

# Избранные задачи Московской физической олимпиады 1999 года

## Первый теоретический тур

### 8 класс

1. Система из двух сообщающихся вертикальных цилиндров, заполненных жидкостью плотностью  $\rho$ , закрыта поршнями, массы которых  $M_1$  и  $M_2$ . В положении равновесия поршни находятся на одной высоте. Если на поршень массой  $M_1$  положить груз массой  $m$ , то поршень массой  $M_2$  поднимется после установления равновесия на высоту  $h$  относительно начального положения. На какую высоту поднимется относительно начального положения равновесия поршень массой  $M_1$ , если груз массой  $m$  переложить на поршень массой  $M_2$ ?

*О.Шведов*

2. В фарфоровую чашку массой  $m_{\text{ф}} = 100$  г, находящуюся при комнатной температуре  $T_{\text{к}} = +20$  °С, наливают  $m_1 = 150$  г горячего кофе при температуре  $T_1 = +90$ °. Затем достают из холодильника брикет мороженого, имеющий температуру  $T_2 = -12$  °С, и серебряной ложкой, масса которой  $m_{\text{л}} = 15$  г, кладут понемногу мороженое в кофе, каждый раз размешивая его. Так поступают до тех пор, пока не установится температура  $T_3 = +45$  °С, когда кофе приятно пить. Оцените, сколько грамм мороженого надо положить для этого в кофе. Потерями тепла пренебречь. Считать известными удельные теплоемкости воды  $c_{\text{в}} = 4,2$  Дж/(г·°С), льда  $c_{\text{л}} = 2,1$  Дж/(г·°С), серебра

$c_{\text{с}} = 0,23$  Дж/(г·°С), фарфора  $c_{\text{ф}} = 0,8$  Дж/(г·°С) и удельную теплоту плавления льда  $\lambda = 340$  Дж/г.

*М.Семенов*

### 9 класс

1. У квадратного стола со стороной  $L = 1$  м и высотой  $H = 1$  м одна ножка на  $a = 3$  см короче остальных, и стол может качаться. Если поставить стол ровно, то он стоит, но достаточно легкого толчка, чтобы он накренился на короткую ножку. Для того чтобы после этого стол вернулся в первоначальное положение, нужно положить на угол, противоположный короткой ножке, грузик массой  $m = 300$  г. Найдите массу крышки стола, пренебрегая массой ножек. Считать ножки тонкими и расположенными по углам крышки стола.

*А.Андрюшинов*

2. Сплошной шарик из алюминия диаметром  $d = 1$  см бросили в 50-процентный раствор азотной кислоты. В данных условиях с одного квадратного сантиметра поверхности растворяется  $10^{-4}$  г алюминия в час. Через какое время шарик полностью растворится в кислоте? Плотность алюминия  $\rho = 2,7$  г/см<sup>3</sup>.

*С.Варламов*

### 10 класс

1. Согласно сериалу «Звездные войны», космические истребители земного флота имеют форму креста, где

на концах консолей расположены 4 одинаковых ракетных двигателя (вид истребителя спереди изображен на рисунке 1). Одним из пилотажных

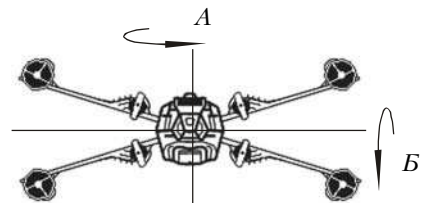


Рис. 1

маневров такого истребителя является быстрый разворот на 180°, когда два соседних двигателя работают на «полный вперед», а два остальных – на «полный назад» с такой же тягой. Вокруг какой оси – А или Б – нужно совершать такой разворот, чтобы он занял меньше времени? Считать, что практически вся масса истребителя сосредоточена в его двигателях и что сила тяги не зависит от скорости. Маневр совершается в открытом космосе.

*А.Андрюшинов*

2. В системе, изображенной на рисунке 2, нить невесома и нерастяжима, блоки невесома, трение отсутствует. Массы грузов равны  $m_1$  и  $m_2$ . Найдите уско-

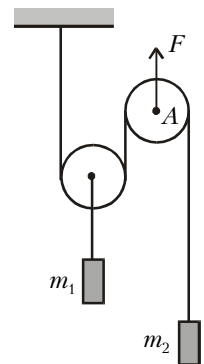


Рис. 2

рение оси блока  $A$ , к которой приложена в вертикальном направлении сила  $F$ .

*М.Семенов*

3. Частица, обладающая массой  $m$  и зарядом  $q$ , пролетела мимо длинной хорошо проводящей металлической пластины шириной  $L$  на расстоянии  $d$  от нее перпендикулярно длинной сто-

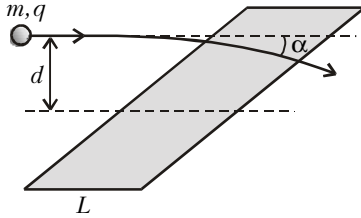


Рис. 3

роне пластины (рис.3). Расстояние  $d$  много меньше  $L$ . Направление движения частицы после пролета изменилось на небольшой угол  $\alpha \ll d/L \ll 1$ . Какую скорость имела частица вначале?

*С.Варламов*

**11 класс**

1. Нагрузка подключена к источнику с выходным напряжением  $U = 2$  кВ с помощью длинной двухполосковой линии. Полоски линии имеют ширину  $a = 4$  см и расположены на расстоянии  $b = 4$  мм параллельно одна над другой. При некотором сопротивлении нагрузки, много большем сопротивления проводников линии, сила взаимодействия полосок равна нулю. Какой по величине и направлению будет эта сила в расчете на единицу длины линии, если сопротивление нагрузки увеличить в  $n = 5$  раз?

*В.Погожев*

2. На каком расстоянии от въезда на станцию метро находится поезд, когда пассажир, стоящий на краю платформы около конца тоннеля, начинает видеть блик от света фар на рельсах? Перед въездом на станцию расположен достаточно длинный поворот с радиусом закругления  $R$ . Считать, что тоннель горизонтален, а его сечение – прямоугольник шириной  $l \ll R$ , расстояние между рельсами  $h \ll R$ , фары поезда расположены точно над рельсами, профиль рельса изображен на рисунке 4.

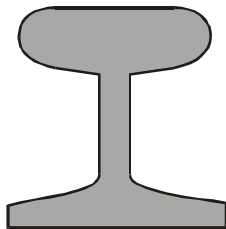


Рис. 4

Рассчитать, что тоннель горизонтален, а его сечение – прямоугольник шириной  $l \ll R$ , расстояние между рельсами  $h \ll R$ , фары поезда расположены точно над рельсами, профиль рельса изображен на рисунке 4.

*Р.Комтанец*

**Второй теоретический тур**

**8 класс**

1. Автомобиль движется с постоянной скоростью. В начале движения секундная стрелка часов с обломанной минутной стрелкой показывает 0 секунд, через 3 км – 30 секунд, еще через 4 км – 50 секунд. Найдите скорость автомобиля, если известно, что она больше 40 км/ч.

*О.Шведов*

2. В металлический стакан налили  $m = 40$  г жидкости и начали нагревать его на спиртовке, непрерывно измеряя температуру стакана. В результате был получен график зависимости температуры стакана от времени, приведенный на рисунке 5. Пользуясь графи-

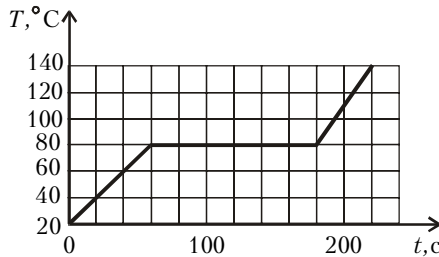


Рис. 5

ком, найдите удельную теплоемкость  $c_{ж}$  и удельную теплоту парообразования  $L_{ж}$  жидкости, налитой в стакан, если в спиртовке ежесекундно сгорает  $\mu = 11$  мг спирта. Удельная теплота сгорания спирта  $q = 27$  кДж/г. Потери тепла пренебречь.

*А.Якута*

**9 класс**

1. Сферическая дробинка диаметром  $d_1$  и плотностью  $\rho_d$  падает в жидкости плотностью  $\rho_{ж} = \rho_d/8$  со скоростью  $v_1$ . Дробинка диаметром  $d_2 = 2d_1$  падает в той же жидкости со скоростью  $v_2 = 4v_1$ . С какой скоростью будет всплывать в этой жидкости сферический пузырек воздуха диаметром  $d_3 = 1,5d_1$ ? Считать силу вязкого трения, действующую на шарик в жидкости, пропорциональной скорости шарика.

*М.Семенов*

2. В «черном ящике» с тремя контактами находится схема, составленная из батарейки с известной ЭДС  $E$ , двух неизвестных сопротивлений и соединительных проводов. Амперметр, подключенный к контактам 1 и 2, показывает ток  $I$ , к контактам 1 и 3 – ток  $2I$ , а к контактам 2 и 3 – отсутствие тока. Чему могут быть равны величины сопротивлений? Сопротив-

лением батарейки, амперметра и соединительных проводов пренебречь.

*О.Шведов*

**10 класс**

1. Края симметричной относительно центра невесомой сетки из упругих нитей закреплены на неподвижном горизонтальном обруче (рис.6). В гори-

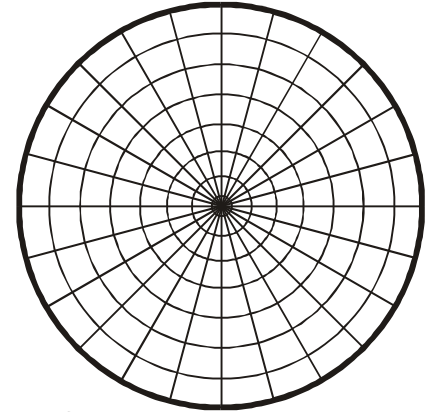


Рис. 6

зонтальном положении сетка не натянута. С какой высоты  $H$  гимнаст должен упасть без начальной скорости в центр сетки, чтобы ее максимальный прогиб оказался равным  $L$ , если под неподвижно лежащим в центре сетки гимнастом этот прогиб равен  $l$ ? Размеры гимнаста, величины  $L$  и  $l$  много меньше радиуса обруча. Известно, что при  $\epsilon \ll 1$  справедлива формула  $(1 + \epsilon)^\alpha \approx 1 + \alpha\epsilon$ .

*Р.Комтанец*

2. Два металлических шарика радиусом  $r$  помещены на большом расстоянии друг от друга в однородную среду с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и удельным сопротивлением  $\rho$ . Тонкими изолированными проводниками, общее сопротивление которых  $R$ , шарика подсоединены к идеальной батарее с ЭДС  $E$ . Определите установившийся заряд на одном из шариков. Сопротивлением шариков пренебречь.

*Р.Комтанец*

**11 класс**

1. Тонкий невесомый диэлектрический стержень длиной  $L$  может свободно вращаться в горизонтальном положении вокруг вертикальной оси, проходящей через его середину. На концах стержня закреплены два маленьких шарика, имеющих каждый массу  $m$  и заряд  $q$ . Вся эта система помещена между цилиндрическими полюсами электромагнита, создающего однородное вертикальное магнитное поле с индукцией  $B_0$ . Диаметр полюсов равен  $d$  ( $d < L$ ), а их ось совпадает с осью

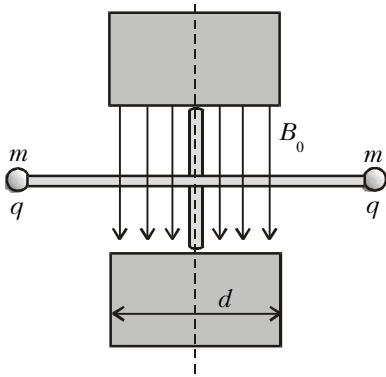


Рис. 7

вращения стержня (рис.7). Магнитное поле равномерно уменьшает до нулевого значения. Найдите угловую скорость, которую приобретет стержень.

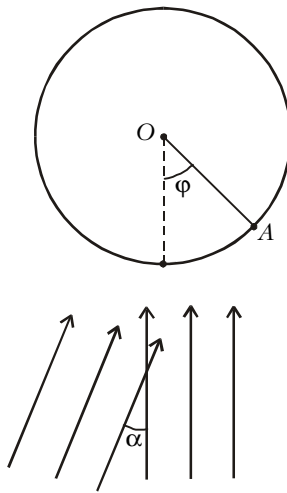


Рис. 8

жень после выключения магнитного поля. Считать, что поле было только между полюсами магнита.

*А.Якута*

2. Две плоские когерентные волны с одинаковой интенсивностью и длиной волны  $\lambda$  падают на цилиндрический экран. Угол между направлениями распространения волн равен  $\alpha$  (рис.8). Найдите расстояние между соседними интерференционными полосами вблизи точки A, считая, что оно много меньше радиуса цилиндра. Угол между направлением AO и направлением одной из плоских волн равен  $\varphi$ .

*О.Шевцов*

*Публикацию подготовили  
М.Виноградов, М.Семенов, А.Якута*