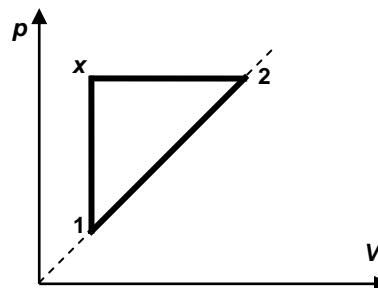
**Полный ответ на теоретический вопрос должен содержать:** полное кинематическое описание движения тела, брошенного под углом к горизонту с обязательным указанием приближений, использованных при построении этого описания, формулы для максимальной высоты и дальности полета тела. Максимальная оценка за теоретический вопрос – 5 баллов.

**Ответ задачи:**  $\tau = \frac{V}{2g} [\sin \alpha + \sqrt{\sin^2 \alpha + 4 \cos \alpha}]$ . Максимальная оценка – 20 баллов.

**Комментарий:** оценивалась правильная запись законов изменения компонент скоростей тел, условия перпендикулярности скоростей и вывод из них правильного ответа.

**2. Тепловые машины. КПД тепловой машины.**

С одним моле одноатомного идеального газа осуществляется цикл, состоящий из изохоры (1–х), изобары (х–2) и процесса с линейной зависимостью давления от объема (2–1). Определите КПД цикла. Температуры в точках 1, 2 соответственно равны  $T_1$  и  $T_2$ .



**Полный ответ на теоретический вопрос должен содержать:** общее определение тепловой машины, описание ее принципиального устройства и превращений энергии в ходе ее работы, определение КПД тепловой машины, теоретический анализ значения этой характеристики тепловых машин и ее возможных величин. Максимальная оценка за теоретический вопрос – 5 баллов.

**Ответ задачи:**  $\eta = \frac{\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}}{5\sqrt{T_2} + 3\sqrt{T_1}} = \frac{n-1}{5n+3}$ , где  $n \equiv \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$  (и эквивалентные формы ответа,

например:  $\eta = \frac{(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1})^2}{5T_2 - 3T_1 - 2\sqrt{T_2 T_1}}$ ). Максимальная оценка – 20 баллов.

**Комментарий:** оценивались нахождение необходимых соотношений между параметрами точек 1, 2, х и заданными температурами, нахождение двух основных термодинамических

величин из трех (работа, теплота нагревателя, теплота холодильника), получение правильного ответа.

### 3. Сопротивление. Удельное сопротивление проводника.

На какое расстояние  $l$  можно передать электрическую энергию по медным проводам так, что бы потеря энергии в проводах не превышала 3 %? Передаваемая мощность  $P = 2$  МВт при напряжении  $U = 1000$  кВ. Площадь поперечного сечения проводов  $S = 4,5$  мм<sup>2</sup>, удельное сопротивление меди  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

**Полный ответ на теоретический вопрос должен содержать:** определение сопротивления как характеристики активного элемента электрической цепи, объяснение физической природы этой величины и обоснование ее зависимости от материала и размеров проводника, определение удельного сопротивления как характеристики вещества. Максимальная оценка за теоретический вопрос – 5 баллов.

**Ответ задачи:**  $l = \frac{0,03U^2 S}{2\rho P} \approx 2 \cdot 10^3$  км. Максимальная оценка – 20 баллов.

**Комментарий:** оценивалась правильное описание принципиальной схемы передачи электрической энергии (за неверное описание снималось до 5 баллов), запись связи мощности потерь с током в цепи передачи и сопротивлением проводов, выражение мощности потерь через потребляемую мощность и характеристики проводов, получение правильного ответа. Следует отметить, что отсутствие правильного описания схемы передачи (должны быть последовательно соединены источник, провод длины  $l$ , нагрузка, еще один провод длины  $l$ ) часто приводило к ошибкам в решении: например, в ряде работ для мощности потерь использовалось выражение  $P' = \frac{U^2}{R_{np}}$ , а из рассмотрения схемы сразу становится ясно, что оно неверно, так как большая часть напряжения линии  $U$  должна падать не на проводах, а именно на нагрузке!

### 4. Тонкие линзы. Фокусное расстояние и оптическая сила линзы.

Предмет и его прямое изображение расположено симметрично относительно фокуса собирающей линзы. Расстояние от предмета до фокуса линзы  $l = 4$  см. Найдите фокусное расстояние линзы.

**Полный ответ на теоретический вопрос должен содержать:** описание и классификацию линз, определение основных геометрических объектов, связанных с линзами, описание приближения тонкой линзы и указание на его связь с параксиальным приближением, определение фокусного расстояния и оптической силы линзы, формулу для оптической силы тонкой линзы. Максимальная оценка за теоретический вопрос – 5 баллов.

**Ответ задачи:**  $F = (\sqrt{2} + 1)l \approx 9,6$  см. Максимальная оценка – 20 баллов.

**Комментарий:** оценивались правильность определения типа изображения и фокуса, получение (из геометрических соотношений или из формулы линзы) уравнения для определения фокусного расстояния, нахождение правильного ответа.