

# Избранные задачи Московской физической олимпиады

## Первый теоретический тур

7 класс

1. Вася и Олег проводили эксперименты по исследованию вытекания жидкости из цилиндрических сосудов. Для эксперимента они воспользовались двумя одинаковыми сосудами, содержащими одинаковые массы жидкости. Вася проделал небольшое отверстие в боковой стенке сосуда на высоте  $h$  от дна и измерил дальность полета струи жидкости. Олег сначала нагрел сосуд с жидкостью и обнаружил, что она расширилась, а затем повторил эксперимент, проделанный Васей. В каком из экспериментов дальность полета струи жидкости оказалась больше? Ответ обоснуйте. Сделайте поясняющий рисунок.

О. Овчинников

2. Неопытный велосипедист при трогании с места на двухколесном велосипеде «Кама» случайно нажал рычаг ручного тормоза, вследствие чего велосипед не поехал, а велосипедист упал. Сделайте схематичный рисунок велосипеда и укажите на нем направления сил трения, действовавших со стороны земли на переднее и заднее колеса во время попытки тронуться с места. У велосипеда «Кама» педали соединены цепью с задним колесом, а ручной тормоз заклинивает только переднее колесо.

О. Овчинников

3. В автомобильных аккумуляторных батареях обычно используется электролит, представляющий собой раствор серной кислоты в дистиллированной воде. Раствор готовится при помощи таблицы, которая отражает соотношение количеств кислоты и

воды, необходимое для получения одного литра электролита. При печатании таблицы был допущен типографский брак в ее первом столбце, в результате чего таблица приобрела следующий вид:

Плотность электролита, г/л	Количество воды плотностью 1000 г/л	Количество серной кислоты плотностью 1830 г/л
1,***	0,650 л	0,423 л

Восстановите число, которое должно стоять в первом столбце. Ответ обоснуйте.

О. Овчинников

4. В засушливое лето 1999 года самолет противопожарной службы произвел аэрофотосъемку резервных водоемов с водой в районе деревни Гаврилово. На снимке (рис.1) видны три неглубоких пруда. В момент съемки пруды содержали  $V_1 = 200 \text{ м}^3$ ,  $V_2 = 30 \text{ м}^3$  и  $V_3 = 500 \text{ м}^3$  воды. Если погода не изменится, то какой из прудов

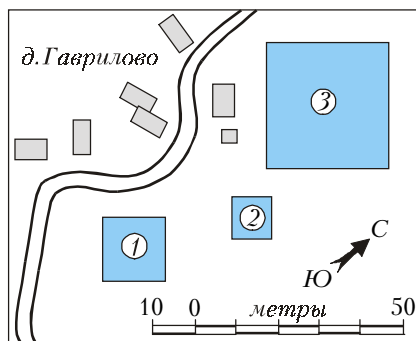


Рис. 1

пересохнет последним? Считать, что пруды имеют вертикальные стенки и плоское дно.

О. Овчинников

8 класс

1. К одному концу нити, перекинутой через блок, подвешен груз массой  $M$ , изготовленный из материала плотностью  $\rho_1$ . Груз погружен в сосуд с жидкостью плотностью  $\rho_2$ . К другому концу нити подвешен груз массой  $m$

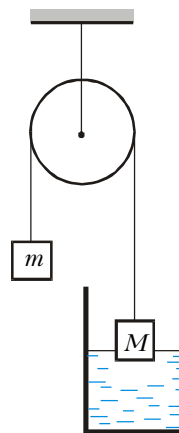


Рис. 2

(рис.2). При каких значениях  $m$  груз массой  $M$  в положении равновесия может плавать в жидкости?

О. Шведов

2. Через два неподвижных блока, находящихся на одной высоте, перекинута длинная легкая нить, к концам которой прикреплены два груза одной и той же массы (рис.3). Нить начинают медленно оттягивать вниз за точку, находящуюся посередине между блоками. График зависимости силы  $F$ , прикладываемой к нити, от смещения  $x$  этой точки приведен на рисунке 4.

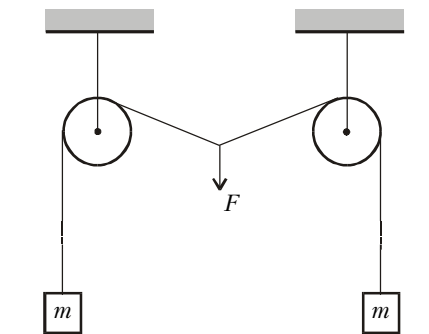


Рис. 3

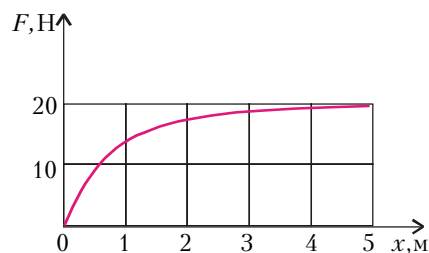


Рис. 4

Найдите приблизительно массу  $m$  каждого из грузов.

*О.Шведов*

**3.** В люстре 6 одинаковых лампочек. Она управляется двумя выключателями, имеющими два положения: «включено» и «выключено». От коробки с выключателями к люстре идут три провода. Лампочки в люстре либо: а) все не горят; б) все горят не в полный накал; в) три лампочки не горят, а три горят в полный накал. Нарисуйте возможные схемы электрической цепи.

*С.Варламов*

9 класс

**1.** Материальная точка движется вдоль прямой так, что график зависимости ее скорости  $v$  от координаты  $x$  представляет собой прямоугольник

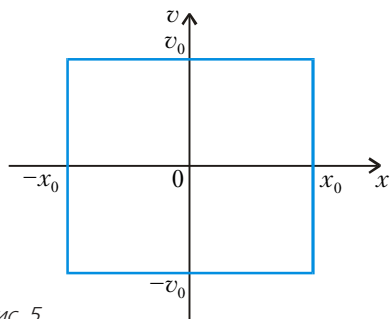


Рис. 5

(рис.5). Постройте для такого движения графики зависимостей скорости и координаты точки от времени.

*М.Семенов*

**2.** На одной стороне магнитофонной кассеты от начала до конца без перерывов записано  $N = 45$  коротких песен

нок с продолжительностью звучания  $\tau = 1$  мин каждая. Время быстрой перемотки ленты от начала до конца с постоянной угловой скоростью вращения ведущей оси равно  $T_1 = 2$  мин 45 с. На какую песню мы попадем, если будем перематывать ленту с самого начала вперед в течение  $T_2 = 1$  мин 50 с? Для данной кассеты радиус оси с намотанной на нее всей лентой равен  $R = 25$  мм, а без ленты —  $r = 10$  мм.

*С.Варламов*

**3.** На гладком горизонтальном столе находится подставка массой  $M = 2$  кг с закрепленным на ней невесомым блоком (рис.6). Через блок переброшена невесомая и нерастяжимая нить,

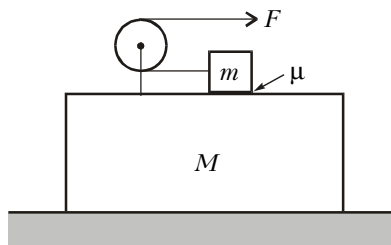


Рис. 6

один конец которой привязан к лежащему на подставке телу массой  $m = 1$  кг. К свободному концу нити прикладывают силу  $F = 10$  Н. Найдите ускорение подставки, если не касающиеся блока участки нити горизонтальны, а коэффициент трения между телом и подставкой  $\mu = 0,3$ .

*А.Зильберман*

**4.** Напряжение электрической сети в квартире составляет 220 В. Ученик 9 класса решил сделать елочную гирлянду. В своих запасах он отыскал одну лампочку на 36 В/40 Вт, 220 лампочек на 3,5 В/0,28 А и много соединительных проводов, сопротивление которых пренебрежимо мало. Какую цепь, включающую лампочку на 36 В и минимальное количество лампочек на 3,5 В, он должен собрать, чтобы все лампы в его гирлянде горели нормальным накалом? Считается, что лампа горит нормальным накалом, если падение напряжения на ней отличается от напряжения, на которое она рассчитана, не более чем на 1%.

*С.Варламов*

10 класс

**1.** Материальная точка движется вдоль прямой так, что график зависимости ее скорости  $v$  от координаты  $x$  при определенном выборе масштабов осей представляет собой окружность (рис.7). Постройте для такого движе-

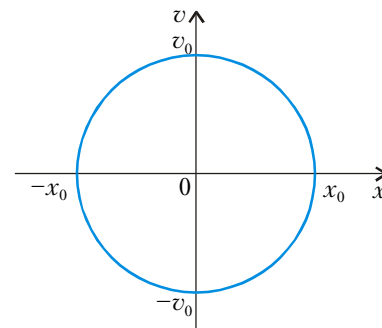


Рис. 7

ния графики зависимостей скорости и координаты точки от времени.

*М.Семенов*

**2.** Гонимый автомобиль имеет привод на все четыре колеса. Его двигатель выдает максимальную мощность  $P = 60$  кВт при любой скорости движения. Пренебрегая сопротивлением воздуха, вычислите время разгона этого автомобиля от старта до скорости  $v = 20$  м/с. Масса автомобиля  $m = 1$  т, коэффициент трения между колесами и дорожным покрытием не зависит от скорости и равен  $\mu = 0,6$ .

*П.Синило*

**3.** Маленький проводящий шарик радиусом  $R$  висит на непроводящей нити над бесконечной проводящей плоскостью. Расстояние от центра шарика до плоскости  $L$  ( $L \gg R$ ). Найдите емкость этой системы.

*А.Селиверстов*

11 класс

**1.** Шар массой  $m = 1$  кг, прикрепленный к идеальной пружине жесткостью  $k = 50$  Н/м, колеблется в вязкой среде. На рисунке 8 представлены графики зависимостей скорости от координаты и ускорения от скорости, соответствующие движению шара (начало координат выбрано в положении его равновесия). Начертите график зависимости силы вязкого трения, действующей на шар, от его скорости.

*А.Якута*

**2.** В вашем распоряжении имеются источник синусоидального напряжения с амплитудой  $U$ , соединительные провода и идеальный трансформатор с двумя обмотками, отношение чисел витков в которых равно 1:3. Найдите амплитуды напряжений, которые можно получить с помощью этого оборудования.

*С.Варламов*

**3.** Наблюдатель, находящийся в помещении на расстоянии  $L = 3$  м от окна, покрытого снаружи множеством мелких водяных капель, видит на нем

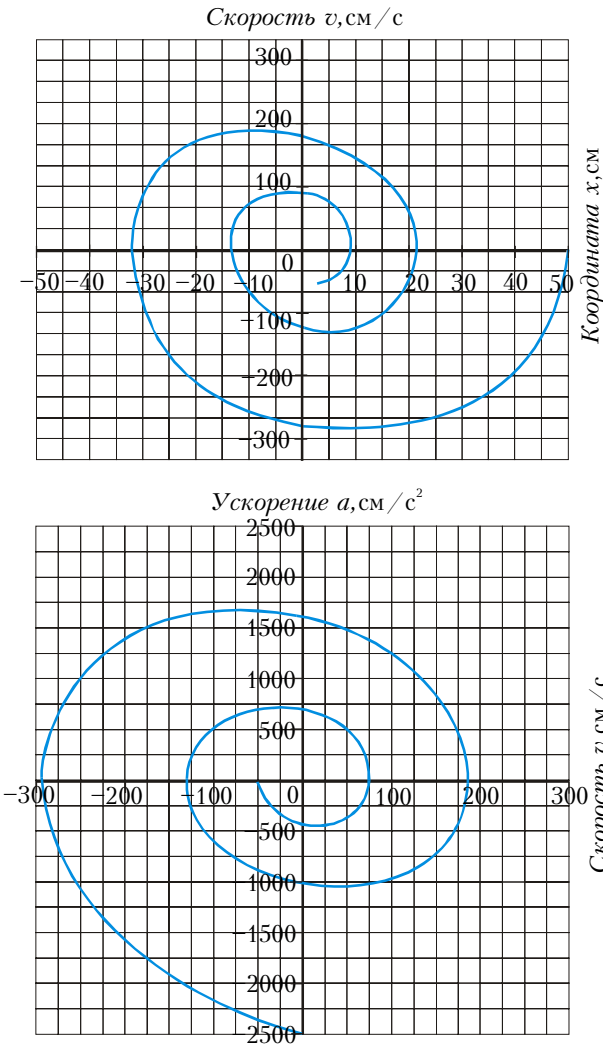


Рис. 8

светлое пятно радиусом  $r = 10$  см от очень далекого фонаря, расположенного на одном уровне с наблюдателем. Определите, какой максимальный угол составляет поверхность капель с поверхностью стекла. Показатель преломления воды  $n = 4/3$ . Дифракцию света на каплях не учитывать.

*Р.Компанец*

4. Природный уран состоит на  $n_1 = 0,7\%$  из изотопа  $^{235}\text{U}$  и на  $n_2 = 99,3\%$  из  $^{238}\text{U}$ . По современным представлениям, все элементы тяжелее железа образовались при взрывах сверхновых звезд, а после этого из получившихся газопылевых облаков, в частности, образовались планеты. По-видимому, в этих выбросах всех изотопов урана было примерно поровну. Оцените, сколько лет назад произошел тот выброс вещества, из которого сформировалась наша Земля. Период полураспада, т.е. время, в течение которого число атомов данного изотопа уменьшается в 2 раза, для  $^{235}\text{U}$  равно  $T_1 = 7 \cdot 10^8$  лет,

а для  $^{238}\text{U} - T_2 = 4,5 \cdot 10^9$  лет.

*Д.Григорьев*

**Второй теоретический тур**

8 класс

1. Вдоль железной дороги через каждые 100 м расставлены столбики с номерами 1, 2, ..., 10, 1, 2, ..., 10, ... Через 2 мин после того, как cabina машиниста равномерно движущегося поезда проехала столбик с цифрой 1, машинист увидел в окне столбик с цифрой 2. Через какое время после проезда этого столбика cabina машиниста может проехать мимо ближайшего столбика с цифрой 3? Скорость поезда меньше 100 км/ч.

*О.Шведов*

2. Ванна, одна из стенок которой представляет собой наклонную плоскость, заполнена водой плотностью  $\rho_v$ . В ванну медленно погружают длинный тонкий круглый карандаш, удерживая его нитью за верхний конец, который перемещают вниз вдоль наклонной

стенки (рис.9). Какая часть карандаша должна погрузиться в воду, чтобы

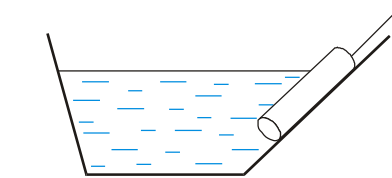


Рис. 9

нижний конец перестал касаться стенки? Плотность карандаша  $\rho_k = 3/4 \rho_v$ .

*О.Шведов*

3. Горячий суп, налитый доверху в большую тарелку, охлаждается до температуры, при которой его можно есть без риска обжечься, за время  $t = 20$  мин. Через какое время можно будет есть суп с той же начальной температурой, если разлить его по маленьким тарелкам, которые также заполнены доверху и подобны большой? Известно, что суп из большой тарелки помещается в  $n = 8$  маленьких и что количество теплоты, отдаваемое в единицу времени с единицы поверх-

ности каждой тарелки, пропорционально разности температур супа и окружающей среды.

*М.Семенов*

9 класс

1. В горизонтальном дне сосуда имеется прямоугольное отверстие размером  $a \times b$ . Его закрыли прямоугольным параллелепипедом со сторонами  $b \times c \times c$  так, что одна из диагоналей грани  $c \times c$  вертикальна (вид сбоку показан на рисунке 10). В сосуд медленно наливают жидкость плотностью

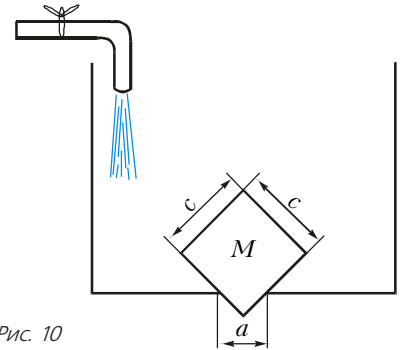


Рис. 10

$\rho$ . Какова должна быть масса параллелепипеда  $M$ , чтобы он не всплывал при любом уровне воды? Силами трения и поверхностного натяжения пренебречь.

*Д.Харабадзе*

2. Куб массой  $M$  расположен на горизонтальной поверхности. К середине одного из верхних ребер куба прикреплен блок, через который перекинута нить с закрепленными на концах маленькими грузами массой  $m$  (рис.11). С какой силой  $F$  нужно толкать куб в горизонтальном направлении перпендикулярно ребру с блоком, чтобы грузы массой  $m$  не двигались относительно куба? Трение в блоке отсутствует, нить невесома и нерастя-

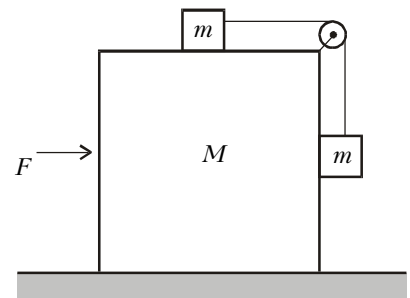


Рис. 11

жима, коэффициент трения между грузами и кубом, а также между кубом и поверхностью равен  $\mu$  ( $\mu < 1$ ). Движение куба считать поступательным.

*Ю.Старокурлов*

3. На горизонтальном обледенев-

шем участке дороги лежит длинная доска массой  $M$ . На эту доску мальчик поставил радиоуправляемую модель автомобиля массой  $m$ , а затем, подав радиосигнал, включил двигатель автомобиля. Зная, что автомобиль движется вдоль доски с постоянной относительно нее скоростью  $v$  и что коэффициент трения доски о лед  $\mu$ , найдите зависимость скорости автомобиля относительно дороги от времени.

*В.Погожев*

4. В электрической цепи, изображенной на рисунке 12, оцените

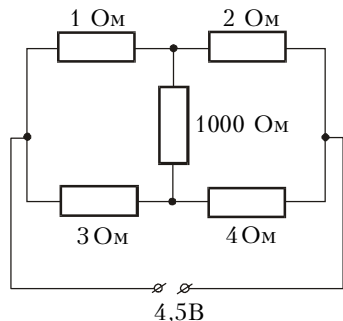


Рис. 12

ток через резистор сопротивлением 1000 Ом.

*О.Шведов*

10 класс

1. Шарик падает с некоторой высоты без начальной скорости на горизонтальную плоскость. Удары шарика о плоскость абсолютно упругие. За первые  $t$  секунд шарик прошел путь  $s$ . Сколько раз за это время он успел удариться о плоскость? Ускорение свободного падения равно  $g$ .

*О.Шведов*

2. Мальчик, запуская воздушного змея, бежит по горизонтальной поверхности навстречу ветру со скоростью  $u$ . Нить, привязанная к змею, сматывается с катушки, которую мальчик дер-

жит в руке. В некоторый момент времени нить, которую можно считать прямолинейной, составляет с горизонтом угол  $\alpha$ , а змей поднимается вертикально вверх со скоростью  $v$ . Какова в этот момент времени скорость узелка на нити, который находится на расстояниях  $L$  от катушки и  $l$  от змея?

*С.Варламов*

3. Найдите КПД тепловой машины, цикл которой состоит из двух изохор и двух изобар (рис. 13), а рабочим телом является идеальный одноатомный газ. Середины нижней изобары и левой изохоры лежат на изотерме, соответствующей температуре  $T_1$ , а середины

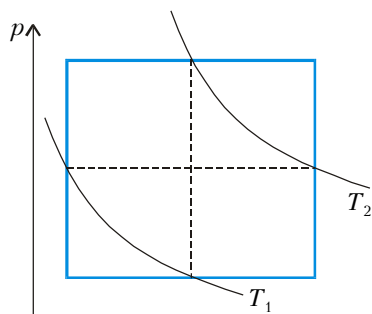


Рис. 13

верхней изобары и правой изохоры — на изотерме, соответствующей температуре  $T_2$ .

*Ю.Старокуров*

4. Оцените с точностью не хуже 1% силу тока, текущего через резистор сопротивлением  $1000R$  в электрической цепи, изображенной на рисунке 14.

*О.Шведов*

5. Точечный заряд, находящийся на расстоянии  $a$  от каждой из четырех вершин одной из граней сплошного незаряженного проводящего куба с длиной ребра  $a$ , притягивается к кубу с силой  $F$ . С какой силой этот же заряд

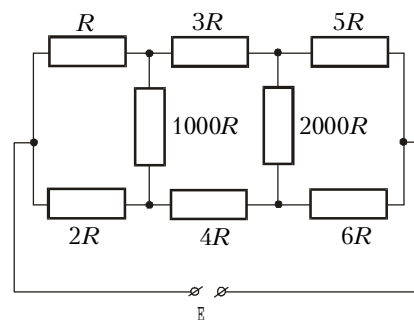


Рис. 14

будет притягиваться к сплошному проводящему кубу с длиной ребра  $b$ , если его разместить на расстоянии  $b$  от каждой из вершин одной из граней куба?

*О.Шведов*

11 класс

1. Ромб составлен из жестких стержней. Стержни скреплены на концах шарнирами. В начальный момент два противоположных шарнира находятся рядом (очень близко) и имеют нулевые скорости. Один из этих шарниров закреплен. Второй начинают двигать с постоянным ускорением  $a$ . Найдите величину ускорения остальных шарниров ромба в тот момент, когда ромб превратится в квадрат, если все стержни движутся, оставаясь в одной плоскости.

*С.Варламов*

2. Трубка длиной  $L$  с постоянным внутренним сечением в форме круга радиусом  $R$  ( $R \ll L$ ) свернута в кольцо. Кольцо неподвижно, а его ось горизонтальна. В трубку залили невязкую жидкость, объем которой  $V < \pi R^2 L$ . Каков период малых колебаний жидкости вблизи положения равновесия? Ускорение свободного падения равно  $g$ .

*С.Варламов*

Публикацию подготовили  
*М.Семенов, А.Якута*