

# Избранные задачи Московской физической олимпиады

## Первый теоретический тур

8 класс

1. В кубический сосуд емкостью  $V = 3$  л залили  $m = 1$  кг воды и положили  $m = 1$  кг льда. Начальная температура смеси  $t_1 = 0$  °С. Под сосудом сожгли  $m_1 = 50$  г бензина, причем доля  $\alpha = 80\%$  выделившегося при этом тепла пошла на нагревание содержимого сосуда. Считая сосуд тонкостенным и пренебрегая теплоемкостью сосуда и тепловым расширением, найдите уровень воды в сосуде после нагрева. Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 3,4 \cdot 10^5$  Дж/кг, удельная теплота испарения воды  $r = 2,3 \cdot 10^6$  Дж/кг, удельная теплоемкость воды  $c = 4,2 \cdot 10^3$  Дж/(кг · °С), плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплота сгорания бензина  $q = 4,6 \cdot 10^7$  Дж/кг. Считать, что дно сосуда горизонтально.

Ю. Старокуров

2. Груз неизвестной массы взвешивают, уравновесив его гирькой известной массы  $M$  на концах тяжелого прямого коромысла. При этом равновесие достигается, когда точка опоры коромысла смещается от середины на  $x = 1/4$  его длины в сторону гирьки. В отсутствие же груза на втором плече коромысло остается в равновесии при смещении его точки опоры от середи-

ны в сторону гирьки на  $y = 1/3$  его длины. Считая коромысло однородным по длине, найдите массу взвешиваемого груза  $m$ .

В. Птушенко

3. Два одинаковых сообщающихся сосуда наполнены жидкостью плотностью  $\rho_0$  и установлены на горизонтальном столе. В один из сосудов кладут маленький груз массой  $m$  и плотностью  $\rho$ . На сколько будут после этого отличаться силы давления сосудов на стол? Массой гибкой соединительной трубки с жидкостью можно пренебречь.

О. Шведов

9 класс

1. Две материальные точки 1 и 2 и точечный источник света  $S$  совершают равномерное прямолинейное движение по горизонтальной плоскости. Тени

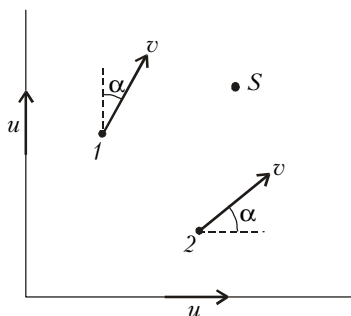


Рис. 1

от материальных точек движутся со скоростями, равными  $u$ , вдоль вертикальных стенок, которые перпендикулярны друг другу (рис.1). Скорости материальных точек равны  $v = 2u/\sqrt{3}$  и направлены под углом  $\alpha = 30^\circ$  к соответствующим стенкам. Чему равна и куда направлена скорость источника  $S$ ?

О. Шведов

2. Автомобиль проехал по пятикилометровому участку дороги. Специаль-

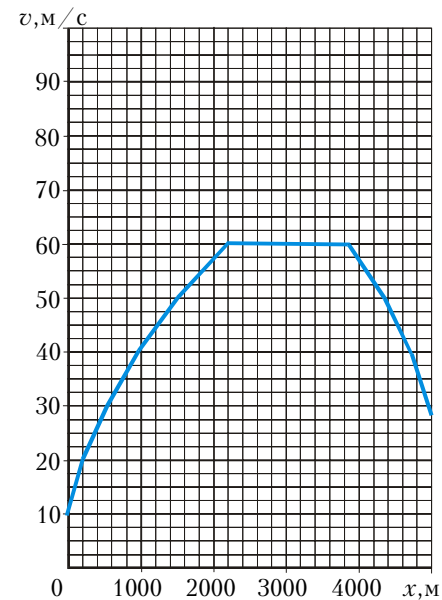


Рис. 2

ный прибор при этом записывал показания спидометра через каждые 10 метров. В результате получилась зависимость скорости автомобиля  $v$  от пройденного пути  $x$ , показанная на рисунке 2. Оцените, за какое время  $t$  автомобиль проехал эти пять километров.

*А. Андрианов*

**3.** Эскалатор метро движется со скоростью  $v$ . Пассажир заходит на эскалатор и начинает идти по его ступенькам следующим образом: делает шаг на одну ступеньку вперед и два шага по ступенькам назад. При этом он добирается до другого конца эскалатора за время  $t$ . Через какое время  $t_1$  пассажир добрался бы до конца эскалатора, если бы шел другим способом: делал два шага вперед и один шаг назад? Скорость пассажира относительно эскалатора при движении вперед и назад одинакова и равна  $u$ . Считать, что размеры ступеньки много меньше длины эскалатора.

*А. Якута*

**4.** Тонкая гладкая спица длиной  $L$  вращается с постоянной угловой скоростью вокруг вертикальной оси, к которой прикреплен один из ее концов. Угол между спицей и вертикальной осью равен  $\alpha$ . На спицу насажена маленькая бусинка, которая в начальный момент находится на середине спицы и покоится относительно нее. При какой угловой скорости  $\omega$  вращения спицы вокруг вертикальной оси бусинка слетит со спицы?

*Р. Компанеец*

10 класс

**1.** Два тела имеют одинаковые ребристые поверхности (рис.3). Какую среднюю силу  $F$  в горизонтальном направлении, перпендикулярном реб-

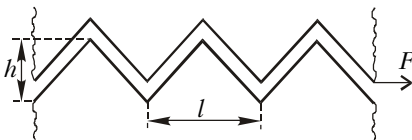


Рис. 3

рам, нужно приложить к верхнему телу массой  $m$ , чтобы медленно тащить его по неподвижной горизонтальной поверхности второго тела с постоянной (в среднем) скоростью? Все ребра одинаковые, симметричные, имеют ширину  $l$  и высоту  $h$ . Поверхности граней ребер гладкие, их соударения абсолютно неупругие.

*В. Птушенко*

**2.** Петя и Вася решили построить плоты из пустых консервных банок

без крышек. Петя предложил расположить банки в один слой доньями вверх, а Вася – доньями вниз. Пренебрегая давлением насыщенных паров и поверхностным натяжением воды и считая, что оба плота будут медленно опускаться на воду так, что донья банки будут параллельны ее поверхности, оцените, кому и на сколько больше понадобится банок для постройки плота грузоподъемностью  $M = 1000$  кг. Считать, что площадь дна банки  $S = 0,01$  м<sup>2</sup>, высота банки  $H = 0,1$  м, масса банки  $m = 0,01$  кг, плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, атмосферное давление  $p_0 = 10^5$  Па.

*Д. Харабадзе*

**3.** Над одним моле идеального одноатомного газа совершается процесс, изображенный на  $pV$ -диаграмме (рис.4). Постройте график зависимо-

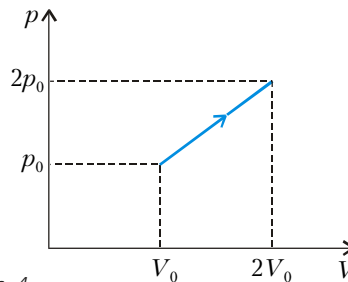


Рис. 4

сти теплоемкости газа в данном процессе от температуры.

*О. Шведов*

**4.** При подключении к батареек резистора сопротивлением  $R$  через нее течет ток  $I$ . При подключении к этой же батареек резистора, соединенного последовательно с неизвестным резистором, через нее течет ток  $(3/4)I$ . Если же резистор соединить с тем же неизвестным резистором параллельно и подключить к этой же батареек, то через нее будет течь ток  $(6/5)I$ . Найдите сопротивление  $R_x$  неизвестного резистора.

*О. Шведов*

11 класс

**1.** Квадратная рамка, изготовленная из тонкого проводника, подключена к батареек с ЭДС  $\mathcal{E}$ . Ток, текущий по рамке, создает в ее центре магнитное поле с индукцией  $B$ . Чему будет равна индукция  $B_1$  магнитного поля в центре рамки из того же проводника, если ее размер увеличить вдвое, а ЭДС батареек оставить неизменной? Внутренним сопротивлением батареек пренебречь.

*Примечание.* Индукция магнитного поля, создаваемая движущимся зарядом в некоторой точке, определяется величиной заряда, его скоростью  $\vec{v}$ , расстоянием  $\vec{r}$  до точки, углом между вектором скорости и прямой, соединяющей заряд и точку, константой  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Н/А<sup>2</sup> и направлена перпендикулярно плоскости, в которой лежат векторы  $\vec{v}$  и  $\vec{r}$ .

*О. Шведов*

**2.** Имеется толстая плоско-выпуклая однородная осесимметричная линза (рис.5). Радиус  $R$  ее плоского осно-

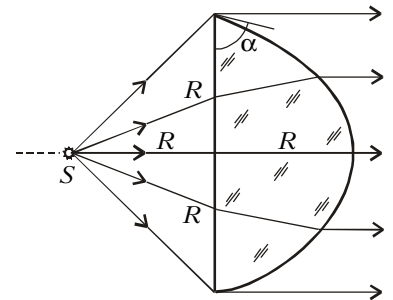


Рис. 5

вания равен ее толщине. Угол  $\alpha$  между ограничивающими ее поверхностями в месте их пересечения меньше  $90^\circ$ . На оси симметрии линзы со стороны плоского основания помещают точечный источник света. Расстояние от него до линзы  $R$ . Выпуклая поверхность линзы гладкая, а ее форма такова, что все лучи, прошедшие через линзу без отражений, образуют строго параллельный пучок с плоским фронтом, диаметр которого равен диаметру линзы. Определите угол  $\alpha$ .

*Р. Компанеец*

**Второй теоретический тур**

8 класс

**1.** Художник нарисовал «Зимний пейзаж» (рис.6). Как вы думаете, в каком месте на Земле он мог писать с такой натуры?

*М. Семенов*



Рис. 6

2. На краю крыши висят сосульки конической формы, геометрически подобные друг другу, но разной длины. После резкого потепления от  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 10^\circ\text{C}$  самая маленькая сосулька длиной  $l = 10$  см растаяла за время  $\tau = 2$  ч. За какое время  $\tau_1$  растает большая сосулька длиной  $L = 30$  см, если внешние условия не изменятся?

*М.Семенов*

3. На улице идет сильный дождь. Его капли массой  $m = 0,1$  г падают вертикально со скоростью  $v_1 = 3$  м/с, причем в каждом кубометре воздуха содержится  $N = 100$  капель. Школьник хочет перебежать из своего дома к приятелю в соседний дом, который находится на расстоянии  $L = 50$  м, и при этом вымокнуть как можно меньше. Скорость бега может быть любой, но не выше  $v_2 = 10$  м/с. Какова минимальная масса воды  $M$ , которая попадет на школьника во время пробежки, если площадь проекции его тела на горизонтальную плоскость равна  $S_1 = 0,16$  м<sup>2</sup>, а на вертикальную —  $S_2 = 0,45$  м<sup>2</sup>?

*М.Семенов*

9 класс

1. Автомобиль движется с постоянной скоростью по прямолинейному участку дороги. Другой автомобиль равномерно движется по дуге окруж-

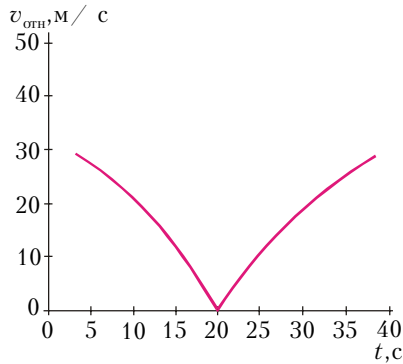


Рис. 7

ности радиусом  $R = 200$  м. График зависимости модуля относительной скорости автомобилей от времени изображен на рисунке 7. Найдите величину скоростей автомобилей.

*О.Шведов*

10 класс

1. Т-образный маятник состоит из трех одинаковых жестко скрепленных невесомых стержней длиной  $L$ , два из которых являются продолжением друг друга, а третий перпендикуля-

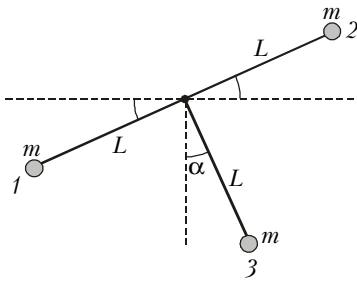


Рис. 8

рен им (рис.8). К свободным концам стержней, находящихся в одной вертикальной плоскости, прикреплены точечные грузы массой  $m$ . Маятник может без трения вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку скрепления стержней и перпендикулярной им. Маятник отклонили от положения равновесия на угол  $\alpha < 90^\circ$  и отпустили без начальной скорости. С какой силой стержень действует на груз 3 сразу после отпускания маятника?

*С.Варламов*

2. В результате взрыва снаряда массой  $m$ , летевшего со скоростью  $v$ , образовались два одинаковых осколка. Пренебрегая массой взрывчатого вещества, найдите максимальный угол  $\alpha$  разлета осколков, если сразу после взрыва их общая кинетическая энергия увеличилась на  $\Delta W$ .

*В.Погожев*

3. Раствор этилового спирта в воде, имеющий концентрацию  $n = 40\%$  по объему, находится в герметично закрытой бутылке, занимая 90% ее объема. Известно, что раствор заливали в бутылку и закрывали ее при температуре  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении  $p_0 = 10^5$  Па. Чистый этиловый спирт кипит при этом давлении при температуре  $t_2 = 77^\circ\text{C}$ . Давление насыщенных паров воды при температуре  $t_2$  равно  $p_n = 4,18 \cdot 10^4$  Па. Какое давление установится над жидкостью в этой бутылке при температуре  $t_2$ ? Давлением насыщенных паров спирта и воды при температуре  $t_1$  можно пренебречь.

*С.Варламов*

4. Два плоских зеркала образуют двугранный угол. Точечный источник света находится внутри этого угла и равноудален от зеркал. При каких значениях угла  $\alpha$  между зеркалами у источника будет ровно 100 различных изображений?

*Р.Компанеев*

11 класс

1. Для подтверждения своей водительской квалификации автомобилист должен выполнить следующее упражнение: за ограниченное время проехать расстояние  $L = 50$  м между точками 1 и 2, начав движение в точке 1 и остановившись в конце пути в точке 2. Какое наименьшее время  $t$  для этого необходимо, если наибольшая мощность, развиваемая двигателем автомобиля, равна  $P = 80$  кВт, а тормозной путь автомобиля при скорости  $v = 80$  км/ч составляет  $l_T = 50$  м? Масса автомобиля  $m = 1000$  кг.

*В.Птушенко*

2. В схеме, изображенной на рисунке 9, конденсаторы, емкости которых  $C_1 = C_2 = C$ , первоначально не заряжены, а диоды идеальные. Ключ  $K$

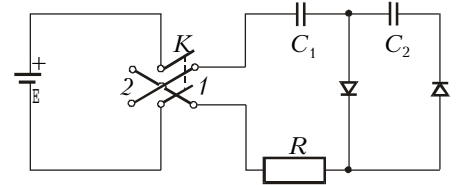


Рис. 9

начинают циклически переключать, замыкая его вначале в положение 1, а потом — в положение 2. Затем цикл переключений повторяется, и т.д. Каждое из переключений производится после того, как токи в цепи прекращаются. Какое количество таких циклов переключений надо произвести, чтобы заряд на конденсаторе емкостью  $C_2$  отличался от своего установившегося (при  $n \rightarrow \infty$ ) значения не более чем на 0,1%?

*М.Семенов*

*Публикацию подготовили М.Семенов, А.Якута*