

**ВАРИАНТЫ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ  
ЭКЗАМЕНОВ И ОЛИМПИАД ПО ФИЗИКЕ  
ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ**

Москва 2017

ББК  
УДК

В книге представлены задачи олимпиад и вступительных экзаменов по физике, проводимых в течение многих лет. Цель издания — познакомить школьников, желающих в будущем получать образование в вузах технической направленности, с уровнем требований к объему знаний по физике и навыкам решения задач, необходимом для успешного освоения образовательных программ высшей школы. Книга окажется полезной для тех, кто занимается анализом и систематизацией опыта проведения физических олимпиад.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В книге представлены задания олимпиад и вступительных экзаменов по физике, проведенных в течение продолжительного периода времени, ответы ко всем задачам, решения типовых задач. Школьники, добившиеся хороших результатов на олимпиадах, обладают определенными льготами при поступлении в вузы. В связи с этим публикация сборника задач преследует цель познакомить учеников, желающих в будущем получать образование вузе, с уровнем требований к объему знаний по физике и навыкам решения задач, необходимым для успешного поступления и последующего освоения образовательных программ высшей школы. Книга может оказаться полезной для систематизации и обобщения опыта по привлечению талантливой молодежи к обучению в вузах технической направленности.

В изучении курса физики решение задач имеет исключительно большое значение, и им отводится главная роль при проведении вступительных испытаний.

Решение и анализ задач позволяют понять и запомнить основные законы и формулы физики, создают представления об их характерных особенностях и границах применения. Умение решать задачи является лучшим критерием оценки глубины изучения программного материала и его усвоения.

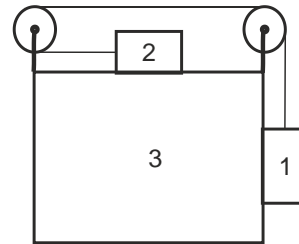
**ВАРИАНТЫ МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ ОЛИМПИАД  
ШКОЛЬНИКОВ НА БАЗЕ ВЕДОМСТВЕННЫХ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧЕРЕЖДЕНИЙ**

**2013 год**

**1 Вариант**

**Задача 1 (2 балла).** Кошка бежит за мышкой по окружности радиусом  $R = 5$  м с постоянной скоростью  $V_k = 40$  км/ч. Когда расстояние по дуге между ними было равно  $1/8$  длины окружности, мышка начала убегать со скоростью  $V_k = 50$  км/ч. Через какое время  $t$  мышка удалится от кошки на расстояние, равное половине длины окружности?

**Задача 2 (4 балла).** Найдите модуль и направление ускорения груза 1 в системе, изображенной на рисунке. Горизонтальная плоскость гладкая, трения между грузами нет, нить и блоки невесомы, нить нерастяжима, массы всех трех грузов одинаковы. В начальный момент все тела покоятся. Ускорение свободного падения равно  $g$ .

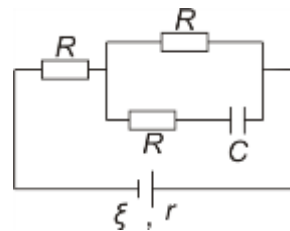


**Задача 3 (3 балла).** Три одинаковые тележки стоят на горизонтальном столе, между тележками находятся две одинаковые пружины, при этом они прикреплены только ко второй тележке. Пружины сжаты максимально, т.е. уменьшить расстояние между тележками невозможно. Сначала отпускают пружину, между первой и второй, а затем, через некоторое время, между второй и третьей тележками. Найти скорость третьей тележки  $V_3$ . Известно, что если вторую тележку пружиной прислонить к вертикальной стене и

максимально сжать, а затем отпустить, то тележка приобретёт скорость  $V$ . Трение не учитывать.

**Задача 4 (3 балла).** Три тонких металлических пластинки площадью  $S$  расположили параллельно друг другу на расстояниях  $d_1$  и  $d_2$  друг от друга. Средняя пластинка заряжена зарядом  $Q$ , крайние не заряжены. Затем крайние пластинки соединили проводником. Какой заряд протечёт по проводнику? Размеры пластин много больше расстояния между ними.

**Задача 5 (2 балла).** В схеме изображённой на рисунке, найдите заряд конденсатора.  $R = 2$  Ом,  $C = 1$  мкФ,  $\xi = 10$  В,  $r = 1$  Ом.



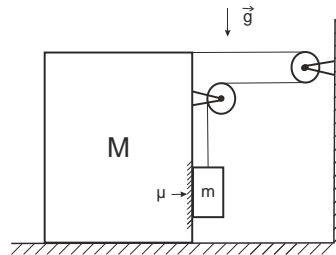
**Задача 6 (3 балла).** Не дожидаясь автобуса, пешеход пошёл пешком к следующей автобусной остановке, павильон которой был виден вдали. Через некоторое время он обнаружил, что кажущаяся высота этого павильона в  $k = 1.5$  раза меньше кажущейся высоты павильона, от которого он отошёл. Пройдя ещё  $L = 100$  метров, пешеход заметил, что, наоборот, павильон впереди, кажется ему в  $k = 1.5$  раза выше павильона позади. Найдите расстояние между остановками. Считайте, что кажущийся размер предмета обратно пропорционален расстоянию до него. Остановочные павильоны одинаковы, пешеход идёт по соединяющей их прямой.

## 2 Вариант

**Задача 1 (2 балла).** Материальная точка движется по окружности радиуса  $R = 20$  см равноускоренно с касательным ускорением

$a_t = 5 \text{ см/с}^2$ . Через какое время  $t$  после начала движения центростремительное ускорение  $a_n$  будет больше  $a_t$  в  $n = 2$  раза?

**Задача 2 (4 балла).** В системе, изображённой на рисунке, тело массой  $M$  может скользить без трения по горизонтальной плоскости. Коэффициент трения между телами  $M$  и  $m$  равен  $\mu$ . Найдите ускорение  $a$  тела  $M$ . Массой блоков и нерастяжимой нити пренебречь. Ускорение свободного падения равно  $g$ .

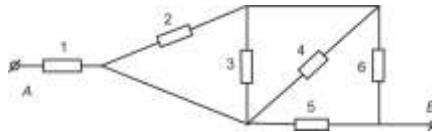


**Задача 3 (3 балла).** Три одинаковые тележки стоят на горизонтальном столе, между тележками находятся две одинаковые пружины, при этом они прикреплены только ко второй тележке. Пружины сжаты максимально, т.е. уменьшить расстояние между тележками невозможно. Сначала отпускают пружину, между первой и второй, а затем, через некоторое время, между второй и третьей тележками. Найти скорость второй тележки  $V_2$ . Известно, что если вторую тележку пружиной прислонить к вертикальной стене и максимально сжать, а затем отпустить, то тележка приобретёт скорость  $V$ . Трение не учитывать.

**Задача 4 (3 балла).** Три тонких металлических пластинки площадью  $S$  расположили параллельно друг другу на расстояниях  $d_1$  и  $d_2$  друг от друга. Средняя пластинка заряжена зарядом  $Q$ , крайние не заряжены. Затем крайние пластинки соединили друг с другом через источник разности потенциалов  $\Delta\phi$ . Найти заряды крайних пластин. Размеры пластин много больше расстояния между

ними.

**Задача 5 (2 балла).** Величина каждого сопротивления в схеме, изображённой на рисунке,  $R = 1$  Ом. Каково сопротивление цепи между точками А и В?



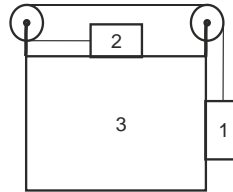
**Задача 6 (3 балла).** Пассажир автобуса, едущего вдоль прямого канала с водой, наблюдает за световым бликом, который отбрасывается спокойной поверхностью воды от фонаря, стоящего на противоположном берегу канала. Найдите скорость движения блика по поверхности воды относительно берегов канала, если высота фонаря над поверхностью воды  $H$ , высота глаз пассажира над поверхностью воды  $h$ , скорость автобуса  $V$ .

### 3 Вариант

**Задача 1 (2 балла).** Две точки М и К движутся по окружности с постоянными угловыми скоростями  $\omega_M = 0.2$  рад/с и  $\omega_K = 0.3$  рад/с по часовой стрелке. В начальный момент времени угол между радиусами этих точек равен  $\pi/3$ , причём вначале точка М отстаёт от К, в какой момент времени  $t$  точки встретятся.

**Задача 2 (4 балла).** Найдите силу натяжения нити в системе, изображённой на рисунке. Горизонтальная плоскость гладкая,

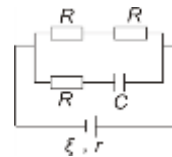
трения между грузами нет, нить и блоки невесомы, нить нерастяжима, массы всех трёх грузов одинаковы и равны  $m$ . В начальный момент все тела покоятся. Ускорение свободного падения равно  $g$ .



**Задача 3 (3 балла).** Три одинаковые тележки стоят на горизонтальном столе, между тележками находятся две одинаковые пружины, при этом они прикреплены только ко второй тележке. Пружины сжаты максимально, т.е. уменьшить расстояние между тележками невозможно. Сначала отпускают пружину, между первой и второй, а затем, через некоторое время, между второй и третьей тележками. В результате третья тележка приобретает скорость  $V_3$ . Найти какой скоростью  $V$  будет обладать вторая тележка, если её пружиной прислонить к вертикальной стене и максимально сжать, а затем отпустить. Трение не учитывать.

**Задача 4 (3 балла).** Три тонких металлических пластинки площадью  $S$  расположили параллельно друг другу на расстояниях  $d_1$  и  $d_2$  друг от друга. Средняя пластинка заряжена зарядом  $Q_1$ , левая  $Q_2$ , правая не заряжена. Затем крайние пластинки соединили проводником. Какой заряд протечёт по проводнику? Размеры пластинок много больше расстояния между ними.

**Задача 5 (2 балла).** В схеме, изображённой на рисунке, найдите заряд конденсатора.  $R = 5$  Ом,  $C = 2$  мкФ,  $\xi = 16$  В,  $r = 1$  Ом.



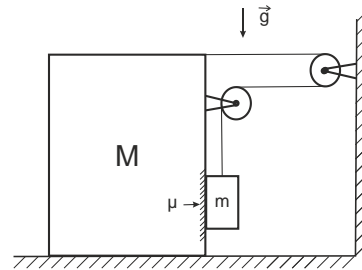


**Задача 6 (3 балла).** Не дожидаясь автобуса, пешеход пошёл пешком к следующей автобусной остановке, павильон которой был виден вдали. Через некоторое время он обнаружил, что кажущаяся высота этого павильона в  $k_1 = 1.5$  раза меньше кажущейся высоты павильона, от которого он отошёл. Расстояние между остановками  $S = 600$  м. Найдите во сколько раз  $k_2$  высота павильона впереди, кажется больше высоты павильона позади, когда он пройдёт ещё  $L = 200$  метров. Считайте, что кажущийся размер предмета обратно пропорционален расстоянию до него. Остановочные павильоны одинаковы, пешеход идёт по соединяющей их прямой.

#### 4 Вариант

**Задача 1 (2 балла).** Материальная точка, двигаясь равноускоренно по окружности радиуса  $R = 1$  м, прошла за время  $t_1 = 10$  с путь  $s = 50$  м. С каким центростремительным ускорением  $a_n$  двигалась точка, спустя время  $t_2 = 5$  с после начала движения?

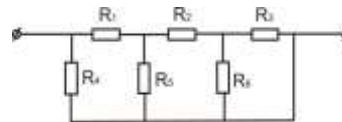
**Задача 2 (4 балла).** В системе, изображённой на рисунке, тело массой  $M$  может скользить без трения по горизонтальной плоскости. Коэффициент трения между телами  $M$  и  $m$  равен  $\mu$ . Найдите силу натяжения нити. Массой блоков и нерастяжимой нити пренебречь. Ускорение свободного падения равно  $g$ .



**Задача 3 (3 балла).** Три одинаковые тележки стоят на горизонтальном столе, между тележками находятся две одинаковые пружины, при этом они прикреплены только ко второй тележке. Пружины сжаты максимально, т.е. уменьшить расстояние между тележками невозможно. Сначала отпускают пружину, между первой и второй, а затем, через некоторое время, между второй и третьей тележками. В результате вторая тележка приобретает скорость  $V_2$ . Найти какой скоростью  $V$  будет обладать вторая тележка, если её пружиной прислонить к вертикальной стене и максимально сжать, а затем отпустить. Трение не учитывать.

**Задача 4 (3 балла).** Три тонких металлических пластинки площадью  $S$  расположили параллельно друг другу на расстояниях  $d_1$  и  $d_2$  друг от друга. Средняя пластинка заряжена зарядом  $Q_1$ , правая  $Q_2$ , левая не заряжена. Затем крайние пластинки соединили друг с другом через источник разности потенциалов  $\Delta\phi$ . Найти заряды крайних пластин. Размеры пластин много больше расстояния между ними.

**Задача 5 (2 балла).** Определите общее сопротивление цепи:  $R_1 = 0,5 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 1,5 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = R_4 = R_6 = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = \frac{2}{3} \text{ Ом}$ .



**Задача 6 (3 балла).** Пассажир автобуса, едущего вдоль прямого канала с водой, наблюдает за световым бликом, который отбрасывается спокойной поверхностью воды от фонаря, стоящего на противоположном берегу канала. Найдите высоту фонаря над

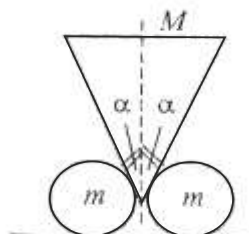
поверхностью воды  $H$ , если скорость движения блика по поверхности воды относительно берегов канала  $u$ . Высота глаз пассажира над поверхностью воды  $h$ , скорость автобуса  $V$ .

**2014 год**

**1 Вариант**

**Задача 1** (3 балла). Маша поехала кататься с горки на ледянке, которая имела форму треугольника  $ABC$ , с тупым углом при вершине  $B$ . Ледянка съехала с горки на ледяной каток и движется в по нему таким образом, что скорость вершины  $A$  направлена вдоль стороны  $AB$ , а скорость вершины  $B$  - вдоль стороны  $BC$ . Считая заданными длины сторон  $AB$  и  $BC$ , а также скорости указанных точек  $V_A$  и  $V_B$ , определить скорость точки  $C$ .

**Задача 2** (4 балла). При каком отношении  $M/m$  масс призмы  $M$  и цилиндров  $m$  цилиндры начнут раскатываться по горизонтальной поверхности при условии, что между призмой и цилиндрами нет проскальзывания? Коэффициент трения между цилиндрами и поверхностью  $\mu = 0,4$ ; угол между боковой гранью призмы и вертикальной осью симметрии  $\alpha = 45^\circ$ .

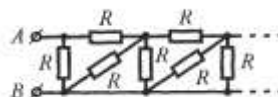


**Задача 3** (3 балла). Метеорит пробивает в обшивке

космического корабля отверстие площадью  $S = 1 \text{ мм}^2$ . Объем жилых помещений корабля  $V = 10^3 \text{ м}^3$ , температура воздуха в них  $t = 27^\circ \text{ С}$  при давлении  $p = 10^5 \text{ Па}$ , молярная масса воздуха  $\mu = 29 \text{ г/моль}$ . Оцените сколько времени у космонавтов в запасе, чтобы надеть скафандры?

**Задача 4 (2 балла).** Скорости двух электронов  $V_1$  и  $V_2$  лежат в одной плоскости и при расстоянии  $l = 10 \text{ мкм}$  между электронами образуют углы  $\alpha = 45^\circ$  с прямой, соединяющей электроны. На какое минимальное расстояние сблизятся электроны, если  $V_1 = V_2 = V_0 = 10^4 \text{ м/с}$ ? Заряд электрона  $q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ , масса  $m = 0,9 \cdot 10^{-30} \text{ кг}$ .

**Задача 5 (3 балла).** Определите сопротивление  $R_{AB}$  бесконечной цепи (см. рисунок), состоящей из периодически повторяющихся элементов. Считать сопротивление  $R$  известным.

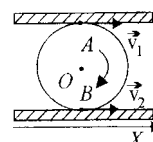


**Задача 6 (2 балла).** Цветное стекло растерто в порошок, который кажется совершенно белым. Как узнать, каков был цвет стекла?

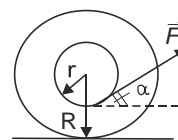
**Задача 7 (1 балл).** Зимой на автомобили ставят колеса с шинами со стальными шипами, что улучшает сцепление колеса с дорогой. Однако при морозах ( $-18^\circ \text{ С}$  и ниже) шипы становятся не эффективными. Лучший результат при морозе дают специальные зимние шины с мягкой резиной. Почему?

## 2 Вариант

**Задача 1 (3 балла).** Две параллельные рейки движутся со скоростями  $V_1$  и  $V_2$  в одном направлении. Между рейками зажат диск радиуса  $R$ . Проскальзывание между диском и рейками отсутствует. Какова угловая скорость вращения диска и скорость его центра?



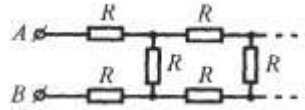
**Задача 2 (4 балла).** На катушку, находящуюся на горизонтальной поверхности, намотана нитка, за которую Маша тянет с силой  $F$ . Радиус цилиндра, на который намотана нитка –  $r = 4$  см, радиус обода катушки –  $R = 7$  см, масса катушки –  $m = 2$  кг, коэффициент трения скольжения между катушкой и полом –  $\mu = 0,85$ . С какой минимальной силой  $F_{min}$  Маше надо тянуть за нитку, чтобы катушка вращалась, но не катилась?



**Задача 3 (3 балла).** Оцените число ударов молекул воздуха о поверхность оконного стекла площадью  $S = 1$  м<sup>2</sup> со стороны комнаты за интервал времени  $\tau = 1$  с. Температура воздуха в комнате  $t = 27^\circ$  С, давление  $p = 10^5$  Па, молярная масса воздуха  $\mu = 29$  г/моль.

**Задача 4 (2 балла).** На горизонтальной поверхности на расстоянии  $l = 30$  см друг от друга удерживаются два заряженных маленьких бруска массой  $m = 1,6$  г каждый. Заряды брусков также одинаковы и равны  $q = 7,5 \cdot 10^{-8}$  Кл. Какое расстояние пройдет каждый из брусков, если их освободить? Коэффициент трения о плоскость  $\mu = 0,15$ ,  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**Задача 5** (3 балла). Определите сопротивление  $R_{AB}$  бесконечной цепи (см. рисунок), состоящей из периодически повторяющихся элементов. Считать сопротивление  $R$  известным.



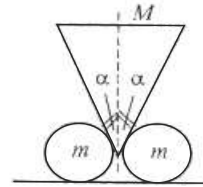
**Задача 6** (2 балла). Почему днем Луна имеет чистый белый цвет, а после захода Солнца принимает желтоватый оттенок?

**Задача 7** (1 балл). В одной из сказок Добрый молодец, чтобы услышать приближение вражеской конницы, ложился на землю и прикладывал ухо к земле. Почему через землю топот копыт был слышан, а в воздухе нет.

### 3 Вариант

**Задача 1** (3 балла). Саша поехал кататься с горки на лыжах AC, он съехал с горки и попал на лед и лыжи стали двигаться таким образом, что в данный момент времени скорость точки A направлена под углом к лыжам AC, а скорость точки B (крепления ботинок к лыжам) направлена вдоль лыж. Считая заданными  $V_A$  и  $V_B$ ; а также длины AB и BC. Определить скорость точки C. Точка B лежит между точками A и C.

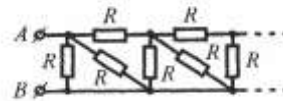
**Задача 2 (4 балла).** При каком отношении  $M/m$  масс призмы  $M$  и цилиндров  $m$  цилиндры будут скользить по горизонтальной поверхности и не будут катиться? Угол между боковой гранью призмы и вертикальной осью симметрии  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения между призмой и цилиндрами  $\mu_1 = 0,4$ , коэффициент трения между цилиндрами и поверхностью  $\mu_2 = 0,2$ ; угол между боковой гранью призмы и вертикальной осью симметрии  $\alpha = 45^\circ$ .



**Задача 3 (3 балла).** В замкнутом сосуде содержатся пары серебра при давлении  $p = 10^{-1}$  Па, средняя кинетическая энергия атомов. Молярная масса серебра  $\mu = 108$  г/моль, плотность его в металлическом состоянии  $\rho = 10,5$  г/см<sup>3</sup>. Оценить скорость роста пленки серебра на стенках сосуда, считая удары атомов серебра о стенки абсолютно неупругими.

**Задача 4 (2 балла).** Два точечных заряда  $q_1 = 3 \cdot 10^{-4}$  Кл и  $q_2 = 4 \cdot 10^{-4}$  Кл закреплены в вершинах треугольника А и В соответственно, а третий точечный заряд  $q_3 = 2 \cdot 10^{-4}$  Кл массой  $m = 20$  г удерживается в вершине С. Какую скорость разовьет этот заряд, если его отпустить?  $AC = 5$  см;  $BC = 6$  см;  $AB = 7$  см. Силой тяжести пренебречь.

**Задача 5 (3 балла).** Определите сопротивление  $R_{AB}$  бесконечной цепи (см. рисунок), состоящей из периодически повторяющихся элементов. Считать сопротивление  $R$  известным.

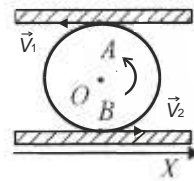


**Задача 6** (2 балла). Почему столб дыма, поднимающийся над костром, при свете дня на фоне дальнего леса кажется серо-голубым, на фоне неба - черным, а на фоне Солнца приобретает желтовато-красный оттенок?

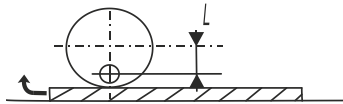
**Задача 7** (1 балл). Почему в сильный мороз снег под ногами хрустит, а при небольших отрицательных температурах этого не наблюдается?

#### 4 Вариант

**Задача 1** (3 балла). Две параллельные рейки движутся со скоростями  $V_1$  и  $V_2$  в противоположных направлениях. Между рейками зажат диск радиуса  $R$ . Проскальзывание между диском и рейками отсутствует. Какова угловая скорость вращения диска и скорость его центра?



**Задача 2** (4 балла). В однородном цилиндре на расстоянии  $l = 2R/3$  от центра параллельно оси Саша просверлил отверстие радиусом  $r = R/4$ . Отверстие заполнил веществом, плотность которого в  $n = 11$  раз больше плотности вещества цилиндра. Цилиндр лежит на дощечке, которую Маша медленно поднимает за один конец. Каков максимальный угол наклона дощечки, при котором цилиндр еще может находиться на



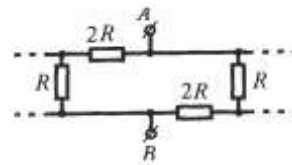


ней в равновесии? Коэффициент трения  $\mu = 0,3$ .  $R$  - радиус цилиндра.

**Задача 3 (3 балла).** Сосуд, содержащий разреженный газ, разделен на две части пористой проницаемой для молекул газа и не проводящей тепло перегородкой. Среди молекул, испытывающих столкновение с перегородкой, молекулы, проникающие сквозь перегородку, составляют пренебрежимо малую часть. Стенки каждой из двух частей сосуда поддерживаются при постоянных, но различающихся температурах  $T_1 = 50$  К и  $T_2 = 200$  К. Найти отношение концентраций в частях сосуда, разделенных перегородкой, в состоянии равновесия.

**Задача 4 (2 балла).** Точечные заряды  $q_1 = 10$  мкКл,  $Q = 100$  мкКл,  $q_2 = 25$  мкКл расположены на одной прямой, при этом заряд  $Q$  находится между  $q_1$  и  $q_2$ . Расстояние между зарядами  $q_1$  и  $Q$  -  $r_1 = 3$  см, а между  $q_2$  и  $Q$  -  $r_2 = 5$  см. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы заряды  $q_1$  и  $q_2$  поменять местами?

**Задача 5 (3 балла).** Определите сопротивление  $R_{AB}$  бесконечной цепи (см. рисунок), состоящей из периодически повторяющихся элементов. Считать сопротивление  $R$  известным.



**Задача 6 (2 балла).** Почему, если смотреть над костром на предметы, находящиеся за ним, очертания предметов кажутся "колеблющимися"?

**Задача 7 (1 балл).** Какой воздух тяжелее сухой или влажный?

**2015 год**

**1 Вариант**

**Задача 1 (2 балла).** Саша бросил камень горизонтально с отвесного обрыва высотой  $H$ , который упал на землю на расстоянии  $S$  от основания обрыва. Определить начальную скорость камня  $V_0$ .

**Задача 2 (3 балла).** На рисунке 1 показана часть разветвленной цепи с известными сопротивлениями  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ .

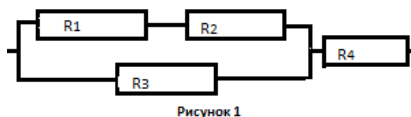


Рисунок 1

Известна мощность тепловых потерь  $P_1$  на сопротивлении  $R_1$ . Найти мощность тепловых потерь  $P_4$  на сопротивлении  $R_4$ .

**Задача 3 (3 балла).** Смесь воды и ее насыщенного пара занимает некоторый объем при температуре  $90^\circ \text{C}$ . Если смесь нагреть изохорически, то вся вода испаряется при увеличении температуры на  $10^\circ \text{C}$ . Чему равно давление насыщенного водяного пара при  $90^\circ \text{C}$ , если в начальном состоянии масса воды составляет 29% от массы смеси? Объемом воды по сравнению с объемом смеси пренебречь. Атмосферное давление  $p_{\text{атм}} = 10^5 \text{ Па}$ .

**Задача 4 (4 балла).** На горизонтальной опоре находится куб. На нем укреплены два блока. Через блоки переброшены нити. К концам нитей прикреплены три груза с известными массами, как показано на рисунке 2. С какой горизонтальной

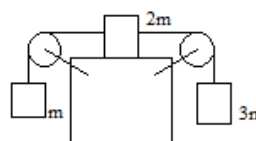
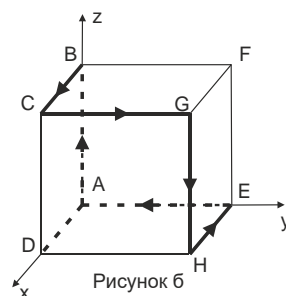
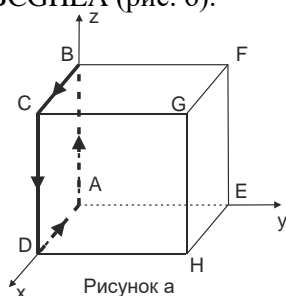


Рисунок 2

силой  $F$  (и в каком направлении: справа налево или слева направо) надо действовать на куб, чтобы куб покоился при движении относительно него вышеуказанных грузов? Блоки и нити считать невесомыми.

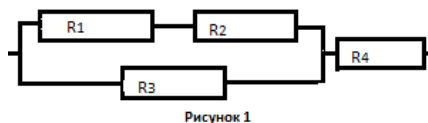
**Задача 5** (5 баллов). Ток  $I$ , текущий по контуру ABCDA, образованному четырьмя ребрами куба (рис. а), создает в центре куба магнитное поле с индукцией  $B_0$ . Найдите величину и направление вектора индукции магнитного поля  $\mathbf{B}$ , создаваемого в центре куба током  $I$ , текущим по контуру из шести ребер ABCGHEA (рис. б).



## 2 Вариант

**Задача 1** (2 балла). Саша бросил камень с башни в горизонтальном направлении со скоростью  $V_0$ , который упал на землю на расстоянии от основания башни в два раза большем, чем ее высота. Найти высоту башни  $H$ .

**Задача 2** (3 балла). На рисунке 1 показана часть разветвленной цепи с известными сопротивлениями  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ . Известна мощность тепловых потерь  $P_4$  на сопротивлении  $R_4$ . Найти



мощность тепловых потерь  $P_3$  на сопротивлении  $R_3$ .

**Задача 3 (3 балла).** В цилиндре под поршнем содержится  $\nu$  молей насыщенного водяного пара при температуре  $T_0$ . При медленном изобарическом охлаждении цилиндра половина пара сконденсировалась, а внутренняя энергия содержимого в цилиндре уменьшилась на  $\Delta U$ . Какое количество теплоты пришлось при этом отвести от содержимого цилиндра, если температура в цилиндре уменьшилась на  $\Delta T$ ? Объемом воды по сравнению с объемом пара пренебречь.

**Задача 4 (4 балла).** На горизонтальной опоре находится куб. На нем укреплены два блока. Через блоки переброшены нити. К концам нитей прикреплены три груза с известными массами, как показано на рисунке 2. С какой горизонтальной силой  $F$  (и в каком направлении: справа налево или слева направо) надо действовать на куб, чтобы куб покоился при движении относительно него вышеуказанных грузов? Блоки и нити считать невесомыми.

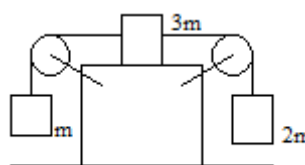
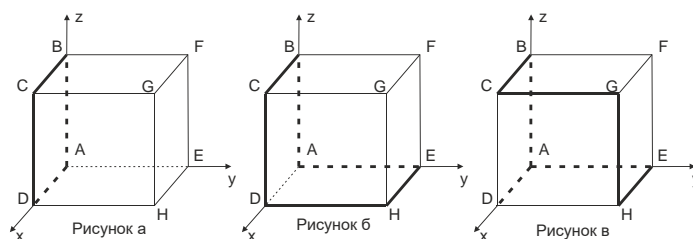


Рисунок 2

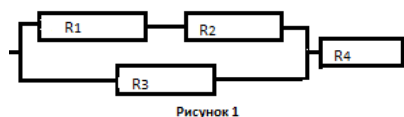
**Задача 5 (5 баллов).** Виток тонкого провода, изогнутого вдоль четырех ребер куба ABCDA (рис. а), обладает индуктивностью  $L_1$ . Виток провода, изогнутого вдоль шести ребер такого же куба ABCDHEA (рис. б), обладает индуктивностью  $L_2$ . Найти индуктивность витка провода, изогнутого вдоль шести ребер такого же куба ABCGHEA (рис. в).



## 3 Вариант

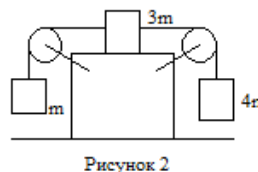
**Задача 1 (2 балла).** Саша бросил камень с отвесного обрыва горизонтально с начальной скоростью  $V_0$ , который упал на землю на расстоянии  $S$  от основания обрыва. Определить высоту  $H$  обрыва.

**Задача 2 (3 балла).** На рисунке 1 показана часть разветвленной цепи с известными сопротивлениями  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ .



Известна мощность тепловых потерь  $P_3$  на сопротивлении  $R_3$ . Найти мощность тепловых потерь  $P_4$  на сопротивлении  $R_4$ .

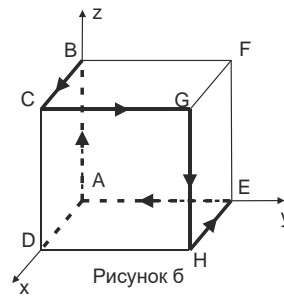
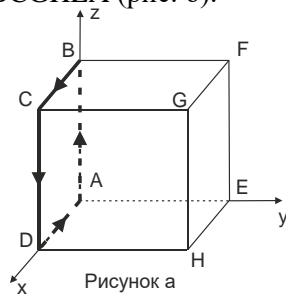
**Задача 3 (3 балла).** Жидкость и ее насыщенный пар находятся в цилиндре под поршнем при некоторой температуре. При медленном изобарическом нагреве температура системы повысилась на  $100^\circ\text{C}$ , а объем увеличился на 54%. На сколько градусов нагрели содержимое цилиндра, если масса пара вначале составляла  $2/3$  от полной массы смеси. Начальным объемом жидкости по сравнению с объемом смеси пренебречь.



**Задача 4 (4 балла).** На горизонтальной опоре находится куб. На нем укреплены два блока. Через блоки переброшены нити. К

концам нитей прикреплены три груза с известными массами, как показано на рисунке 2. С какой горизонтальной силой  $F$  (и в каком направлении: справа налево или слева направо) надо действовать на куб, чтобы куб покоился при движении относительно него вышеуказанных грузов? Блоки и нити считать невесомыми.

**Задача 5 (5 баллов).** Ток  $I$ , текущий по контуру  $ABCD$ , образованному четырьмя ребрами куба (рис. а), создает в центре куба магнитное поле с индукцией  $B_0$ . Найдите величину и направление вектора индукции магнитного поля  $\mathbf{B}$ , создаваемого в центре куба током  $I$ , текущим по контуру из шести ребер  $ABCGHEA$  (рис. б).

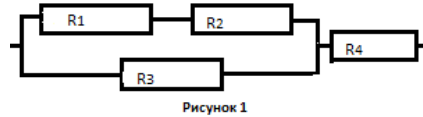


#### 4 Вариант

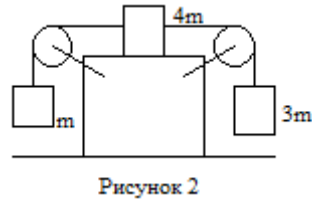
**Задача 1 (2 балла).** Саша бросил камень с башни в горизонтальном направлении со скоростью  $V_0$ , который упал на землю на расстоянии от основания башни, равном ее высоте. Найти расстояние  $L$  от основания башни до места падения тела.

**Задача 2 (3 балла).** На рисунке 1 показана часть разветвленной цепи с известными сопротивлениями  $R_1, R_2, R_3, R_4$ . Известна мощность тепловых потерь  $P_2$  на сопротивлении  $R_2$ . Найти мощность тепловых потерь  $P_{\text{цепи}}$  на всем указанном участке цепи.

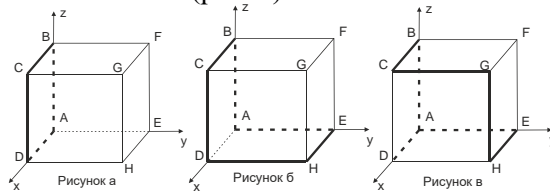
**Задача 3 (3 балла).** В цилиндре под поршнем находится смесь  $\nu$  молей жидкости и  $\nu$  молей ее насыщенного пара при температуре  $T_0$ . К содержимому цилиндра подвели количество теплоты  $Q$ , медленно и изобарически нагревая его, и температура цилиндра увеличилась на  $\Delta T$ . Найти изменение внутренней энергии содержимого цилиндра. Начальным объемом жидкости пренебречь.



**Задача 4 (4 балла).** На горизонтальной опоре находится куб. На нем укреплены два блока. Через блоки переброшены нити. К концам нитей прикреплены три груза с известными массами, как показано на рисунке 2. С какой горизонтальной силой  $F$  (и в каком направлении: справа налево или слева направо) надо действовать на куб, чтобы куб покоился при движении относительно него вышеуказанных грузов? Блоки и нити считать невесомыми.

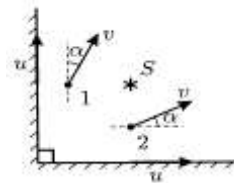


**Задача 5 (5 баллов).** Виток тонкого провода, изогнутого вдоль четырех ребер куба ABCDA (рис. а), обладает индуктивностью  $L_1$ . Виток провода, изогнутого вдоль шести ребер такого же куба ABCDHEA (рис. б), обладает индуктивностью  $L_2$ . Найти индуктивность витка провода, изогнутого вдоль шести ребер такого же куба ABCGHEA (рис. в).

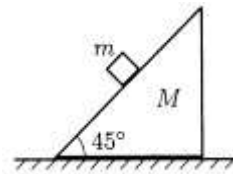


## 1 Вариант

**Задача 1 (5 баллов).** Две материальные точки 1 и 2 и точечный источник света  $S$  совершают равномерное прямолинейное движение по горизонтальной плоскости. Тени от материальных точек 1 и 2 движутся со скоростями  $u$  вдоль вертикальных стенок, которые перпендикулярны друг другу. Скорости материальных точек равны  $v = 2u/\sqrt{3}$  и направлены под углом  $\alpha = 30^\circ$  к соответствующим стенкам (см. рисунок). Чему равна и куда направлена скорость источника  $S$ ?



**Задача 2 (3 балла).** На гладкой горизонтальной плоскости находится клин массой  $M$  с углом  $45^\circ$  при основании. По его наклонной грани может двигаться без трения небольшое тело массой  $m$  (см. рисунок). Чему должна быть равна и куда (вправо или влево) направлена горизонтальная сила, приложенная к клину, чтобы ускорение тела массой  $m$  составляло угол  $45^\circ$  с вертикалью? Клин не опрокидывается, ускорение свободного падения равно  $g$ .



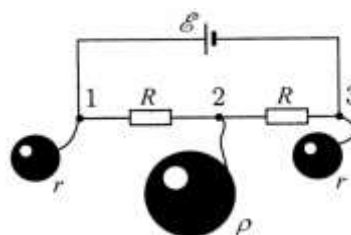
**Задача 3 (2 балла).** Искусственный спутник Земли запущен в плоскости экватора так, что он неподвижен относительно земных наблюдателей. Во сколько раз  $\eta$  радиус орбиты спутника  $R_c$  больше радиуса Земли  $R_3$ ?  $R_3 = 6400$  км.

**Задача 4 (2 балла).** По П-образной рамке, наклоненной под углом  $\alpha$  к горизонту и помещенной в однородное вертикальное



магнитное поле, начинает соскальзывать без трения перемычка массой  $m$ . Длина перемычки  $l$ , ее сопротивление  $r$ , индукция поля  $B$ . Найдите установившуюся скорость движения перемычки. Сопротивлением рамки пренебречь.

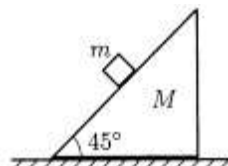
**Задача 5 (3 балла).** К точкам 1, 2, 3 электрической цепи, изображенной на рисунке, длинными тонкими проводниками подсоединили изначально незаряженные металлические шары с радиусами  $r$ ,  $\rho$  и  $r$  соответственно. Найдите заряды, установившиеся на каждом из шаров. Считайте, что расстояние между шарами много больше их размеров, заряд на самой электрической цепи и на соединительных проводниках пренебрежимо мал, внутреннее сопротивление источника тока равно нулю, ЭДС батареи известен и равен  $\xi$ .



## 2 Вариант

**Задача 1 (5 баллов).** Ромб составлен из жестких стержней длиной  $L$ . Стержни скреплены на концах шарнирами. В начальный момент два противоположных шарнира находятся рядом (очень близко) и имеют нулевые скорости. Один из этих шарниров закреплён. Второй начинают двигать с постоянным ускорением  $a$ . Найдите величину ускорения остальных шарниров ромба в тот момент, когда ромб превратится в квадрат, если все стержни двигаются, оставаясь в одной плоскости.

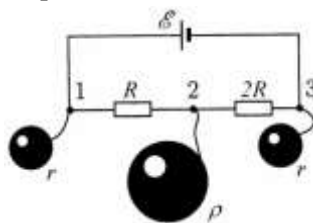
**Задача 2 (3 балла).** На гладкой горизонтальной плоскости находится клин массой  $M$  с углом  $45^\circ$  при основании. По его наклонной грани может двигаться без трения небольшое тело массой  $m$  (см. рисунок). Чему должна быть равна и куда (вправо или влево) направлена горизонтальная сила, приложенная к клину, чтобы ускорение тела массой  $m$  было направлено вертикально? Клин не опрокидывается, ускорение свободного падения равно  $g$ .



**Задача 3 (2 балла).** Искусственный спутник Земли запущен в плоскости экватора так, что он движется по круговой орбите в направлении вращения Земли («обгоняя» Землю). Во сколько раз  $\eta$  радиус орбиты спутника  $R_c$  больше радиуса Земли  $R_3$ , если спутник периодически проходит над заданной точкой Земли ровно через  $n=2$  суток?  $R_3=6400$  км.

**Задача 4 (2 балла).** По П-образной рамке, наклоненной под углом  $\alpha$  к горизонту и помещенной в однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости рамки, начинает соскальзывать без трения перемычка массой  $m$ . Длина перемычки  $l$ , ее сопротивление  $r$ , индукция поля  $B$ . Найдите установившуюся скорость движения перемычки. Сопротивлением рамки пренебречь.

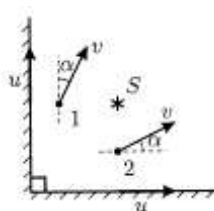
**Задача 5 (3 балла).** К точкам 1, 2, 3 электрической цепи, изображенной на рисунке, длинными тонкими проводниками подсоединили изначально незаряженные металлические шары с радиусами  $r$ ,  $\rho$  и  $r$  соответственно. Заряд, установившийся на шаре, подключенном к точке 1 равен  $q$ . Считайте, что расстояние между шарами много больше их размеров, заряд на самой электрической



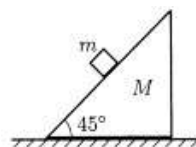
цепи и на соединительных проводниках пренебрежимо мал, а внутреннее сопротивление источника тока равно нулю. Найдите величину ЭДС батареи  $\xi$ .

### 3 Вариант

**Задача 1 (5 баллов).** Две материальные точки 1 и 2 и точечный источник света  $S$  совершают равномерное прямолинейное движение по горизонтальной плоскости. Тени от материальных точек 1 и 2 движутся со скоростями  $u$  вдоль вертикальных стенок, которые перпендикулярны друг другу. Скорости материальных точек равны  $v = 2u/\sqrt{3}$  и направлены под углом  $\alpha = 30^\circ$  к соответствующим стенкам (см. рисунок). Чему равна и куда направлена скорость источника  $S$ ?



**Задача 2 (3 балла).** На гладкой горизонтальной плоскости находится клин массой  $M$  с углом  $45^\circ$  при основании. По его наклонной грани может двигаться без трения небольшое тело массой  $m$  (см. рисунок). Чему должна быть равна и куда (вправо или влево) направлена горизонтальная сила, приложение к клину, чтобы ускорение тела массой  $m$  составляло угол  $45^\circ$  с горизонтальной плоскостью? Клин не опрокидывается, ускорение свободного падения равно  $g$ .

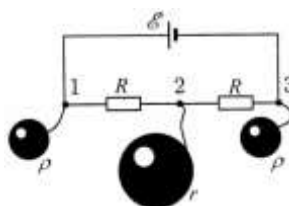


**Задача 3 (2 балла).** При какой продолжительности  $T$  суток на Земле тела на экваторе были бы невесомы? Радиус земли  $R_3 = 6400$  км.

**Задача 4 (2 балла).** По П-образной рамке, наклоненной под углом  $\alpha$  к горизонту и помещенной в однородное вертикальное магнитное поле, начинает соскальзывать перемычка массой  $m$ .

Длина перемычки  $l$ , ее сопротивление  $r$ , индукция поля  $B$ , коэффициент трения между перемычкой и рамкой  $\mu$ . Найдите установившуюся скорость движения перемычки. Сопротивлением рамки пренебречь.

**Задача 5 (3 балла).** К точкам 1, 2, 3 электрической цепи, изображенной на рисунке, длинными тонкими проводниками подсоединили изначально незаряженные металлические шары с радиусами  $\rho$ ,  $r$  и  $\rho$  соответственно. Заряд,

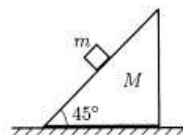


установившийся на шаре, подключенном к точке 1 равен  $q$ . Считайте, что расстояние между шарами много больше их размеров, заряд на самой электрической цепи и на соединительных проводниках пренебрежимо мал, а внутреннее сопротивление источника тока равно нулю. Найдите величину ЭДС батареи  $\xi$ .

#### 4 Вариант

**Задача 1 (5 баллов).** Ромб составлен из жестких стержней длиной  $L$ . Стержни скреплены на концах шарнирами. В начальный момент два противоположных шарнира находятся рядом (очень близко) и имеют нулевые скорости. Один из этих шарниров закреплён. Вторым 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.

**Задача 2 (3 балла).** На гладкой горизонтальной плоскости находится клин массой  $M$  с углом  $45^\circ$  при основании. По его наклонной грани может двигаться без трения небольшое тело массой  $m$  (см. рисунок). Чему должна быть равна и куда

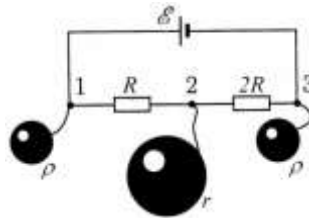


(вправо или влево) направлена горизонтальная сила, приложение к клину, чтобы ускорение тела массой  $m$  было направлено горизонтально? Клин не опрокидывается, ускорение свободного падения равно  $g$ .

**Задача 3 (2 балла).** Искусственный спутник Земли запущен в плоскости экватора так, что он движется по круговой орбите в направлении вращения земли («отставая» от Земли). Во сколько раз  $\eta$  радиус орбиты спутника  $R_c$  больше радиуса Земли  $R_z$ , если спутник периодически проходит над заданной точкой Земли ровно через  $n=2$  суток?  $R_z=6400$  км.

**Задача 4 (2 балла).** По П-образной рамке, наклоненной под углом  $\alpha$  к горизонту и помещенной в однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости рамки, начинает соскальзывать перемычка массой  $m$ . Длина перемычки  $l$ , ее сопротивление  $r$ , индукция поля  $B$ , коэффициент трения между перемычкой и рамкой  $\mu$ . Найдите установившуюся скорость движения перемычки. Сопротивлением рамки пренебречь.

**Задача 5 (3 балла).** К точкам 1, 2, 3 электрической цепи, изображенной на рисунке, длинными тонкими проводниками подсоединили изначально незаряженные металлические шары с радиусами  $\rho$ ,  $r$  и  $\rho$  соответственно. Найдите заряды, установившиеся на каждом из шаров. Считайте, что расстояние между шарами много больше их размеров, заряд на самой электрической цепи и на соединительных проводниках пренебрежимо мал, внутреннее сопротивление источника тока равно нулю, ЭДС батареи известен и равен  $\xi$ .



**ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ ОЛИМПИАДЫ****Ответы 2013***1 Вариант*

- 1)  $t = \frac{3\pi R}{4(V_M - V_K)} = 4,2$  сек.
- 2)  $a_1 = g\sqrt{\frac{2}{5}}$ ,  $\alpha = \text{arctg}3$ .
- 3)  $V_3 = \frac{V}{\sqrt{2}}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right)$ .
- 4)  $q = \frac{Q(d_1 - d_2)}{2(d_1 + d_2)}$ .
- 5)  $Q = \frac{2\xi RC}{2R + r} = 8 \cdot 10^{-6}$  Кл.
- 6)  $AB = \frac{k+1}{k-1}L = 500$  м.

*2 Вариант*

- 1)  $t = \sqrt{\frac{2R}{a_\tau}} = 2\sqrt{2} \approx 2,8$  сек.
- 2)  $a = \frac{2mg}{M + (5 + 2\mu)m}$ .
- 3)  $V_2 = \frac{V}{\sqrt{2}}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}}\right)$ .
- 4) заряд, перетёкший на левую пластину  $q = \frac{Q(d_1 - d_2) - 2S\varepsilon_0\Delta\varphi}{2(d_1 + d_2)}$ .
- 5)  $R_{AB} = \frac{11}{7}R$ .
- 6)  $u = V\frac{H}{h+H}$ .

*3 Вариант*

- 1)  $t = \frac{5\pi}{6(\omega_K - \omega_M)} = 52$  сек.
- 2)  $T = \frac{2}{5}mg$ .
- 3)  $V = \frac{\sqrt{6}V_3}{(\sqrt{3}+1)}$ .

- 4) заряд, перетёкший на левую пластину  $q = \frac{Q_1(d_1-d_2)-Q_2(d_1+d_2)}{2(d_1+d_2)}$ .
- 5)  $Q = \frac{2\xi RC}{2R+r} = 29 \cdot 10^{-6}$  Кл
- 6)  $k_2 = \frac{S+L(k_1+1)}{Sk_1-L(k_1+1)} = \frac{11}{4}$ .

## 4 Вариант

- 1)  $a_n = \frac{4S^2 t_2^2}{Rt_1^4} = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
- 2)  $T = \frac{m+M}{M+(5+2\mu)m} mg$
- 3)  $V = \frac{\sqrt{6}V_2}{(\sqrt{3}-1)}$
- 4) заряд, перетёкший на левую пластину  $q = \frac{Q(d_1-d_2)-2S\varepsilon_0\Delta\varphi}{2(d_1+d_2)}$
- 5)  $R_{123456} = \frac{1}{2}$  Ом
- 6)  $H = h \frac{u}{v-u}$

## Ответы 2014

## I Вариант

- 1)  $V_C = \sqrt{(V_B^2 - V_A^2) \left(\frac{BC}{AC}\right)^2 + V_B^2}$ .
- 2)  $\frac{M}{m} \geq \frac{2\mu(1+\sin\alpha)}{\cos\alpha - \mu(1+\sin\alpha)} = 55$ , но только при  $\mu_0 \geq \frac{\cos\alpha}{(1+\sin\alpha)} = 0,41$ .
- 3)  $\tau = \frac{3V}{S} \sqrt{\frac{\mu}{3RT}} \approx 10^4$  ч.
- 4)  $r_{\min} = \frac{klq^2}{kq^2 + mV_0^2 \sin^2\alpha} = 3,4 \cdot 10^6$  м
- 5)  $r = \frac{R}{\sqrt{3}}$
- 6) Необходимо смочить порошок, например, водой. Поверхность сухого порошка кажется белой потому, что она

рассеивает падающий на порошок белый свет во все стороны. Если порошок смочить водой, то поверхность воды будет рассеивать свет только в определенных направлениях, а зерна порошка будут избирательно рассеивать белый свет, придавая рассеянному свету тона самого стекла. При этом насыщенность рассеянного света будет усилена за счет рассеяния его более глубокими слоями порошка

7) Там, где шип опирается на землю, возникает большое давление, под воздействием которого снег (лед) тает, и шип глубоко вгрызается в поверхность. При сильных морозах этого не происходит и сцепление с дорогой падает. Шины с мягкой не твердеющей на морозе резиной плотно прилегают к снежной дороге, обеспечивая достаточно высокое трение.

## 2 Вариант

$$1) \omega = \frac{v_1 - v_2}{2R}, \quad V_0 = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$2) F_{min} = \frac{\mu mg}{r/R + \mu \sqrt{1 - (r/R)^2}} \approx 13,4 \text{ Н}$$

$$3) N = \frac{pS\Delta t N_A}{6} \sqrt{\frac{3}{R(t+273)\mu}} \approx 2 \cdot 10^{27}$$

$$4) S = \frac{kq^2}{2\mu mgl} - \frac{l}{2} = 33,5 \text{ см}$$

$$5) r = R(1 + \sqrt{3})$$

6) Желтоватый оттенок Луны после захода Солнца обусловлен отражением солнечного света от ее поверхности. В дневное время к этому отраженному свету добавляется голубой свет неба, обусловленный рассеянием солнечного света в атмосферной оболочке Земли. Смешение этих цветов и воспринимается глазом как чистый белый цвет.

7) Скорость звука в твердом теле (в грунте) больше, чем в воздухе. Однако это обстоятельство не существенно, так как



скорость конницы значительно меньше скорости звука. Дело в том, что звук, распространяясь в земле, меньше рассеивается и меньше поглощается, чем в воздухе.

### 3 Вариант

$$1) V_C = \sqrt{(V_B^2 - V_A^2) \left(\frac{BC}{AC}\right)^2 + V_B^2}$$

$$2) \frac{M}{m} = \frac{2(\sin\alpha + \mu_1 \cos\alpha)}{\frac{\mu_1 - \sin\alpha - \mu_1 \cos\alpha + \frac{\mu_1(1 + \sin\alpha) - \cos\alpha}{\operatorname{tg}\alpha}}{\mu_2}}$$

$$3) \frac{\Delta H}{\Delta t} \cong \frac{p}{\rho} \sqrt{\frac{\mu}{2N_A \cdot \langle E \rangle}} \approx 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$4) V = \sqrt{\frac{2kq_3}{m} \left( \frac{q_1}{|BC|} + \frac{q_2}{|AC|} \right)} = 153 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$5) r = \frac{R(\sqrt{3}-1)}{2}$$

6) На фоне леса костер наблюдается в отраженном солнечном свете. Так как синий свет рассеивается дымкой сильнее всего, то в цвете дыма на фоне дальнего (темного) леса преобладают серо-голубые тона. Когда костер наблюдают на фоне неба, то глаз улавливает проходящий сквозь дым солнечный свет. Поскольку падающий на дым свет преимущественно голубой, то полное отражение его дымом воспринимается глазом как черный цвет. На фоне Солнца дым наблюдается в проходящем солнечном свете, т.е. свете преимущественно белого цвета. Опять же вследствие сильного отражения синего цвета, в проходящем через дым свете преобладают тона, относящиеся к другому участку спектра дневного света, т.е. к желто-красному.

7) Под ногами давление распределено неравномерно. В местах высокого давления кристаллы льда (снежинки) тают даже при отрицательных температурах, образуя водяную «смазку» для остальных снежинок, которые уплотняются без сильного звука. При морозах таяния не происходит и кристаллы под давлением раскалываются, создавая характерный звук.

## 4 Вариант

$$1) \omega = \frac{V_1 + V_2}{2R}, V_0 = \frac{V_1 - V_2}{2}$$

$$2) \alpha_{\text{кр}} = \min \left\{ \arctg \mu, \arcsin \frac{2(n-1)}{3(n+15)} \right\} \approx \min \{17^\circ, 15^\circ\} = 15^\circ,$$

При  $\alpha > \alpha_{\text{кр}}$  цилиндр будет скатываться с дощечки.

$$3) \frac{n_1}{n_2} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$$

$$4) A = W_{\text{к}} - W_{\text{н}} = \frac{k(q_1 - q_2)Q(r_1 - r_2)}{r_1 r_2} = 90 \text{ Дж}$$

$$5) r = \frac{R(\sqrt{3} + 1)}{2}$$

6) Показатель преломления воздуха зависит от температуры. Из-за неоднородного распределения температуры в пламени костра, лучи света, отразившиеся от разных точек предметов, искривляются по-разному, что приводит к смещению изображений различных точек предметов на сетчатке глаза. Аналогичный эффект можно наблюдать, если в жаркий день смотреть на воздух над разогретым асфальтом.

7) При одинаковых температуре и давлении сухой воздух тяжелее, так как концентрация молекул зависит только от температуры и давления, а не от вида газа (в приближении идеального газа). В сыром воздухе часть молекул азота и кислорода замещена молекулами воды, которые легче, чем молекулы азота или кислорода.

## Ответы 2015

## Вариант 1.

$$1) V_0 = S \sqrt{\frac{g}{2H}}.$$

$$2) P_4 = P_1 \frac{R_4}{R_1} \left( \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3} \right)^2.$$

$$3) P_1 = 0,71 P_2 (T_1/T_2) = 0,69 \text{ атм.}$$

$$4) F = \frac{2mg}{3}.$$

5)  $V = V_0\sqrt{3}$ , Вектор  $\mathbf{V}$  направлен вдоль отрезка OF в сторону точки F (точка O - центр куба).

*Вариант 2.*

$$1) H = \frac{v_0^2}{2g}.$$

$$2) P_3 = P_4 \frac{R_3}{R_4} \left( \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \right)^2.$$

$$3) Q = \Delta U + \nu R (T_0 + \Delta T)/2.$$

$$4) F = \frac{mg}{2}.$$

$$5) L_3 = 3(L_2 - L_1).$$

*Вариант 3.*

$$1) H = \frac{gS^2}{2V_0^2}.$$

$$2) P_4 = P_3 \frac{R_4}{R_3} \left( \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1 + R_2} \right)^2.$$

$$3) \Delta T = 10^\circ \text{C}.$$

$$4) F = \frac{9mg}{8}.$$

5)  $V = V_0\sqrt{3}$ , Вектор  $\mathbf{V}$  направлен вдоль отрезка OF в сторону точки F (точка O - центр куба).

*Вариант 4.*

$$1) L = \frac{2V_0^2}{g}.$$

$$2) P_{\text{цепи}} = P_2 \frac{1}{R_2} \left( \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3} \right)^2 \left( \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3} + R_4 \right).$$

$$3) \Delta U = Q - \nu RT_0 - 2\nu R \Delta T.$$

$$4) F = mg.$$

$$5) L_3 = 3(L_2 - L_1).$$

### Ответы 2016

Вариант 1.

- 1)  $v = \frac{2u}{\sqrt{3}}$ .
- 2)  $F = mg/2$ , направлена влево.
- 3)  $\eta = \frac{R_c}{R_3} = \sqrt[3]{\frac{T^2 g}{4\pi^2 R_3}} = 6,7$ .
- 4)  $v = \frac{mgr \sin \alpha}{B^2 l^2 \cos^2 \alpha}$ .
- 5)  $Q_2 = 0$ ;  $Q_1 = -Q_3 = 2\pi \varepsilon_0 r \varepsilon$ .

Вариант 2.

- 1)  $w = a \sqrt{\frac{13}{2}}$
- 2)  $F = MA \geq Mg$ , направлена вправо
- 3)  $\eta = \frac{R_c}{R_3} = \sqrt[3]{\frac{T^2 g n^2}{4\pi^2 R_3 (n+1)^2}} = 5$ .
- 4)  $v = \frac{mgr \sin \alpha}{B^2 l^2}$
- 5)  $\xi = \frac{3q\rho}{4\pi \varepsilon_0 r(\rho + 3r)}$ .

Вариант 3.

- 1)  $v = \frac{2u}{\sqrt{3}}$ .
- 2)  $F = mg/2$ , направлена влево
- 3)  $T = 2\pi \sqrt{\frac{R_3}{g}} = 84$  мин
- 4)  $v = \frac{mgr(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{B^2 l^2 \cos \alpha (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)}$
- 5)  $\xi = \frac{q}{2\pi \varepsilon_0 \rho}$

Вариант 4.

$$1) w = a \sqrt{\frac{13}{2}}.$$

$$2) F = (m+M)g, \text{ направлена влево}$$

$$3) \eta = \frac{R_c}{R_3} = \sqrt[3]{\frac{T^2 g n^2}{4\pi^2 R_3 (n-1)^2}} = 10,5$$

$$4) v = \frac{mgr(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}{B^2 l^2}$$

$$5) Q_1 = \frac{4\pi\varepsilon_0 \rho \xi (r+3\rho)}{3r}; Q_2 = \frac{4\pi\varepsilon_0 \xi \rho (3\rho-2r)}{3r}; Q_3 = 4\pi\varepsilon_0 \xi \rho.$$

## РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОЛИМПИАДЫ

2013

Вариант 1

**Задача 1.** Запишем зависимость пути, пройденного кошкой и мышкой от времени, учтем, что мышка опережала кошку.

$$S_k = V_k t,$$

$$S_m = \frac{1}{8} 2\pi R + V_m t.$$

Условие, что расстояние между кошкой и мышкой равно половине окружности:

$$S_m - S_k = \frac{1}{2} 2\pi R.$$

Подставим выражения для  $S_k$  и  $S_m$  в последнее соотношение:

$$\pi R = \frac{\pi R}{4} + V_m t - V_k t.$$

Выразим отсюда  $t$  и получим:

$$t = \frac{3\pi R}{4(V_m - V_k)} = 4,2 \text{ сек.}$$

**Задача 2.** Введем неподвижную систему координат. Обозначим силу натяжения нити через  $T$  (она постоянна вдоль всей длины нити, так как нить и блоки невесомы и трения нет), а силу нормального давления груза 3 на груз 1 через  $N$ .

Центр масс системы грузов остается на месте. Поэтому при движении системы груз 2 смещается влево, а груз 3 вместе с грузом 2 – вправо, причем груз 1 смещается еще и вниз. Отсюда следует, что смещения грузов 1 и 3 по горизонтали одинаковы:  $\Delta x_1 = \Delta x_3$ . Из нерастяжимости нити следует, что смещение груза 1 по вертикали равно по величине и противоположно по знаку смещению груза 2 относительно груза 3 в горизонтальном направлении:  $\Delta y_1 = -\Delta x_{2\text{отн}}$ . В свою очередь,  $\Delta x_{2\text{отн}} = \Delta x_2 - \Delta x_3 = \Delta x_2 - \Delta x_1$ . Отсюда следуют уравнения кинематических связей:  $a_{1x} = a_{3x}$ ,  $a_{1y} = a_{1x} - a_{2x}$ .

Уравнения движения тел системы в проекциях на оси координат имеют вид:

$$ma_{1x} = N, \quad ma_{1y} = mg - T, \quad ma_{2x} = -T, \quad ma_{3x} = T - N.$$

Решая полученную систему уравнений, находим проекции ускорения первого груза:  $a_{1x} = \frac{g}{5}$ ,  $a_{1y} = 3\frac{g}{5}$ . Следовательно, величина ускорения груза 1 равна

$$a_1 = \sqrt{a_{1x}^2 + a_{1y}^2} = g\sqrt{\frac{2}{5}},$$

и оно направлено вниз под таким углом  $\alpha$  к горизонту, что

$$\alpha = \arctg \frac{a_{1y}}{a_{1x}} = \arctg 3.$$

**Задача 3.** Запишем закон сохранения энергии для случая, когда тележка отталкивается от стены:

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mV^2}{2}.$$

Законы сохранения импульса и энергии для системы трех тележек, когда отпустили первую пружину:

$$0 = -mV_1 + 2mV'_2,$$

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{2mV'^2_2}{2};$$

здесь  $V_1$  - скорость первой тележки, а  $V'_2$  - скорость второй и третьей тележек после того, как отпустили первую пружину.

Законы сохранения импульса и энергии для системы второй и третьей тележек, когда отпустили вторую пружину:

$$2mV'_2 = -mV_2 + mV_3,$$

$$\frac{kx^2}{2} + \frac{2mV'^2_2}{2} = \frac{mV_2^2}{2} + \frac{mV_3^2}{2};$$

здесь  $V_2$  - скорость второй тележки, а  $V_3$  - скорость третьей тележки после того, как отпустили вторую пружину.

В результате алгебраических преобразований получаем:

$$V_1 = \sqrt{\frac{2}{3}}V,$$

$$V_2 = \frac{V}{\sqrt{2}}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}}\right),$$

$$V_3 = \frac{V}{\sqrt{2}}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right).$$

**Задача 4.** После соединения проводником, произойдёт поляризация зарядов крайних пластин, и их потенциалы станут равными. Используем это обстоятельство для нахождения их зарядов. Это можно сделать следующим образом. Поскольку потенциалы крайних пластин равны, то работа, которую совершит электрическое поле над пробным зарядом при его перенесении с одной крайней пластины на другую (например, с левой на правую), должна быть равна нулю. Эта работа связана с напряжённостью электрического поля в области между пластинами, которая в свою очередь определяется зарядами всех пластин. Находя эту работу и приравнявая её к нулю, можно найти заряды крайних пластин после соединения и, следовательно заряд протекший по проводнику.

Пусть заряд левой пластины после соединения будет  $q$ , заряд правой -  $-q$  (знак заряда нам заранее неизвестен). Согласно принципу суперпозиции напряжённость электрического поля и в области между левой и центральной пластинами, и в области между центральной и правой есть векторная сумма напряжённостей полей, созданных зарядами  $q$ ,  $Q$  и  $-q$ . Поэтому имеем для проекции вектора суммарного поля на ось  $x$  в области между левой и центральной пластинами (обозначим эту величину  $E_{1x}$ ) и в области между центральной и правой пластинами ( $E_{2x}$ ).

$$E_{1x} = \frac{q}{2S\epsilon_0} - \frac{Q}{2S\epsilon_0} - \frac{-q}{2S\epsilon_0} = \frac{2q - Q}{2S\epsilon_0};$$



$$E_{2x} = \frac{q}{2S\varepsilon_0} + \frac{Q}{2S\varepsilon_0} - \frac{-q}{2S\varepsilon_0} = \frac{2q + Q}{2S\varepsilon_0};$$

Если перенести пробный заряд  $\Delta q$  с левой пластины на правую, то электрическое поле совершит над этим зарядом работу:

$$A = \Delta q(\varphi_{\text{л}} - \varphi_{\text{п}}) = \Delta q E_{1x} d_1 + \Delta q E_{2x} d_2,$$

где  $\varphi_{\text{л}}$  и  $\varphi_{\text{п}}$  - потенциалы левой и правой пластин. Подставляя в выражение для работы напряжённости полей  $E_{1x}$  и  $E_{2x}$  и приравнявая её к нулю (потенциалы пластин после соединения одинаковы), получим:

$$\frac{(2q - Q)d_1}{2S\varepsilon_0} + \frac{(2q + Q)d_2}{2S\varepsilon_0} = 0.$$

Решая данное уравнение, найдём заряд левой пластины после соединения её с правой:

$$q = \frac{Q(d_1 - d_2)}{2(d_1 + d_2)}.$$

Из данного соотношения следует, что если  $d_1 > d_2$ , то знак заряда левой пластины совпадает со знаком заряда  $Q$ , если  $d_1 < d_2$  – противоположен, если  $d_1 = d_2$ , крайние пластины не заряжены (последний результат можно было ожидать заранее: в симметричной ситуации отсутствует выделенное направление, в котором могли бы перемещаться заряды). Поскольку первоначально пластины не были заряжены, то при их соединении проводником по нему от левой пластины к правой пройдёт заряд  $-q$ .

**Задача 5.** Поскольку через ветвь, содержащую конденсатор постоянный электрический ток не течет, сопротивление всей замкнутой электрической цепи равно  $2R + r$ . По закону Ома для замкнутой электрической цепи находим ток в цепи:

$$I = \frac{\xi}{2R + r},$$

а по закону Ома для однородного участка цепи - разность потенциалов между точками разветвления цепи:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = IR = \frac{\xi R}{2R + r}.$$

Так как ток через нижнее сопротивление  $R$  не течет, то разность потенциалов на нижнем сопротивлении  $R$  равна нулю, и, следовательно, разность потенциалов на конденсаторе такая же, как и между точками разветвления цепи. Поэтому заряд конденсатора:

$$Q = (\varphi_1 - \varphi_2)C = \frac{\xi RC}{2R + r} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Кл.}$$

**Задача 6.** Для решения задачи сделаем чертёж (см. рисунок). Обозначим на нем буквами  $A$  и  $B$  начальную и конечную автобусные остановки, буквой  $C$  - точку, откуда остановочный павильон  $B$  казался в  $k = 1.5$  раза ниже павильона  $A$ , буквой  $D$  - точку, откуда остановочный павильон  $A$  казался пешеходу в  $k = 1.5$  раза ниже павильона  $B$ . Поскольку видимый размер павильона обратно пропорционален расстоянию до него, то справедливы следующие пропорции:

$$\frac{AC}{CD + DB} = \frac{1}{k}, \quad \frac{DB}{AC + CD} = \frac{1}{k}.$$

Из них получаем:

$$\frac{AC}{AC + CD + DB} = \frac{1}{k + 1} = \frac{AC}{AB}, \quad \frac{DB}{AC + CD + DB} = \frac{1}{k + 1} = \frac{DB}{AB}.$$

С другой стороны,  $CD = AB - AC - DB$ , откуда

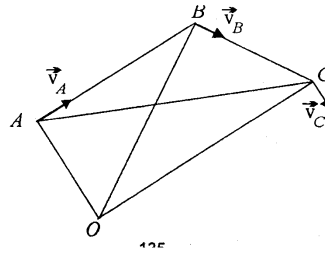
$$\frac{CD}{AB} = 1 - \frac{AC}{AB} - \frac{DB}{AB} = 1 - \frac{1}{k + 1} - \frac{1}{k + 1} = \frac{k - 1}{k + 1}.$$

Отсюда, учитывая, что  $CD = L$ , получаем:

$$AB = \frac{k + 1}{k - 1} L = 500 \text{ м.}$$

## Вариант 1

**Задача 1.** Проведем  $OA \perp AB$  и  $OB \perp BC$ . Построением находим неподвижную точку  $O$ , относительно которой треугольник  $\Delta ABC$  совершает в данный момент вращательное движение (через точку  $O$  перпендикулярно плоскости чертежа проходит «мгновенная ось вращения»), т.е. можем исключить из рассмотрения поступательную составляющую движения  $\Delta ABC$ . Отсюда следует направление векторов  $\vec{V}_A, \vec{V}_B, \vec{V}_C$ , указанное на рисунке.



$$\begin{cases} OB^2 = OA^2 + AB^2; \\ OC^2 = OB^2 + BC^2 \\ V_A^2 = \omega^2 \cdot OA^2; \\ V_B^2 = \omega^2 \cdot OB^2; \\ V_C^2 = \omega^2 \cdot OC^2, \\ \frac{V_B^2}{\omega^2} = \frac{V_A^2}{\omega^2} + AB^2; \\ \frac{V_C^2}{\omega^2} = \frac{V_B^2}{\omega^2} + BC^2, \end{cases}$$

$$V_C = \sqrt{(V_B^2 - V_A^2) \left(\frac{BC}{AC}\right)^2 + V_B^2}.$$

**Задача 2.** Вследствие симметрии системы относительно вертикальной плоскости, проходящей через вершину призмы параллельно оси цилиндра, нет смысла рассматривать всю систему в

целом. Достаточно ограничиться одним цилиндром и той половиной призмы, с которой он взаимодействует.

На рисунке  $\vec{f}_{\text{тр}}$  и  $\vec{N}_1$  – силы трения и нормального давления, действующие на цилиндр со стороны клина, соответственно. Аналогичные силы, действующие со стороны цилиндра на клин, обозначены, как  $\vec{f}'_{\text{тр}}$  и  $\vec{N}'_1$ . По третьему закону Ньютона:

$$\vec{f}_{\text{тр}} = -\vec{f}'_{\text{тр}}, \quad \vec{N}_1 = -\vec{N}'_1,$$

$\vec{F}_{\text{тр}}$  и  $\vec{N}_2$  – силы, действующие со стороны поверхности на цилиндр.

Систему координат выберем так, как показано на рисунке.

Условие раскатывания цилиндров означает, что момент сил, вращающих цилиндр против часовой стрелки, должен быть больше или равен моменту сил, вращающих его по часовой стрелке, т.е.

$$f_{\text{тр}} \geq F_{\text{тр}}.$$

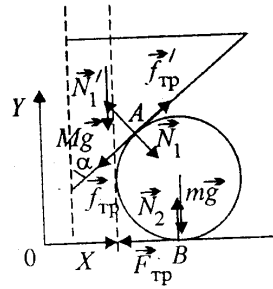
При выводе этого условия принято во внимание, что плечи каждой из сил  $\vec{f}_{\text{тр}}$

и  $\vec{F}_{\text{тр}}$  одинаковы и равны радиусу цилиндра. Моменты других, действующих на цилиндр сил, равны нулю, так как их направление проходит через ось цилиндра.

Условие отсутствия проскальзывания между призмой и цилиндром означает, что

$$\text{для цилиндра: } \vec{N}_1 + m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{f}_{\text{тр}} = 0,$$

$$\text{для клина: } \frac{M\vec{g}}{2} + \vec{N}'_1 + \vec{f}'_{\text{тр}} = 0.$$



Проецируя эти уравнения на выбранные оси и, принимая во внимание, что

$$|\vec{f}_{\text{тр}}| = |\vec{f}'_{\text{тр}}| = f$$

и

$$|\vec{N}_1| = |\vec{N}'_1| = N_1,$$

получим систему уравнений:

$$\begin{cases} N_1 \cos \alpha - f \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0; \\ -N_1 \sin \alpha - mg + N_2 - f \cos \alpha = 0; \\ -\frac{Mg}{2} + N_1 \sin \alpha + f \cos \alpha = 0. \end{cases}$$

Сложив второе и третье уравнение системы, найдем

$$N_2 = \left(m + \frac{M}{2}\right)g.$$

При раскатывании призмы и цилиндров  $F_{\text{тр}} = \mu N_2$ . Используя эту связь, исключим из первого и второго уравнений системы  $N_2$ :

$$N_1 (\cos \alpha - \mu \sin \alpha) - f (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) - \mu mg = 0.$$

Домножив это уравнение на  $\sin \alpha$ , а третье уравнение системы на  $(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)$  и вычитая из одного из этих уравнений другое, получим

$$f = \frac{Mg}{2} (\cos \alpha - \mu \sin \alpha) - \mu mg \sin \alpha.$$

Воспользуемся условием раскатывания:

$$g \left[ \frac{M}{2} (\cos \alpha - \mu \sin \alpha) \right] - \mu g \sin \alpha \geq \mu g \left( m + \frac{M}{2} \right).$$

Отсюда

$$\frac{M}{m} \geq \frac{2\mu(1 + \sin \alpha)}{\cos \alpha - \mu(1 + \sin \alpha)} = 55.$$

Подстановка численных значений дает  $\frac{M}{m} \geq 55$ . Данная ситуация может осуществиться лишь в том случае, если призма в месте ее соприкосновения с цилиндром не проскальзывает по цилиндру,

т.е. если силой, вращающей цилиндр вокруг его оси, является сила трения покоя. Это условие можно записать, как

$$f_{\text{тр}} \leq \mu_0 N_1,$$

где  $\mu_0$  - коэффициент трения скольжения между призмой и цилиндром. С другой стороны, как отмечалось,

$$f \geq \mu N_2.$$

Следовательно, эта ситуация осуществляется, если  $\mu_0 \geq \mu \frac{N_2}{N_1}$ .

Отношение  $\frac{N_2}{N_1}$  можно определить из первого уравнения приведенной системы, если положить в нем  $f_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} = \mu N_2$ . Тогда  $\frac{N_2}{N_1} = \frac{\cos \alpha}{\mu(1+\sin \alpha)}$  и  $\mu_0 \geq \frac{\cos \alpha}{(1+\sin \alpha)}$ .

**Задача 3.** При заданных условиях ( $p = 10^5$  Па) воздух можно считать идеальным газом, поэтому молекулы воздуха, удаленные от отверстия на расстояние не большее чем  $\langle V \rangle \Delta t$  ( $\langle V \rangle$  - средняя скорость молекул, под которой будем иметь ввиду близкую к ней среднеквадратическую скорость,  $\Delta t = \frac{1}{\nu}$ ,  $\nu$  - частота столкновений молекул), будут вылетать в отверстие, и столкновениями друг с другом можно пренебречь при этом за время  $\Delta t$  из отверстия вылетят в среднем

$$\Delta N = \frac{nS\langle V \rangle \Delta t}{6}$$

молекул воздуха, т.е. те молекулы, которые находятся в объеме  $S\langle V \rangle \Delta t$  и движутся в направлении отверстия,  $n$  - концентрация молекул. Это - 1/6 часть (примерно) всех молекул, заключенных в объеме  $S\langle V \rangle \Delta t$ .

Концентрацию молекул можно выразить через давление  $p$  и температуру  $T$  из уравнения состояния идеального газа  $p = nkT$ , а скорость можно найти из соотношения, связывающего среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекулы  $\langle E \rangle$  и абсолютную температуру

$$\langle E \rangle = \frac{3}{2} kT = m_0 \frac{\langle V^2 \rangle}{2}$$

$m_0$  – масса молекулы.

Тогда

$$\Delta N = \frac{pS\Delta t}{6kT} \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \frac{pS\Delta t N_A}{6} \sqrt{\frac{3}{RT\mu}} \approx 2 \cdot 10^{27}.$$

Здесь  $N_A = 6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$ .

В единицу времени в отверстие площадью  $S$  будет вылетать

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{pS}{6} N_A \sqrt{\frac{3}{RT\mu}} \text{ молекул.}$$

Полное число молекул воздуха в корабле  $N$  найдем из уравнения Клайперона- Менделеева:

$$N = n \cdot V = \frac{pV}{kT}.$$

Полагая, что скорость утечки воздуха неизменна, а давление воздуха в корабле, необходимое для жизнеобеспечения космонавтов, не меньше половины атмосферного, время утечки и, следовательно, время, которое есть у космонавтов в запасе, можно найти как

$$\tau = \frac{N}{\Delta N/\Delta t} = \frac{3V}{S} \sqrt{\frac{\mu}{3RT}} \approx 10^4 \text{ ч.}$$

**Задача 4.** При движении электронов за счет кулоновского отталкивания будут уменьшаться составляющие их скоростей, направленные вдоль прямой, соединяющей электроны. При максимальном сближении электронов эти составляющие станут равными нулю. Составляющие скоростей электронов, перпендикулярные этой прямой, меняться в процессе движения не будут. Для вычисления минимального расстояния между электронами воспользуемся законом сохранения энергии для системы двух электронов:

48

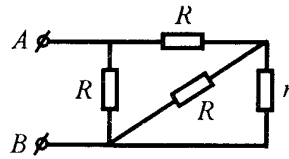
$$\frac{kq^2}{l} + 2 \frac{mV_0^2}{2} = \frac{kq^2}{r_{min}} + 2 \frac{mV_0^2 \sin^2 \alpha}{2}.$$

Отсюда  $r_{min} = \frac{klq^2}{kq^2 + mV_0^2 \sin^2 \alpha} = 3,4 \cdot 10^6 \text{ м.}$

**Задача 5.** Цепь, которая начинается со второго из периодически повторяющихся элементов, подобна исходной. Обозначим ее сопротивление

$$R_{AB} = \frac{R(R + 2r)}{2R + 3r} = r.$$

Отсюда  $r = \frac{R}{\sqrt{3}}.$



**Задача 6.** Необходимо смочить порошок, например, водой. Поверхность сухого порошка кажется белой потому, что она рассеивает падающий на порошок белый свет во все стороны.

Если порошок смочить водой, то поверхность воды будет рассеивать свет только в определенных направлениях, а зерна порошка будут избирательно рассеивать белый свет, придавая рассеянному свету тона самого стекла. При этом насыщенность рассеянного света будет усилена за счет рассеяния его более глубокими слоями порошка.

**Задача 7.** Там, где шип опирается на землю, возникает большое давление, под воздействием которого снег (лед) тает, и шип глубоко вгрызается в поверхность. При сильных морозах этого не происходит и сцепление с дорогой падает. Шины с мягкой не твердеющей на морозе резиной плотно прилегают к снежной дороге, обеспечивая достаточно высокое трение.

2015

Вариант 1



**Задача 1.** Запишем систему кинематических уравнений:

$$\begin{cases} H = \frac{gt^2}{2}, \\ S = V_0 t. \end{cases}$$

Решим ее относительно  $V_0$  и получим:  $V_0 = S \sqrt{\frac{g}{2H}}$

**Задача 2.** Мощность тепловых потерь  $P_1$  на сопротивлении  $R_1$  равна  $R_1 I_1^2$ . Отсюда находим ток, текущий через сопротивления  $R_1$  и  $R_2$

$$I_1 = I_2 = \sqrt{\frac{P_1}{R_1}}.$$

На концах двух параллельных ветвей сопротивлений (ветвь  $R_1 + R_2$  и ветвь  $R_3$ ) одинаковая разность потенциалов, или падение напряжения:

$$I_1(R_1 + R_2) = I_3 R_3.$$

Из последнего уравнения находим ток  $I_3$ , текущий через сопротивление  $R_3$ :

$$I_3 = I_1 \frac{R_1 + R_2}{R_3} = \sqrt{\frac{P_1}{R_1}} \frac{R_1 + R_2}{R_3}.$$

Из закона сохранения электрического заряда  $I_1 + I_3 = I_4$ , найдем ток  $I_4$ , текущий через сопротивление  $R_4$ :

$$I_4 = \sqrt{\frac{P_1}{R_1}} \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3}.$$

Мощность тепловых потерь  $P_4$  на сопротивлении  $R_4$  равна  $R_4 I_4^2$ . Выразим ее через известные величины

$$P_4 = P_1 \frac{R_4 (R_1 + R_2 + R_3)^2}{R_1 R_3^2}.$$

**Задача 3.** До тех пор, пока система является двухфазной (жидкость-пар), пар является насыщенным. В момент завершения перехода жидкости в пар температура смеси равна  $t_{\text{ком}} = t_{\text{нач}} + \Delta t = 100^\circ\text{C}$  (или  $T_{\text{ком}} = 373\text{K}$ ). Следовательно, давление насыщенного пара  $p_2 \approx 1\text{атм} = 10^5\text{Па}$ .

(Примечание. Температура кипения воды равна  $100^\circ\text{C}$  при атмосферном давлении  $101325\text{Па} = 760\text{мм.рт.ст} = 1\text{атм}$  – из школьного учебника).

Уравнение Менделеева-Клапейрона для начального и конечного состояния насыщенного пара:

$$\begin{cases} p_1 V = \frac{0,71m}{M} RT_{\text{нач}} \\ p_2 V = \frac{m}{M} RT_{\text{кон}} \end{cases}$$

где  $m$  – масса смеси,  $0,71m$  – начальная масса пара. Отсюда:

$$p_1 = p_2 * 0,71 \frac{T_{\text{нач}}}{T_{\text{кон}}} = 1\text{атм} * 0,71 \frac{363}{373} \approx 0,69.$$

**Задача 4.** Обратим внимание на то, что сумма внешних сил, действующих на систему тел (куб и три груза) в вертикальном направлении, равна нулю. Внешние силы, действующие на систему тел в горизонтальном направлении, вообще отсутствуют. Это означает, что горизонтальная координата центра масс системы тел будет оставаться в покое (если он первоначально покоился), когда систему тел (куб и три груза) предоставят самой себе. В тот момент времени, когда грузы придут в движение, обнаружится следующая тенденция: левый груз начнет двигаться вверх, правый груз начнет двигаться вниз, средний груз начнет движение слева на право (изменяя при этом горизонтальную координату центра

масс системы тел). Чтобы этого не случилось (чтобы не был нарушен закон сохранения горизонтальной составляющей импульса системы тел), куб должен начать движение справа на лево. Таким образом, мы должны приложить внешнюю горизонтальную силу  $F_k$  кубу (направленную слева на право), чтобы куб покоился.

Рассчитать эту силу довольно просто. Решив динамическую задачу движения трех грузов относительно неподвижного куба (куба, неподвижного относительно горизонтальной подставки), найдем линейные ускорения грузов относительно куба

$$a = \frac{g}{3}.$$

Внутренние силы системы тел действуют на средний груз в горизонтальном направлении (слева на право) с результирующей силой  $\Phi$ , равной

$$\Phi = 2m \frac{g}{3} = \frac{2mg}{3}.$$

С такой же по величине результирующей силой  $\Phi^*$  внутренние силы системы тел действуют в горизонтальном направлении (справа на лево) на куб.

$$\Phi^* = \frac{2mg}{3}.$$

Чтобы куб оставался в покое, мы приложим к нему искомую силу

$$F = \frac{2mg}{3}.,$$

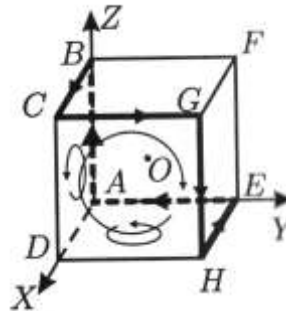
действующую в горизонтальном направлении слева на право.

**Задача 5.** Из соображений симметрии и правила буравчика следует, что вектор магнитной индукции  $\vec{B}_0$  поля, создаваемого током, текущим по контуру ABCDA, направлен вдоль оси  $y$ . Заметим, что

ток  $I$ , текущий по контуру  $ABCGHEA$ , можно представить как сумму трёх токов  $I$ , текущих по контурам  $ABCD$ ,  $DCGH$  и  $ADHEA$  (см. рис. 1). Каждый из этих токов создаёт в центре куба  $O$  поле  $B_0$ , направленное перпендикулярно плоскости соответствующего контура. На основании принципа суперпозиции, для искомого вектора индукции  $\vec{B}$  можно записать:  $\vec{B} = \vec{B}_{ABCD} + \vec{B}_{DCGH} + \vec{B}_{ADHEA}$ . Переходя к координатной форме записи, получим:

$$\vec{B} = (0, B_0, 0) + (-B_0, 0, 0) + (0, 0, B_0) = (-B_0, B_0, B_0).$$

Таким образом, вектор  $\vec{B}$  направлен вдоль отрезка  $OF$  в сторону точки  $F$ , а величина вектора  $B$  равна  $|\vec{B}| = \sqrt{3}B_0$ .



2016

**Задача 1. (Вариант 2)** Для удобства рассмотрения пронумеруем вершины ромба так, как показано на рисунке. Поскольку характер движения вершин 2 и 4 одинаково, будем рассматривать только вершину 2.

В момент времени, когда ромб превратится в квадрат, двигающаяся с ускорением  $a$  вершина 3 будет иметь скорость  $v$ . К этому моменту времени вершина 2 сместится в направлении движения вершины 3 на вдвое меньшее расстояние, чем прошла вершина 3. Значит, проекции скорости и ускорения вершины 2 на направление движения вершины 3 будут равны  $v/2$  и  $a/2$  соответственно. К

рассматриваемому моменту времени вершина 3 пройдет путь  $S = L\sqrt{2}$ . Поэтому  $v = \sqrt{2aS} = \sqrt{2aL\sqrt{2}} = 2^{3/4}\sqrt{aL}$ .

Так как стержни жесткие, то вершина 2 все время движется по окружности радиусом  $L$  с центром в вершине 1. Поэтому скорость  $u$  вершины 2 направлена по касательной к этой окружности, то есть в рассматриваемый момент времени направлена вдоль стержня, соединяющего вершины 2 и 3. Следовательно, можно записать

$$u = \frac{v/2}{\cos(\frac{\pi}{4})} = \frac{v}{\sqrt{2}} = 2^{1/4}\sqrt{aL}.$$

Проекция ускорения вершины 2 на направление стержня, соединяющего ее с вершиной 1, есть центростремительное ускорение, равное  $\frac{u^2}{L} = a\sqrt{2}$ .

Мы нашли проекции ускорения вершины 2 на два различных направления. Полное ускорение можно найти, нарисовав соответствующим образом направленные векторы компонентов ускорения, имеющие длины  $a/2$  и  $a\sqrt{2}$ , восстановив перпендикуляры к ним. Точка пересечения этих перпендикуляров позволит определить направление и величину вектора ускорения вершины 2. Чертеж удобно построить следующим образом. Выберем масштаб так, чтобы вектор  $a/2$  на чертеже имел длину, равную четверти диагонали нашего квадрата. Тогда вектор  $a\sqrt{2}$  будет иметь длину, равную стороне квадрата. Из прямоугольного треугольника по теореме Пифагора получаем:

$$w = \sqrt{(a\sqrt{2})^2 + (a\sqrt{2} + \frac{a}{\sqrt{2}})^2} = a\sqrt{\frac{13}{2}}.$$

**Задача 2. (Вариант 4)** На тело массой  $m$  действует сила тяжести  $m\vec{g}$  силы реакции опоры  $\vec{N}$  со стороны клина.

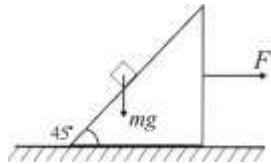


рис. 3.1.

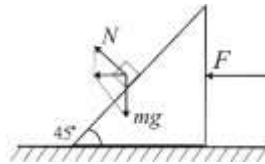


рис. 3.2.

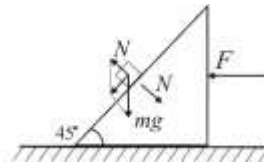


рис. 3.3.

Как видно из рисунка 3.2, ускорение тела будет горизонтально, если  $N = mg\sqrt{2}$ . При этом равнодействующая сил, приложенных к телу, равна  $mg$  и направлено влево. Поэтому ускорение тела направлено влево и равно по величине  $g$ . Для того, чтобы в процессе движения клин давил на тело с необходимой силой  $\vec{N}$ , он также должен двигаться влево с таким же по величине ускорением  $g$ . Чтобы сообщить и клину, и телу такое ускорение, к клину необходимо приложить направленную влево силу  $F=(m+M)g$ .

### Задача 3. (Вариант 2)

Так как спутник обгоняет Землю:

$$(\omega - \omega_3)nT = 2\pi$$

Угловая скорость вращения Земли вокруг своей оси равна:

$$\omega_3 = \frac{2\pi}{T},$$

где  $T$  – период обращения Земли вокруг своей оси.

$$\omega = \frac{2\pi}{nT} + \omega_3 = \frac{2\pi}{nT} + \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{T} \left( \frac{n+1}{n} \right)$$

Запишем второй закон Ньютона:

$$m\omega^2 R_c = \gamma \frac{mM_3}{R_c^2}$$

$$\omega^2 = \gamma \frac{M_3}{R_c^2}$$

$$mg = \gamma \frac{mM_3}{R_3^2}$$

$$\gamma M_3 = gR_3^2$$

$$\omega^2 = g \frac{R_3^2}{R_c^2}$$

$$\eta = \frac{R_c}{R_3} = \sqrt[3]{\frac{g}{\omega^2 R_3}} = \sqrt[3]{\frac{T^2 g n^2}{4\pi^2 R_3 (n+1)^2}} = 5.$$

**Задача 4. (Вариант 2)**

Запишем уравнение статического равновесия, силу Ампера и закон Ома для замкнутой цепи:

$$mgsin\alpha - F_A - F_{тр} = 0$$

$$N = mg\cos\alpha$$

$$F_{тр} = \mu N$$

$$F_A = IlB$$

$$I = \frac{\xi}{r}$$

$$\xi = BLv$$

Решая получившуюся систему, получаем:

$$v = \frac{mgr(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}{B^2 l^2}$$

**Задача 5. (Вариант 2)** Пусть  $Q_1, Q_2, Q_3$  — заряды шаров после их подсоединения к цепи. Поскольку шары были изначально не заряжены и заряд на электрической цепи и соединительных проводниках мал, то  $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$ . Найдём разность потенциалов между точками 1 и 2, а также между точками 2 и 3 цепи:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0\rho} - \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{\xi}{3},$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{Q_3}{4\pi\epsilon_0\rho} = \frac{2\xi}{3}.$$

Решая полученную систему уравнений, находим:

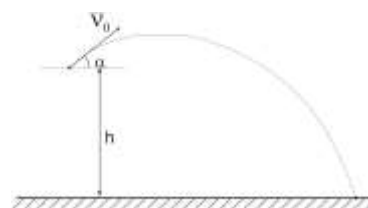
$$Q_1 = \frac{4\pi\epsilon_0\rho\xi(r+3\rho)}{3r}; \quad Q_2 = \frac{4\pi\epsilon_0\xi\rho(3\rho-2r)}{3r}; \quad Q_3 = 4\pi\epsilon_0\xi\rho.$$

## ВАРИАНТЫ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ЭКЗАМЕНОВ

2012 год

ВАРИАНТ 2012-K1-1

**Задача 1.** Мячик брошен с высоты  $h = 5$  м с начальной скоростью  $V_0 = 20$  м/с под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Найти модуль скорости мяча в момент падения на землю.  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



**Задача 2.** Альфа-частица после абсолютно упругого столкновения с неподвижным ядром гелия движется в направлении, образующем угол  $\alpha = 30^\circ$  с первоначальным направлением. Определите отношение кинетических энергий частиц после столкновения.

**Задача 3.** Воздух в цилиндре под поршнем сначала изотермически сжали, увеличив давление в 2 раза, а затем нагрели при постоянном давлении. В результате объем воздуха увеличился в 3 раза по сравнению с начальным. До какой температуры  $T$  нагрели воздух, если его начальная температура была  $T_0 = 300$  К?

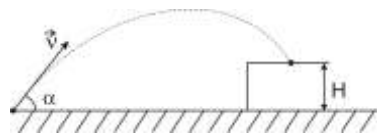
**Задача 4.** В цепи последовательно включены вольфрамовая и алюминиевая проволоки одинаковой длины и диаметра. Во сколько раз больше теплоты выделится на вольфрамовой проволоке, если удельное сопротивление вольфрама в два раза больше, чем алюминия?



**Задача 5.** С помощью линзы получено увеличенное в  $\Gamma = 2$  раза действительное изображение плоскости предмета. Если предмет сместить на  $\Delta d = 2$  см в сторону линзы, то изображение сместится на  $\Delta f = 12$  см. Определите фокусное расстояние линзы.

ВАРИАНТ 2012-K1-2

**Задача 1.** Камень брошен с поверхности земли со скоростью  $V_0 = 20$  м/с под углом  $\alpha = 60^\circ$  и попал на крышу дома, высотой  $h = 10$  м (см. рисунок). Найти модуль скорости камня в момент падения на крышу.  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



**Задача 2.** Шар массой  $m_1 = 3$  кг, движущийся со скоростью  $V$ , налетает на покоящийся шар и после абсолютно упругого столкновения отскакивает от него под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению со скоростью  $V/2$ . Определите массу  $m_2$  второго шара. Поверхности шаров гладкие.

**Задача 3.** Сначала газ нагревают изохорно от температуры  $T_1 = 400$  К до температуры  $T_2 = 600$  К, а затем нагревают изобарно до температуры  $T$ . После этого газ приводят в исходное состояние в процессе, при котором давление уменьшается прямо пропорционально объему газа. Найдите температуру  $T$ .

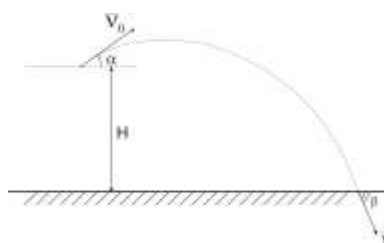
**Задача 4.** В электрическую цепь включены последовательно два сопротивления: медная и стальная проволоки. Длина медной проволоки в 2 раза больше, чем стальной, а площадь сечения стальной проволоки в 4 раза больше, чем медной. Найти

отношение мощностей тока на этих сопротивлениях. Удельное сопротивление меди  $\rho_m = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м, удельное сопротивление стали  $\rho_c = 12 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

**Задача 5.** Предмет расположен на расстоянии  $d = 1$  м от собирающей линзы, перпендикулярно ее главной оптической оси. На какое расстояние надо приблизить к линзе предмет, чтобы его действительное изображение увеличилось в  $n = 5$  раз (по сравнению с первоначальным изображением)? Фокусное расстояние линзы  $F = 75$  см.

#### ВАРИАНТ 2012-K1-3

**Задача 1.** Мячик брошен с высоты  $H = 10$  м с начальной скоростью  $V_0 = 20$  м/с под некоторым углом  $\alpha$  к горизонту (см. рисунок). Найти этот угол, если в момент падения на землю вектор скорости составляет угол  $\beta = 60^\circ$  к горизонту.  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



**Задача 2.** Шар массой  $m_1 = 100$  г налетает со скоростью  $V_1 = 120$  см/с на покоящийся шар массой  $m_2 = 300$  г. Найдите скорость первоначально покоившегося шара после абсолютно упругого нецентрального удара, если направление скорости налетающего шара составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с линией центров шаров в момент удара. Поверхности гладкие.

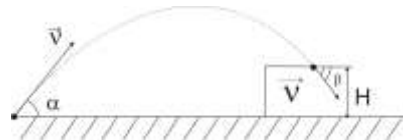
**Задача 3.** Газ, находящийся в цилиндре под поршнем, нагрели при постоянном давлении так, что его объем увеличился в 1,5 раза. Затем поршень закрепили и нагрели газ так, что его давление возросло в 2 раза. Чему равно отношение конечной абсолютной температуры газа к его начальной абсолютной температуре?

**Задача 4.** Две одинаковые электролампы включены в сеть постоянного напряжения  $U = 20$  В один раз последовательно, второй раз параллельно. Во втором случае потребляемая лампами мощность на  $\Delta P = 6$  Вт больше, чем в первом. Найдите сопротивление каждой лампы, считая его постоянным.

**Задача 5.** Собирающая линза дает действительное изображение предмета, расположенного перпендикулярно главной оптической оси линзы, с увеличением  $\Gamma = 4$  раза. Если предмет передвинуть на  $\Delta d = 5$  см вдоль главной оптической оси, то увеличение уменьшится в  $n = 2$  раза. Найти фокусное расстояние линзы. В какую сторону передвигается предмет?

#### ВАРИАНТ 2012-К1-4

**Задача 1.** Камень брошен с поверхности земли с некоторой скоростью  $V_0$  под углом  $\alpha = 60^\circ$  и попал на крышу дома, высотой  $H = 10$  м (см. рисунок). Найти модуль начальной скорости камня, если в момент падения на крышу вектор скорости составляет  $\beta = 30^\circ$  с горизонтом.  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



**Задача 2.** Шар массой 70 г покоится, а другой шар такого же размера, но массой 150 г налетает на него со скоростью 44 см/с так, что скорость его центра лежит на касательной к поверхности неподвижного шара. Найдите скорость налетающего шара после абсолютно упругого удара. Поверхности шаров гладкие.

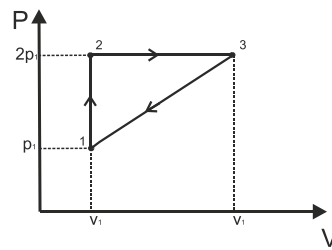
**Задача 3.** Газ, занимающий при температуре  $T_1 = 127^\circ \text{C}$  и давлении  $P_1 = 200$  кПа объем  $V_1 = 3$  л, изотермически сжимают, затем изобарно охлаждают до температуры  $T_2 = -73^\circ \text{C}$ , после чего изотермически изменяют объем до  $V_3 = 1$  л. Найдите конечное давление  $P_3$  газа.

**Задача 4.** Две спирали из различных материалов соединены параллельно. Отношение их длин 15:14, а площадей поперечных сечений – 5:4. Оказалось, что за одинаковое время в них выделяется одинаковое количество теплоты. Определить отношение удельных сопротивлений этих материалов.

**Задача 5.** Посередине между предметом и экраном, расстояние между которыми  $2l = 100$  см, расположена собирающая линза. Если линзу придвинуть к предмету на расстояние  $a = 20$  см, то на экране получится увеличенное изображение предмета. Если же ее отодвинуть от предмета на то же расстояние (считая от начального положения), то изображение будет уменьшенным. Определите фокусное расстояние линзы.

**Задача 1.** Тело падает вертикально вниз с высоты  $h = 20$  м без начальной скорости. Определить модуль средней скорости падения  $V_{\text{ср}}$ .

**Задача 2.** Определить работу одного моля газа в процессе 1-2-3-1, изображенном на рисунке. В состояниях 2 и 3 давление вдвое больше, чем в состоянии 1. В состоянии 3 объем втрое больше, чем в состоянии 1. Температура в состоянии 1 равна  $T$ .



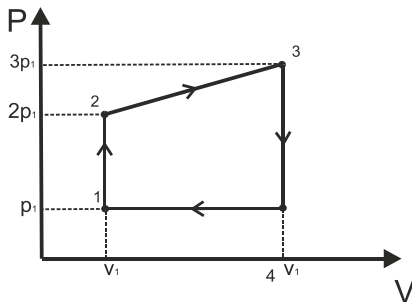
**Задача 3.** Одинаковые одноименные точечные заряды  $q = 4 \cdot 10^{-7}$  Кл расположены в двух вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a = 1$  м. Определить значение напряженности в третьей вершине треугольника.

**Задача 4.** Протон движется со скоростью  $V = 10^6$  м/с перпендикулярно однородному магнитному полю с индукцией  $B = 1$  Тл. Найдите радиус окружности, по которой он движется.

**Задача 6.** На экран с круглым отверстием радиуса  $r_0 = 10$  см падает сходящийся пучок света. Угол между крайним лучом и осью симметрии равен  $\alpha = 30^\circ$ . Определите точку, в которой сходятся лучи, если в отверстие вставляется собирающая линза с оптической силой  $D = 10$  дп.

**Задача 1.** Тело брошено вверх со скоростью  $V_0 = 20$  м/с. Определить среднюю путевую скорость за время полета  $V_{cp}$ .

**Задача 2.** Определить работу одного моля газа в процессе 1-2-3-4-1, изображенном на рисунке. Давление в состоянии 2 вдвое больше, а в состоянии 3 - втрое больше, чем в состояниях 1 и 4. Объем газа в состояниях 3 и 4 вчетверо больше объема в состояниях 1 и 2. Температура в состоянии 1 равна  $T$ .



**Задача 3.** Определить значение напряженности в точке А, находящейся на расстоянии  $l = 20$  см от поверхности заряженной проводящей сферы радиусом  $R = 10$  см, если потенциал сферы равен  $\varphi_0 = 240$  В.

**Задача 4.** На прямой проводник длиной  $l = 0,5$  м, расположенный под углом  $\alpha = 30^\circ$  к силовым линиям поля с индукцией  $B = 2 \cdot 10^{-2}$  Тл, действует сила  $F = 0,15$  Н. Найти силу тока в проводнике.

**Задача 5.** Сходящийся пучок лучей падает на рассеивающую линзу таким образом, что продолжения лучей пересекаются в точке, лежащей на главной оптической оси линзы на расстоянии  $a = 15$  см от нее. Найти фокусное расстояние линзы, если

продолжения преломленных лучей пересекаются в точке, находящейся за линзой на расстоянии  $b = 60$  см от нее.

**2014 год**

ВАРИАНТ 2014-K2-1

**Задача 1.** Тело движется равномерно по окружности радиуса  $R = 15$  см со скоростью  $V = 10$  м/с. Найдите модуль средней скорости за половину периода  $V_{cp}$ .

**Задача 2.** Чему равна масса  $m_1$  азота, который содержится в воздухе комнаты объемом  $V=75$  м<sup>3</sup>, если средняя квадратичная скорость молекул азота равна  $u_{кв}=500$  м/с, а концентрация молекул азота в  $\beta=4$  раза больше концентрации молекул кислорода. Считать, что воздух состоит только из азота и кислорода. Атмосферное давление равно  $P=10^5$  Па.

**Задача 3.** Конденсатор неизвестной емкости  $C_1$  заряжен до разности потенциалов  $U_1 = 80$  В. При параллельном подключении этого конденсатора к конденсатору емкостью  $C_2 = 60$  мкФ, заряженному до разности потенциалов  $U_2 = 16$  В, разность потенциалов на батарее становится  $U = 20$  В, если конденсаторы соединить обкладками одного знака. Определить емкость  $C_1$ .

**Задача 4.** Два математических маятника начинают колебаться одновременно. Когда первый маятник совершил  $N_1 = 20$  полных колебаний, второй совершил только  $N_2 = 10$  полных колебаний. Какова длина  $l_1$  первого маятника, если длина второго  $l_2 = 4$  м.

**Задача 5.** Экран расположен на расстоянии  $L = 21$  см от отверстия, в которое вставлена линза радиусом  $r = 5$  см. На линзу падает сходящийся пучок лучей, в результате чего на экране образуется светлое пятно радиусом  $R = 3$  см. Оказалось, что если линзу убрать, радиус пятна не изменится. Найти фокусное расстояние линзы.

## ВАРИАНТ 2014-K2-2

**Задача 1.** Тело движется равномерно по окружности радиуса  $R = 20$  см с угловой скоростью  $\omega = 7$  рад/с. Найти модуль среднего вектора скорости за три четверти периода  $V_{cp}$ .

**Задача 2.** В заполненной воздухом комнате объемом  $V=75$  м<sup>3</sup> находится  $m_1=20$  кг кислорода. Найти величину средней квадратичной скорости молекул кислорода  $u_{кв}$ , если концентрация молекул кислорода в  $\beta=4$  раза меньше концентрации молекул азота. Считать, что воздух состоит только из азота и кислорода. Атмосферное давление равно  $P=10^5$  Па.

**Задача 3.** Два одинаковых плоских конденсатора, емкостью  $C = 0,01$  мкФ каждый, соединили параллельно, зарядили до разности потенциалов  $U = 300$  В и отключили от источника тока. Затем пластины одного из конденсаторов раздвинули на расстояние, вдвое превышающее первоначальное. Какой заряд прошел при этом по соединительным проводам?

**Задача 4.** Если к пружине подвесить поочередно два разных груза, пружина удлиняется на  $\Delta x_1 = 1$  см и  $\Delta x_2 = 2$  см



соответственно. Определить период колебаний, когда к пружине подвешены оба груза.

**Задача 5.** Точечный источник света помещен в фокусе собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 12$  см. За линзой на расстоянии  $b = 24$  см от нее расположен плоский экран, на котором видно светлое пятно. В какую сторону и на какое расстояние надо переместить вдоль главной оси источник, чтобы радиус светлого пятна на экране увеличился в  $n = 2$  раза.

#### ВАРИАНТ 2014-K2-3

**Задача 1.** Тело движется равномерно по окружности радиуса  $R = 10$  см с угловой скоростью  $\omega = 5$  рад/с. Найти модуль средней скорости за четверть периода  $V_{cp}$ .

**Задача 2.** Чему равна масса  $m_1$  кислорода, который содержится в воздухе комнаты объемом  $V=60$  м<sup>3</sup>, если средняя квадратичная скорость молекул кислорода равна  $u_{кв}=400$  м/с, а концентрация молекул кислорода в  $\beta=4$  раза меньше концентрации молекул азота. Считать, что воздух состоит только из азота и кислорода. Атмосферное давление равно  $P=10^5$  Па.

**Задача 3.** Конденсатор емкости  $C_1 = 4$  мкФ, заряженный до разности потенциалов  $U_1 = 26$  В, соединяют параллельно с конденсатором емкостью  $C_2 = 6$  мкФ, заряженным до разности потенциалов  $U_2 = 16$  В, обкладками, имеющими одинаковые по знаку заряды. Определить разность потенциалов на конденсаторах после их соединения.

**Задача 4.** Маятниковые часы за  $t = 1$  сут отстают на  $\Delta t = 1$  ч. Что надо сделать с маятником, чтобы они шли верно?

**Задача 5.** Экран расположен на расстоянии  $L = 24$  см от отверстия, в которое вставлена рассеивающая линза радиусом  $r = 6$  см. На линзу падает сходящийся пучок лучей, в результате чего на экране образуется светлое пятно радиусом  $R = 3$  см. Оказалось, что если линзу убрать, радиус уменьшится в  $n = 3$  раза. Найти фокусное расстояние линзы.

## ВАРИАНТ 2014-K2-4

**Задача 1.** Тело движется равномерно по окружности радиуса  $R = 30$  см со скоростью  $V = 10$  м/с. Найти модуль среднего вектора скорости за две трети периода  $V_{cp}$ .

**Задача 2.** В заполненной воздухом комнате объемом  $V=60$  м<sup>3</sup> находится  $m_1=100$  кг азота. Найти величину средней квадратичной скорости молекул азота  $u_{кв}$ , если концентрация молекул азота в  $\beta=4$  раза больше концентрации молекул кислорода. Считать, что воздух состоит только из азота и кислорода. Атмосферное давление равно  $P=10^5$  Па.

**Задача 3.** К воздушному конденсатору, разность потенциалов на обкладках которого  $U_1 = 210$  В, присоединили параллельно такой же незаряженный конденсатор, но с диэлектриком из стекла. Какова диэлектрическая проницаемость стекла, если разность потенциалов на зажимах батареи стала равна  $U = 30$  В?

**Задача 4.** На легкой, вертикально расположенной пружине подвешена пластина массой  $m_0 = 20$  г, на которой лежит грузик

массой  $m_1 = 5$  г. Период колебаний такой системы равен  $T = 1$  с. Затем грузик заменяют другим массой  $m_2 = 25$  г. Каким станет удлинение пружины при равновесии?

**Задача 5.** Световой луч падает на рассеивающую линзу с фокусным расстоянием  $F = 13,5$  см и после преломления пересекает главную оптическую ось на расстоянии  $a = 9$  см от линзы. В какой точке пересечет ось этот луч, если линзу убрать?

## 2015 год

### ВАРИАНТ 2015-K2-1

**Задача 1.** Шарик, брошенный вертикально вверх, возвращается в точку бросания через время  $t$ . На какую высоту поднялся шарик?

**Задача 2.** Определите массу водорода, находящегося в баллоне емкостью  $0,06$  м<sup>3</sup> под давлением  $8,3 \cdot 10^5$  Па при температуре  $27$  °С. Молярная масса водорода  $2$  кг/кмоль, универсальная газовая постоянная  $8300$  Дж/(кмоль·К).

**Задача 3.** Какой должна быть емкость конденсатора, который надо соединить последовательно с конденсатором емкостью  $800$  пФ, чтобы получить батарею конденсаторов емкостью  $160$  пФ?

**Задача 4.** Квадратная рамка со стороной  $10$  см расположена в однородном магнитном поле с индукцией  $0,2$  Тл так, что нормаль к ее поверхности образует угол  $60^\circ$  с вектором индукции. Определите магнитный поток через плоскость рамки.

**Задача 5.** Невесомый блок подвешен к потолку с помощью троса. На концах нити, перекинутой через блок, подвешены грузы массой  $m_1$  и  $m_2$ . Найдите натяжение троса.

**Задача 6.** Один шар налетает на другой, большей массы, первоначально покоившийся. После центрального упругого удара шары разлетаются так, что величина скорости меньшего шара в  $n$  раз больше величины скорости большего шара. Найдите отношение масс шаров.

**Задача 7.** Элемент замыкают один раз сопротивлением  $R_1$ , другой -  $R_2$ . В обоих случаях выделяется одинаковая мощность. При каком внешнем сопротивлении она будет наибольшей?

**Задача 8.** Линза с фокусным расстоянием  $F_1$  формирует уменьшенное в  $n$  раз действительное изображение предмета. Другая линза, помещенная на место первой, формирует его увеличенное в  $n$  раз действительное изображение. Найдите фокусное расстояние второй линзы.

#### ВАРИАНТ 2015-K2-2

**Задача 1.** С высоты  $h$  над землёй без начальной скорости падает тело. На какой высоте окажется тело через время  $t$  после начала падения?

**Задача 2.** На сколько уменьшится масса воздуха в открытом сосуде, если его нагреть от  $0^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$ ? Начальная масса воздуха 373 г.

**Задача 3.** Конденсатору емкостью  $2 \text{ мкФ}$  сообщен заряд  $0.01 \text{ Кл}$ . Обкладки конденсатора соединили проводником. Найдите количество теплоты, выделившееся в проводнике при разрядке конденсатора.

**Задача 4.** Катушка, имеющая  $100$  витков и расположенная перпендикулярно магнитному полю с индукцией  $6 \text{ Тл}$ , поворачивается за  $1 \text{ с}$  на угол  $90^\circ$ . За это время в катушке наводится ЭДС со средним значением  $0.6 \text{ В}$ . Определите площадь поперечного сечения катушки.

**Задача 5.** Блок подвешен к потолку с помощью троса. Через блок перекинута нить с двумя грузами. Чему равно отношение масс грузов, если во время их движения натяжение троса равно силе тяжести более тяжелого груза?

**Задача 6.** Два одинаковых по размеру шара висят на тонких нитях, касаясь друг друга. Первый шар отводят в сторону и отпускают. После упругого удара шары поднимаются на одинаковую высоту. Найдите массу первого шара, если масса второго  $m \text{ кг}$ .

**Задача 7.** Полезная мощность батареи равна  $P$  при двух разных значениях силы тока в цепи:  $I_1$  и  $I_2$ . Чему равна максимальная полезная мощность этой батареи?

**Задача 8.** Линза с фокусным расстоянием  $F_1$  формирует уменьшенное в  $n$  раз действительное изображение предмета. Каким должно быть фокусное расстояние другой линзы, чтобы поместив ее на место первой мы получили увеличенное в  $n$  раз мнимое изображение?

**Задача 1.** Определите, на сколько метров путь, пройденный свободно падающим телом в десятую секунду, больше пути, пройденного телом в предыдущую секунду. Начальная скорость равна нулю.

**Задача 2.** Газ в количестве 0.02 кг при давлении  $10^6$  Па и температуре  $47^\circ\text{C}$  занимает объем  $1660\text{ см}^3$ . Определите по этим данным молярную массу газа. Универсальная газовая постоянная  $8300\text{ Дж}/(\text{кмоль}\cdot\text{К})$ .

**Задача 3.** Плоский конденсатор емкостью 20 пФ соединяют последовательно с таким же конденсатором, но заполненным диэлектриком с диэлектрической проницаемостью 3. Найдите емкость такой батареи.

**Задача 4.** Плоский виток, площадь которого  $0.001\text{ м}^2$ , расположен перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Найдите абсолютную величину ЭДС, возникающую в витке, если индукция поля равномерно убывает от 0.5 до 0.1 Тл за  $4\cdot 10^{-4}$  с.

**Задача 5.** Блок подвешен к потолку с помощью троса. На концах нити, перекинутой через блок, подвешены грузы разной массы. Масса первого груза  $m_1$ , сила натяжения троса  $T$ . Найдите массу второго груза.

**Задача 6.** Один шар налетает на другой, большей массы, первоначально покоившийся. После центрального упругого удара шары разлетаются. Отношение масс шаров  $n$ . Найдите во сколько раз

величина скорости меньшего шара больше величины скорости большего шара.

**Задача 7.** Полезная мощность батареи равна  $P$  при двух различных внешних сопротивлениях:  $R_1$  и  $R_2$ . Какую наибольшую мощность может дать батарея?

**Задача 8.** Линза с фокусным расстоянием  $F_1$  формирует увеличенное в  $n$  раз действительное изображение предмета. Другая линза, помещенная на место первой, формирует его уменьшенное в  $n$  раз действительное изображение. Найдите фокусное расстояние второй линзы.

#### ВАРИАНТ 2015-K2-4

**Задача 1.** С какой скоростью надо бросить тело вертикально вверх с поверхности земли, чтобы время от момента броска до момента падения тела на землю равнялось  $t$ ?

**Задача 2.** В сосуде находится газ под давлением 60 атм. Какое установится давление, если из сосуда выпустить  $7/12$  массы содержащегося там газа? Температуру считать постоянной.

**Задача 3.** Напряженность электрического поля плоского воздушного конденсатора емкостью 4 мкФ равна 1000 В/м. Расстояние между обкладками конденсатора 1 мм. Определите энергию электрического поля конденсатора.

**Задача 4.** Медное кольцо радиусом 5 см помещают в однородное магнитное поле с индукцией 8 мТл перпендикулярно линиям индукции. Какой заряд пройдет по кольцу, если его повернуть на

$180^\circ$  вокруг оси, совпадающей с его диаметром? Сопротивление единицы длины кольца  $2 \text{ мОм/м}$ .

**Задача 5.** Блок подвешен к потолку с помощью троса. Через блок перекинута нить с двумя грузами разной массы. Чему равно ускорение системы, если во время их движения натяжение троса равно  $T$ , а масса первого груза  $m_1$ ?

**Задача 6.** Два одинаковых по размеру шара висят на тонких нитях, касаясь друг друга. Первый шар отводят в сторону на высоту  $h$  и отпускают. Происходит абсолютно упругий удар, отношение высот подъема шаров  $n$ . Найдите отношение масс шаров.

**Задача 7.** При силе тока в цепи  $I_1$  полезная мощность батареи равна  $P_1$ , а при силе тока  $I_2$  полезная мощность батареи равна  $P_2$ . Какую наибольшую полезную мощность может дать батарея?

**Задача 8.** Линза с фокусным расстоянием  $F_1$  формирует уменьшенное в  $n$  раз мнимое изображение предмета. Каким должно быть фокусное расстояние другой линзы, чтобы поместив ее на место первой, мы получили увеличенное в  $n$  раз действительное изображение?

**2016 год**

ВАРИАНТ 2016-K1-1

**Задача 1.** Электровоз массой  $m_0$ , движущийся со скоростью  $V$ , сталкивается с неподвижным вагоном массой  $m_1$ , после чего они движутся вместе. Найдите скорость их совместного движения.



**Задача 2.** Маленький шарик, подвешенный на шелковой нити, имеет заряд  $q$ . В горизонтальном электрическом поле с напряженностью  $E$  нить отклонилась от вертикали на угол  $\alpha$ . Найдите массу шарика.

**Задача 3.** Гальванический элемент с ЭДС 15 В и внутренним сопротивлением 1 Ом замкнут на сопротивление 4 Ом. Найдите силу тока в цепи.

**Задача 4.** Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией 0,01 Тл со скоростью  $1,6 \cdot 10^7$  м/с, направленной перпендикулярно линиям индукции. Определите радиус (в мм) окружности, по которой движется электрон. Заряд электрона  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, его масса  $9 \cdot 10^{-31}$  кг.

**Задача 5.** Камень брошен горизонтально. Через время  $T$  после броска вектор его скорости составил угол  $\alpha$  с горизонтом. Найдите начальную скорость камня.

**Задача 6.** К одному концу резинового шнура прикрепили шарик массой  $m$ , другой его конец закрепили на горизонтальной гладкой поверхности и привели шарик во вращение по поверхности с угловой скоростью  $\omega$ . Найдите удлинение шнура  $x$ , если его жесткость  $k$ , а первоначальная длина  $l_0$ .

**Задача 7.** Некоторое количество идеального одноатомного газа изохорно нагрели, сообщив ему  $Q$  теплоты. Затем газ изобарно охладили до первоначальной температуры. Сколько теплоты было отобрано у газа при изобарном охлаждении?

**Задача 8.** Вдоль оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$  расположен стержень так, что его середина находится на расстоянии  $a$  от линзы. Чему равна длина стержня, если его продольное увеличение равно  $K$ ?

## ВАРИАНТ 2016-K1-2

**Задача 1.** Шар массой  $m_1$ , двигавшийся со скоростью  $V_1$ , сталкивается абсолютно неупруго с шаром массой  $m_2$ , двигавшемся в том же направлении со скоростью  $V_2$ . Найдите скорость шаров после удара.

**Задача 2.** Найдите величину ускорения, которое приобретает частица массой  $m$  с зарядом  $q$  под действием однородного электрического поля с напряженностью  $E$ . Силу тяжести не учитывать.

**Задача 3.** Батарея с ЭДС 20 В имеет внутреннее сопротивление 1 Ом. При каком внешнем сопротивлении сила тока в цепи будет 2 А?

**Задача 4.** Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией 0,02 Тл по окружности, имея импульс  $6,4 \cdot 10^{-23}$  кг·м/с. Найдите радиус (в см) этой окружности. Заряд электрона  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

**Задача 5.** Тело брошено горизонтально. Через время  $T$  после броска угол между направлением полной скорости и полного ускорения стал равным  $\beta$ . Определите величину полной скорости тела в этот момент времени.

**Задача 6.** Самолет делает «мертвую петлю». Определите силу давления летчика на сиденье в нижней точке траектории, если масса летчика  $m$ , скорость самолета  $V$ , а радиус окружности («петли»)  $r$ .

**Задача 7.** Идеальный одноатомный газ в количестве  $\nu$  моль нагрели сначала изобарно, а затем изохорно. В результате как давление, так и объем газа увеличились в  $n$  раз. Какое количество теплоты получил газ в этих двух процессах, если его начальная температура была  $T$ ?

**Задача 8.** Тонкий стержень расположен вдоль главной оптической оси собирающей линзы. Каково продольное увеличение стержня, если объект, расположенный у одного конца стержня, изображается с увеличением  $\Gamma_1$ , а у другого конца - с увеличением  $\Gamma_2$ ? Оба конца стержня располагаются от линзы на расстоянии больше фокусного.

#### ВАРИАНТ 2016-K1-3

**Задача 1.** Электровоз массой  $m_0$ , движущийся со скоростью  $V_0$ , сталкивается вагоном массой  $m_1$ , движущимся навстречу ему со скоростью  $V$  после чего они движутся вместе. Найдите скорость их совместного движения.

**Задача 2.** Маленький шарик, подвешенный на шелковой нити, имеет заряд  $q$  и массу  $m$ . На какой угол от вертикали отклонится нить в горизонтальном электрическом поле с напряженностью  $E$ .

**Задача 3.** Если к батарее с ЭДС 3 В и внутренним сопротивлением 2 Ом накоротко подсоединить амперметр, то он покажет силу тока 1 А. Определите сопротивление амперметра.

**Задача 4.** Какую кинетическую энергию имеет электрон, движущийся по окружности радиусом 1 см в однородном магнитном поле с индукцией 0,03 Тл? Заряд электрона  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, его масса  $9 \cdot 10^{-31}$  кг. Ответ дать в электрон вольтах ( $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж).

**Задача 5.** Камень на высоте  $h$  бросают горизонтально так, что он подлетает к поверхности земли под углом  $\alpha$ . Сколько метров пролетел камень по горизонтали?

**Задача 6.** Небольшой груз массой  $m$  может перемещаться без трения по горизонтальному стержню, прикрепленному к вертикальной оси. Груз связан с осью пружиной. Какова жесткость пружины, если при вращении стержня вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\omega$  пружина растягивается в  $n$  раз?

**Задача 7.** Горизонтальный теплоизолированный цилиндр объемом  $V$  делится на две части теплонепроницаемым поршнем, по разные стороны от которого находится идеальный одноатомный газ под давлением  $P_0$ . Одной из этих порций газа сообщают  $Q$  теплоты. Каким станет давление в сосуде?

**Задача 8.** Вдоль оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$  расположен стержень так, что его середина находится на расстоянии  $a$  от линзы. Длина стержня равна  $l$ . Чему равно его продольное увеличение?

**Задача 1.** Шар массой  $m_1$ , двигавшийся со скоростью  $V_1$ , сталкивается абсолютно неупруго с шаром массой  $m_2$ , двигавшемся навстречу ему со скоростью  $V_2$ . Найдите скорость шаров после удара.

**Задача 2.** Под действием однородного электрического поля частица массой  $m$  с зарядом  $q$  приобрела ускорение  $a$ . Найдите величину напряженности электрического поля  $E$ .

**Задача 3.** Гальванический элемент с ЭДС 30 В имеет внутреннее сопротивление 1,5 Ом. При каком внешнем сопротивлении сила тока в цепи будет 3 А?

**Задача 4.** Протон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 8,36 мкТл перпендикулярно линиям поля. С какой угловой скоростью будет вращаться протон? Заряд протона  $1,602 \cdot 10^{-19}$  Кл, его масса  $1,672 \cdot 10^{-27}$  кг.

**Задача 5.** С самолета, летящего на высоте  $h$  со скоростью  $V_0$ , выпал груз. На какой высоте скорость груза будет направлена под углом  $\beta$  к горизонту?

**Задача 6.** Самолет делает «мертвую петлю». В нижней точке траектории сила, прижимающая летчика к сиденью равна  $F$ . Масса летчика  $m$ , а радиус окружности («петли»)  $r$ . Найдите скорость самолета  $V$ .

**Задача 7.** В вертикальном теплоизолированном цилиндре под поршнем находится некоторое количество гелия при температуре  $T_0$ . Над поршнем сначала удерживают груз так, что он едва касается поверхности поршня, а затем отпускают. Какой станет температура газа после установления равновесия? Масса груза равна половине массы поршня, над поршнем газа нет.

**Задача 8.** Собирающая линза дает изображение некоторого предмета на экране. Высота изображения  $h_1$ . Оставляя неподвижным экран и предмет, линзу передвинули к экрану и получили второе четкое изображение высотой  $h_2$ . Найдите высоту предмета.

## ОТВЕТЫ К ВСТУПИТЕЛЬНЫМ ЭКЗАМЕНАМ

## Ответы 2012

Вариант 1

1)  $V = \sqrt{2gh + V_0^2} = 22,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2)  $\frac{T_\alpha}{T_{He}} = ctg^2 \alpha = 3$

3)  $T_3 = 6T_0 = 1800 \text{ K}$

4)  $\frac{Q_B}{Q_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A} = 2$

5)  $F = \frac{\Gamma \Delta d \Delta f}{\Delta f - \Gamma^2 \Delta d} = 12 \text{ см}$

Вариант 2

1)  $V = \sqrt{V_0^2 - 2gh} = 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2)  $m_2 = \frac{5}{3} m_1 = 5 \text{ кг}$

3)  $T = \frac{T_2^2}{T_1} = 900 \text{ K}$

4)  $\frac{N_M}{N_C} = 8 \frac{q_M}{q_C} = 1,1$

5)  $\Delta d = (d - F) \frac{n-1}{n} = 20 \text{ см}$

Вариант 3

1)  $tg \alpha = \sqrt{\frac{V_0^2 tg^2 \beta - 2gh}{V_0^2 + 2gh}} = 1,3$

2)  $V_2 = \frac{2m_1 V_1 \cos \alpha}{m_1 + m_2} = 30 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

3)  $\frac{T_3}{T_1} = 3$

4)  $R = \frac{3U^2}{2\Delta P} = 100 \text{ Ом}$

5)  $F = \frac{\Gamma \Delta d}{n-1}$

Вариант 4

$$1) V_0 = \sqrt{\frac{2gh}{\cos^2 \alpha (tg^2 \alpha - tg^2 \beta)}} = 10\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) U_1 = V_1 \sqrt{\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)^2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} = 26 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$3) P_3 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 V_3} = 300 \text{ кПа}$$

$$4) \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{7}{6}$$

$$5) F = \frac{l^2 - a^2}{2l} = 21 \text{ см}$$

**Ответы 2013**

Вариант 1

$$1) V_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{gh}{2}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) A = RT$$

$$3) E = \sqrt{3} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} = 6,1 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$4) R = \frac{m_p V}{eB} \approx 1,04 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$5) f = \frac{Fd}{d+F} = \frac{Fr_0\sqrt{3}}{r_0\sqrt{3}+F} = 5,9 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Вариант 2

$$1) V_{\text{ср}} = \frac{V_0}{2} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) A = \frac{9}{2} RT$$

$$3) E = \frac{\varphi R}{l^2} = 600 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$4) I = \frac{F}{lB\sin\alpha} = 30 \text{ А}$$

$$5) F = \frac{ab}{b-a} = 0,2 \text{ м}$$

Вариант 3



- 1)  $V_{cp} = \frac{h_0 g}{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gh_0}} = -5 + \sqrt{35} = 0.9 \frac{m}{c}$ .
- 2)  $A = 12RT$
- 3)  $\varphi = 3\sqrt{2} \frac{kq}{a} = 3.8 \cdot 10^3 B$
- 4)  $B = \frac{meV}{eR} = -5.1 \cdot 10^{-3} Tл$
- 5)  $d = \frac{f}{fD+1} = \frac{r_0}{r_0 D + tg\alpha} = \frac{3-\sqrt{3}}{20} M = 6.3 \cdot 10^{-2} M$

Вариант 4

- 1)  $V_{cp} = \frac{h_0 g}{\sqrt{v_0^2 + 2gh_0 - v_0}} = 5 + 5\sqrt{5} = 16.2 \frac{m}{c}$ .
- 2)  $A = 3RT$
- 3)  $\varphi = \frac{ER^2}{l} = 12.5 B$
- 4)  $\arcsin(\sin\alpha) = \arcsin\left(\frac{F}{ILB}\right) = 30^\circ$
- 5)  $F = \frac{al}{a-l} = \frac{d_1 l (d_1 - d_2)}{d_2} = 0.03 M$

### Ответы 2014

Вариант 1

- 1)  $V_{cp} = \frac{2V}{\pi} = 6,4 \frac{m}{c}$ .
- 2)  $m_1 = 3\beta PV / ((1+\beta)u_{KB}^2) = 72 \text{ кг}$ .
- 3)  $C_1 = C_2 \frac{U_2 - U}{U - U_1} = 4 \text{ мкФ}$
- 4)  $l_1 = l_2 \frac{N_2^2}{N_1^2} = 1 \text{ м}$ .
- 5)  $F = \pm \frac{rL}{2R} = \pm 17,5 \text{ см}$ .

Вариант 2

- 1)  $V_{cp} = \frac{2\sqrt{2}R\omega}{3\pi} = 0,4 \frac{m}{c}$ .

$$2) u_{\text{KB}} = \sqrt{\frac{3PV}{(1+\beta)m_1}} \approx 474 \text{ м/с.}$$

$$3) \Delta q = \frac{cU}{3} = 10^{-6} \text{ Кл.}$$

$$4) T = 2\pi \sqrt{\frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{g}}$$

$$5) \text{ придвинуть к линзе на } a = \frac{F^2(n-1)}{b+F(n-1)} = 4 \text{ см}$$

## Вариант 3

$$1) V_{\text{cp}} = \frac{2\sqrt{2}R\omega}{\pi} \approx 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с.}}$$

$$2) m_1 = 3PV / ((1+\beta)u_{\text{KB}}^2) = 22,5 \text{ кг.}$$

$$3) U = \frac{c_1 U_1 + c_2 U_2}{c_1 + c_2} = 20 \text{ В.}$$

$$4) \text{ укоротить на } \Delta l = 0,08 l_0.$$

$$5) F = \frac{Lrn}{R(n-1)} = 72 \text{ см.}$$

## Вариант 4

$$1) V_{\text{cp}} = \frac{\sqrt{3}V}{2\pi} = 2,8 \frac{\text{м}}{\text{с.}}$$

$$2) u_{\text{KB}} = \sqrt{\frac{3\beta PV}{(1+\beta)m_1}} \approx 380 \text{ м/с.}$$

$$3) \varepsilon = \frac{U_1}{U} - 1 = 6.$$

$$4) \Delta x = \frac{(m_0 + m_2)gT^2}{(m_0 + m_1)4\pi^2} = 0,45 \text{ м.}$$

$$5) b = \frac{aF}{F+a} = 5,4 \text{ см.}$$

### Ответы 2015

#### Вариант 1

- 1)  $H = \frac{gt^2}{8}$ ;
- 2)  $m = \frac{\mu PV}{RT} = 0.04 \text{ кг}$ ;
- 3)  $C = \frac{C_1 C_0}{C_0 - C_1} = 200 \text{ пФ}$ ;
- 4)  $\Phi_B = Bl^2 \cos \frac{\pi}{3} = 10^{-3} \text{ Вб}$ ;
- 5)  $T = \frac{4g * m_1 * m_2}{m_1 + m_2}$ ;
- 6)  $\frac{m_1}{m_2} = 2n + 1$ ;
- 7)  $r = \sqrt{R_1 R_2}$ ;
- 8)  $F_2 = nF_1$ .

#### Вариант 2

- 1)  $h = H - \frac{gt^2}{2}$ .
- 2)  $\Delta m = m_1 \frac{T_1 - T_2}{T_2} = 100 \text{ г}$ .
- 3)  $w = \frac{q^2}{2C} = 25 \text{ Дж}$ .
- 4)  $S = \frac{\xi \Delta \tau}{NB} = 10^{-2} \text{ м}^2$ .
- 5)  $\frac{m_2}{m_1} = 3$ .
- 6)  $m_1 = \frac{m}{3}$ .
- 7)  $P_{\text{MAX}} = \frac{P (I_1 - I_2)^2}{4 I_1 I_2}$ .
- 8)  $F_2 = F_1 * \frac{n(n+1)}{n-1}$ .

#### Вариант 3

- 1)  $h_3 - h_2 = \frac{g}{2} (t_{10}^2 - 2t_g^2 + t_8^2) = 10 \text{ м}$

- 2)  $\mu = \frac{mRT}{PV} = 32 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$
- 3)  $C_2 = C_0 \frac{\varepsilon}{(\varepsilon+1)} = 15 \text{ пФ}$
- 4)  $\xi = \frac{(B_2 - B_1)}{\Delta \tau} = 1 \text{ В}$
- 5)  $m_2 = \frac{T m_1}{4 m_1 g - T}$
- 6)  $\frac{v_2}{v_3} = \frac{2}{n-1}$
- 7)  $P_{\text{MAX}} = \frac{P (R_1 + \sqrt{R_1 R_2})^2}{4 R_1 \sqrt{R_1 R_2}}$
- 8)  $F_2 = \frac{F_1}{n}$

## Вариант 4

- 1)  $\theta_0 = \frac{gt}{2}$
- 2)  $p_1 = \frac{5}{12} P_0 = 25 \text{ атм}$
- 3)  $W = \frac{CE^2 d^2}{2} = 2 * 10^{-6} \text{ Дж}$
- 4)  $q = \frac{BR}{\rho} = 0,2 \text{ Кл}$
- 5)  $a = \frac{T - 2m_1 g}{2m_1}$
- 6)  $\frac{m_1}{m} = 1 + 2\sqrt{n}$
- 7)  $P_{\text{MAX}} = \frac{(P_1 I_2^2 - P_2 I_1^2)^2}{4 I_1 I_2 (I_2 - I_1) (P_1 I_2 - P_2 I_1)}$
- 8)  $F_2 = \frac{n(n-1)F_1}{n+1}$

## Ответы 2016

## Вариант 1

- 1)  $V_2 = \frac{m_0 V}{m_0 + m_1}$

- 2)  $m = \frac{qE}{g \tan \alpha'}$ ;
- 3)  $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ ;
- 4)  $R = \frac{mV}{eB}$ ;
- 5)  $V_0 = gT \operatorname{ctg} \alpha$ ;
- 6)  $x = \frac{m\omega^2 l_0}{k - m\omega^2}$ ;
- 7)  $Q' = \frac{5}{3} Q$ ;
- 8)  $l = 2\sqrt{(a - F)^2 - \frac{F^2}{k}}$ .

## Вариант 2

- 1)  $V_3 = \frac{m_1 V_1 + m_2 V_2}{m_1 + m_2}$ ;
- 2)  $a = \frac{qE}{m}$ ;
- 3)  $R = \frac{\varepsilon - Ir}{I}$ ;
- 4)  $R = \frac{p}{eB}$ ;
- 5)  $V_1 = gT \sqrt{1 + \tan^2 \beta}$ ;
- 6)  $P = m\left(\frac{v^2}{r} + g\right)$ ;
- 7)  $Q = \frac{1}{2} \nu R(n - 1) T_1(3 + 5n)$ ;
- 8)  $K = \Gamma_1 \Gamma_2$ .

## Вариант 3

- 1)  $V_3 = \frac{m_0 V_0 - m_1 V_1}{m_1 + m_2}$ ;
- 2)  $\tan \alpha = \frac{qE}{mg}$ ;
- 3)  $R_A = \frac{\varepsilon - Ir}{I}$ ;
- 4)  $T = \frac{B^2 e^2 R^2}{2m}$ ;

- 5)  $L = 2hc \tan \alpha$ ;  
 6)  $k = \frac{m\omega^2 n}{n-1}$ ;  
 7)  $P = \frac{2Q}{3V} + p_0$ ;  
 8)  $K = \frac{4F^2}{4(a-F)^2 - l^2}$ .

Вариант 4

- 1)  $V_3 = \frac{m_1 V_1 - m_2 V_2}{m_1 + m_2}$ ;  
 2)  $E = \frac{ma}{q}$ ;  
 3)  $R = \frac{\varepsilon - Ir}{I}$ ;  
 4)  $\omega = \frac{eB}{m}$ ;  
 5)  $H = h - \frac{V_0^2 \tan^2 \beta}{2g}$ ;  
 6)  $V = \sqrt{\frac{r(F - mg)}{m}}$ ;  
 7)  $T_0 = \frac{2T_0}{5} \left( \frac{3}{2} + \frac{m_2}{m_1} \right)$ ;  
 8)  $h = \sqrt{h_1 h_2}$ .

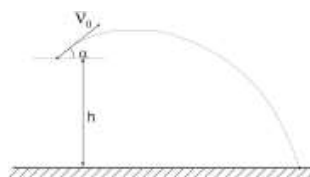
## РЕШЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ЭКЗАМЕНОВ

2012

Вариант 1

**Задача 1.** Запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{mV_0^2}{2} + mgh = \frac{mV^2}{2}$$



таким образом:

$$V = \sqrt{2gh + V_0^2}$$

**Задача 2.** Так как  $\alpha$ -частица – такое же ядро атома гелия (полученное при  $\alpha$ -распаде), то надо рассмотреть упругий нецентральный удар двух одинаковых частиц. Законы сохранения для такого удара имеют вид:

$$\frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_3^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2},$$

$$m\vec{V}_1 = m\vec{V}_3 + m\vec{V}_2, \text{ или}$$

$$(mV_2)^2 = (mV_1)^2 + (mV_3)^2 - 2mV_1mV_3\cos\alpha,$$

где  $\vec{V}_1$  – скорость альфа-частицы до удара,  $\vec{V}_3$  – ее скорость после удара,  $\vec{V}_2$  – скорость атома гелия после удара.

Упростим 1-ое и 3-е уравнения:

$$\begin{aligned} V_1^2 &= V_3^2 + V_2^2 \\ V_2^2 &= V_1^2 + V_3^2 - 2V_1V_3\cos\alpha \end{aligned}$$

Решим систему:

$$\frac{V_3^2}{V_2^2} = \operatorname{ctg}^2\alpha = 3$$

точно также относятся и кинетические энергии

$$\frac{T_\alpha}{T_{He}} = \operatorname{ctg}^2\alpha = 3$$

**Задача 3.** Запишем уравнения процессов:

$$\begin{aligned} p_1V_1 &= 2p_1V_1 \\ \frac{V_2}{T_0} &= \frac{3V_1}{T_3} \end{aligned}$$

отсюда:

$$\frac{V_1}{2T_0} = \frac{3V_1}{T_2}$$

$$T_2 = 6T_0 = 1800 \text{ К}$$

**Задача 4.** Количество теплоты, выделившееся за время  $t$  в вольфрамовой проволоке:

$$Q_B = N_B t = I^2 R_B t = I^2 \rho_B \frac{l}{S} t$$

где  $\rho_B$  – удельное сопротивление вольфрама,  $l$  – длина,  $S$  – площадь поперечного сечения проволоки, аналогично для алюминиевой проволоки:

$$Q_A = N_A t = I^2 R_A t = I^2 \rho_A \frac{l}{S} t$$

таким образом:

$$\frac{Q_B}{Q_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A} = 2$$

**Задача 5.** С помощью линзы получено увеличенное в  $\Gamma = 2$  раза действительное изображение плоскости предмета. Если предмет сместить на  $\Delta d = 2$  см в сторону линзы, то изображение сместиться на  $\Delta f = 12$  см. Определите фокусное расстояние линзы.

Решение.

Напишем две формулы линзы и соотношение для поперечного линейного увеличения.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d - \Delta d} + \frac{1}{f + \Delta f}$$



$$\Gamma = \frac{f}{d}$$

Решим эту систему, из 1-го и третьего уравнений получаем:

$$d = \frac{(\Gamma + 1)F}{\Gamma}$$

$$f = (\Gamma + 1)F$$

подставим эти значения во второе уравнение системы

$$\frac{1}{F} = \frac{\Gamma}{(\Gamma + 1)F - \Delta d \Gamma} + \frac{1}{(\Gamma + 1)F + \Delta f}$$

выразим отсюда F:

$$F = \frac{\Gamma \Delta d \Delta f}{\Delta f - \Gamma^2 \Delta d} = 12 \text{ см}$$

## 2013

Вариант 1

**Задача 1.** Модуль средней скорости по определению:  $V_{\text{ср}} =$

$$\frac{|\overline{\Delta r}|}{\Delta t} = \frac{h}{t_{\text{пол}}}, \text{ где } t_{\text{пол}} - \text{ время падения.}$$

Время падения находим из условия:  $h = \frac{gt_{\text{пол}}^2}{2}$ . Следовательно,

$$t_{\text{пол}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

$$\text{Отсюда } V_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{gh}{2}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

**Задача 2.** Работа идеального газа в данном процессе равна площади внутри цикла:

$$A = P_1 V_1.$$

Напишем уравнение Менделеева-Клайперона для состояния 1, в котором известна температура при условии, что  $\nu = 1$  моль:

$$P_1V_1 = RT.$$

Таким образом:

$$A = RT.$$

**Задача 3.** Согласно принципу суперпозиции:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

Из рисунка видно, что результирующий вектор напряженности направлен вертикально вверх, так как  $E_1 = E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$  и оба вектора  $E_1$  и  $E_2$  направлены под углом  $\alpha = 30^\circ$  к вертикали. Таким образом, горизонтальные составляющие векторов  $E_1$  и  $E_2$  скомпенсированы. Введем ось  $x$ , направленную вертикально вверх, тогда:

$$E = E_x = E_{1x} + E_{2x} = 2E_{1x} = 2E_1 \cos \alpha = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \cos 30^\circ$$

$$E = \sqrt{3} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} = 6,1 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

**Задача 4.** Запишем второй закон Ньютона для частицы, равномерно движущейся по окружности под действием единственной силы – силы Лоренца  $F_L = eVB$ :

$$F_L = m_p \frac{V^2}{R},$$

$$eVB = m_p \frac{V^2}{R}.$$

где  $e$  – заряд протона,  $m_p$  – масса протона.

$$\text{Отсюда } R = \frac{m_p V}{eB} \approx 1,04 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

**Задача 5.** В данном случае источник является мнимым, находящимся на расстоянии  $d = r_0 \operatorname{ctg} \alpha = r_0 \sqrt{3}$ . Формула линзы имеет вид:

91

$$D = \frac{1}{F} = -\frac{1}{d} + \frac{1}{f'}$$

где  $f$  – расстояние от линзы до точки пересечения лучей, преломленных в линзе, откуда

$$f = \frac{Fd}{d+F} = \frac{Fr_0\sqrt{3}}{r_0\sqrt{3}+F} = 5,9 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Из вычислений и построений изображений ясно, что точка пересечения лучей станет ближе к экрану.

2014

Вариант 1

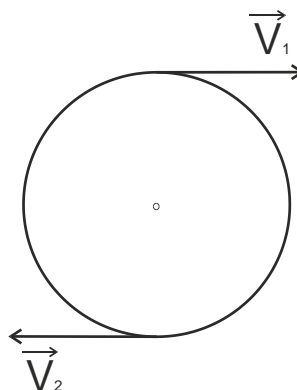
**Задача 1.** Модуль средней скорости равен отношению длины перемещения тела к интервалу времени, в течение которого это перемещение совершено

$$V_{\text{ср}} = \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t} = \frac{2R}{T/2} = \frac{4R}{T};$$

Период обращения, по определению равен:

$$T = \frac{2\pi R}{V};$$

$$V_{\text{ср}} = \frac{4RV}{2\pi R} = \frac{2V}{\pi} = \frac{20}{\pi} = 6,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$



**Задача 2.** Запишем уравнение Менделеева-Клайперона для смеси азота и кислорода и величину средней квадратической скорости молекул:

$$\left\{ \begin{array}{l} v_2 = \frac{v_1}{\beta} \\ pV = (v_1 + v_2)RT \\ U_{\text{KB}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu_1}} \end{array} \right.$$

Решим эту систему:

$$T = \frac{U_{\text{KB}}^2 \mu_1}{3R};$$

$$pV = \frac{m_1 \mu_1 U_{\text{KB}}^2 (\beta + 1)}{\mu_1 3R} R;$$

и выразим массу азота:

$$m_1 = \frac{3pV\beta}{U_{\text{KB}}^2 (\beta + 1)} = 72 \text{ кг.}$$

**Задача 3.** Запишем чему равны емкости первого, второго и составного конденсаторов (по определению емкости конденсатора), учтем, что при параллельном соединении емкости складываются, а так как конденсаторы по условию задачи соединяются обкладками одного знака, то заряд обкладки составного конденсатора является суммой зарядов обкладок  $C_1$  и  $C_2$

$$\left\{ \begin{array}{l} C_1 = \frac{q_1}{U_1} \\ C_2 = \frac{q_2}{U_2} \\ C = C_1 + C_2 \\ q = q_1 + q_2 \\ C = \frac{q}{U} \end{array} \right.$$

Решаем получившуюся систему уравнений:

$$q_1 = C_1 U_1; \quad q_2 = C_2 U_2 \Rightarrow C_1 + C_2 = \frac{C_1 U_1 + C_2 U_2}{U};$$

и находим  $C_1$ :

$$C_1 = C_2 \frac{(U_2 - U)}{(U - U_1)} = 4 \text{ мкФ.}$$

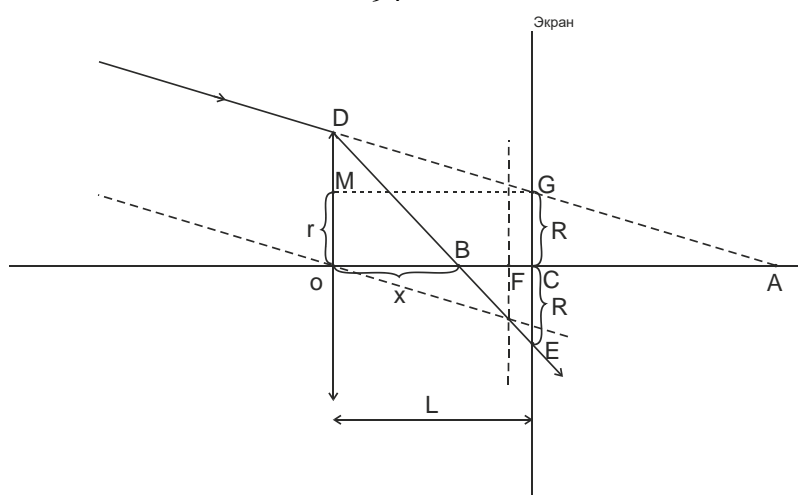
**Задача 4.** Запишем периоды колебаний первого и второго маятников, а также учтем условие задачи, что время, в течение которого первый маятник совершил  $N_1$  полных колебаний, равно времени, в течение которого второй маятник совершил  $N_2$  полных колебаний:

$$\begin{cases} T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{g}{l_1}} \\ T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{g}{l_2}} \\ t = N_1 T_1 = N_2 T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{N_1}{\sqrt{l_1}} = \frac{N_2}{\sqrt{l_2}};$$

Решим полученную систему уравнений и вычислим длину первого маятника:

$$l_1 = \frac{N_1^2}{N_2^2} l_2 = 1 \text{ м.}$$

**Задача 5.**



Из рисунка видно, что  $\triangle BOD$  подобен  $\triangle BCE$ , откуда получаем:

$$\frac{r}{R} = \frac{x}{L-x} \rightarrow \frac{1}{x} = \frac{R+r}{rL};$$

Аналогично из подобия  $\triangle DMG$  и  $\triangle DOA$ , получаем:

$$\frac{r}{OA} = \frac{r-R}{L} \rightarrow \frac{1}{OA} = \frac{r-R}{rL};$$

Также из рисунка видно, что если точка В является предметом, то точка А - его изображение в линзе, таким образом можем написать формулу линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{x} - \frac{1}{OA};$$

Решим получившуюся систему уравнений:

$$\frac{1}{F} = \frac{R+r}{rL} - \frac{r-R}{rL};$$

$$F = \frac{rL}{2R} = 17,5 \text{ см.}$$

**Задача 1.** Запишем уравнения движения, с учетом того, что в верхней точке траектории скорость равна нулю

$$0 = v_0 - g \frac{t}{2},$$

$$H = v_0 \frac{t}{2} - \frac{g \left(\frac{t}{2}\right)^2}{2}.$$

После преобразований получим:

$$H = \frac{gt^2}{8}.$$

**Задача 2.** Запишем уравнение состояния идеального газа

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

и выразим отсюда массу водорода.

$$m = \frac{\mu pV}{RT} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 8.3 \cdot 10^5 \cdot 0.06}{8.3 \cdot 300} = 0.04 \text{ кг}$$

**Задача 3.**  $C_0 = 800$

$$C_1 = 160$$

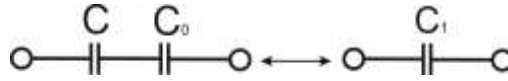
Запишем формулу для емкости двух по-

следовательных соединенных конденсаторов:

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C_0}.$$

После преобразований получаем:

$$C = \frac{C_1 C_0}{C_0 - C_1} = 200 \text{ пФ}$$

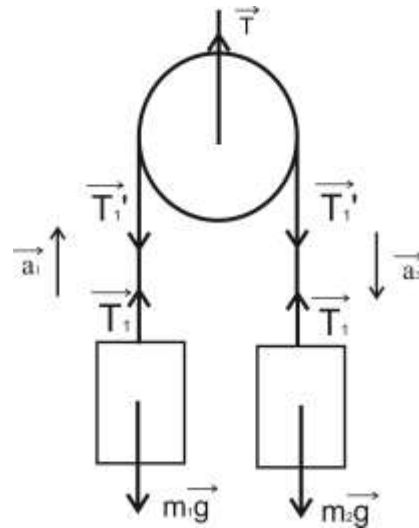


**Задача 4.** Поток вектора магнитной индукции через плоскость рамки равен:

$$\Phi_B = BS \cos \alpha = Bl^2 \cos \frac{\pi}{3} = 0.2 \cdot 0.1^2 \cdot \frac{1}{2} = 10^{-3}$$

**Задача 5.** Запишем второй закон Ньютона для двух грузов и блока, в проекции на вертикальную ось, учтем, что так как нить невесомая и нерастяжимая, то ускорения грузов по модулю равны, и сила натяжения нити, связывающей грузы одинакова. Масса блока равна нулю.

$$\begin{cases} a_1 = a_2 = a, \\ T'_1 = T_1, \\ m_1 a = T_1 - m_1 g, \\ m_2 a = m_2 g - T_1, \\ T - 2T_1 = 0. \end{cases}$$



После преобразований получим:

$$T = 2T_1 = \frac{4g * m_1 * m_2}{m_1 + m_2}.$$

**Задача 6.** Запишем законы сохранения импульса и энергии для упругого соударения двух шаров, при этом учтем, что величина скорости меньшего шара  $v_3$  в  $n$  раз больше величины скорости большего шара  $v_2$ ,  $v_3 = n v_2$

$$\begin{cases} m_2 v_1 = m_1 v_2 - m_2 n v_2, \\ \frac{m_2 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_2^2}{2} + \frac{m_2 n^2 v_2^2}{2}. \end{cases}$$

Решим эту систему уравнения относительно  $\frac{m_1}{m_2}$ :

$$\frac{m_1}{m_2} = 3n$$

**Задача 7.** Мощность, выделяющаяся на внешнем сопротивлении в замкнутой электрической цепи равна  $N = I^2 R$ , учитывая, что



согласно закону Ома для замкнутой электрической цепи ток в ней равен  $I = \frac{\xi^2}{(R+r)^2}$ . Запишем выражения для мощности выделяющейся на  $R_1$  и  $R_2$ , при этом учтем, что мощность одинаковая.

$$\begin{cases} N = I_1^2 R_1 = \frac{\xi^2}{(R_1+r)^2} * R_1, \\ N = I_2^2 R_2 = \frac{\xi^2}{(R_2+r)^2} * R_2. \end{cases}$$

После преобразований получим:

$$r = \sqrt{R_1 R_2}$$

**Задача 8.** Если линза формирует уменьшенное действительное изображение предмета, то она собирающая, а предмет находится на расстоянии  $d_1 > 2F$ . Запишем формулу линзы:

$$\begin{cases} n = \frac{h}{h'} \\ \frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \end{cases}$$

Если линза формирует увеличенное действительное изображение предмета, то она собирающая, а предмет находится на расстоянии  $F < d_2 < 2F$ . Запишем формулу линзы:

$$\begin{cases} n = \frac{h''}{h} \\ \frac{1}{F_2} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_2} \end{cases}$$

Решим получившуюся систему из четырех уравнений и получим:

$$F_2 = \frac{nF_1(n+1)}{n+1} = nF_1.$$

## Вариант 1

**Задача 1.** Запишем закон сохранения импульса системы электровагон, вагон, в проекции на горизонтальную ось:

$$m_0 V = (m_0 + m_1) V_2,$$

$$V_2 = \frac{m_0 V}{m_0 + m_1}.$$

**Задача 2.** Электрическая сила, действующая на точечный заряд со стороны электрического поля равна  $F = qE$ .

Учитывая это спроецируем второй закон Ньютона на вертикальную и горизонтальную оси:

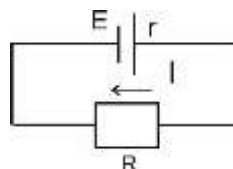
$$\begin{cases} T \cos \alpha = mg \\ T \sin \alpha = qE \end{cases}$$

разделим первое уравнение на второе:  $\tan \alpha = \frac{qE}{mg}$ ,

выразим массу  $m = \frac{qE}{g \tan \alpha}$ .

**Задача 3.** Запишем закон Ома для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}.$$



**Задача 4.** Сила, действующая на электрон со стороны магнитного поля равна:  $F = eVB$ . Запишем второй закон Ньютона для электрона, равномерно движущегося по окружности под действием силы Лоренца, учтем при этом что ускорение электрона - центростремительное  $a = \frac{v^2}{R}$ :

$$m \frac{v^2}{R} = eVB,$$

выразим отсюда радиус окружности:

$$R = \frac{mV}{eB}.$$

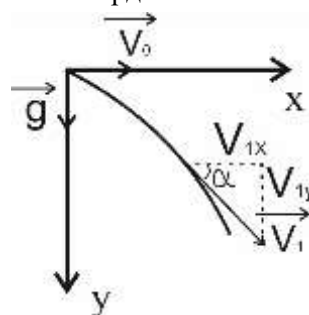
**Задача 5.** Скорость камня при равноускоренном движении зависит от времени как:  $\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{g}t$ .

В момент времени  $T$  проекции скорости на координатные оси и тангенс угла, который составляет скорость с горизонтом (смотри рисунок) равны:

$$\begin{aligned} V_{1x} &= V_0, \\ V_{1y} &= gT, \\ \tan \alpha &= \frac{V_{1y}}{V_{1x}}; \end{aligned}$$

выразим отсюда величину начальной скорости:

$$V_0 = gT \operatorname{ctg} \alpha$$



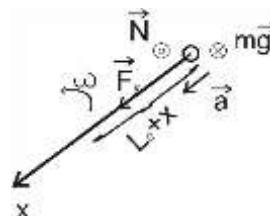
**Задача 6.** Запишем для шарика второй закон Ньютона:

$$m\vec{a} = \vec{F}_y + \vec{N} + m\vec{g}.$$

Спроецируем его на ось, сонаправленную с силой упругости, а также учтем, что ускорение центростремительное и равно  $a = \omega^2(l_0 + x)$ , где  $(l_0 + x)$  - радиус окружности, по которой движется шарик:

$$x: m\omega^2(l_0 + x) = kx$$

выразим удлинение шнура:



$$x = \frac{m\omega^2 l_0}{k - m\omega^2}$$

**Задача 7.** Запишем первое начало термодинамики для процессов 1-2 и 2-3, при этом учтем, что в процессе 2-3 тепло от газа отбирается:

$$Q = (U_2 - U_1) + A_{12},$$

$$-Q' = (U_3 - U_2) + A_{23}.$$

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа для каждого  $i$ -ого состояния равна  $U_i = \frac{3}{2} \nu R T_i$ .

Работа газа в процессе 1-2 равна 0, в процессе 2-3  $A_{23} = P_2(V_3 - V_2)$ , с учетом уравнения Менделеева-Клайперона:

$$A_{23} = \nu R(T_3 - T_2).$$

Учтем, что  $T_1 = T_3$ .

После алгебраических преобразований получаем:

$$Q' = \frac{5}{3} Q.$$

**Задача 8.** Продольное увеличение линзы:

$$k = \frac{l'}{l},$$

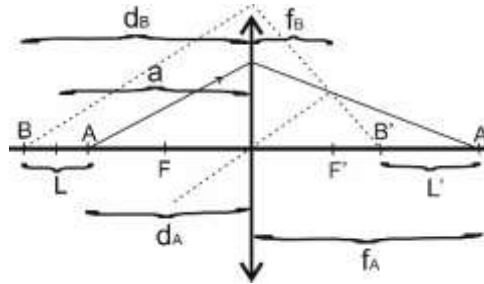
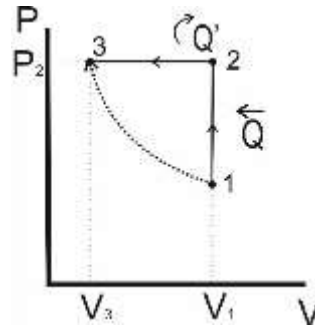
при этом (смотри рисунок):

$$l' = f_A - f_B$$

$$d_A = a - \frac{l}{r},$$

$$d_B = a + \frac{l}{r}.$$

С учетом вышесказанного запишем формулу линзы для точек  $A'$  и  $B'$ :



101

$$\begin{cases} \frac{1}{F} = \frac{2}{a - \frac{l}{r}} + \frac{1}{f_A}, \\ \frac{1}{F} = \frac{2}{a + \frac{l}{r}} + \frac{1}{f_B}, \\ k = \frac{f_A - f_B}{l}; \end{cases}$$

выразим отсюда длину стержня  $l = 2\sqrt{(a - F)^2 - \frac{F^2}{k}}$

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b><u>ВВЕДЕНИЕ</u></b> .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
<b><u>ВАРИАНТЫ ОЛИМПИАД</u></b> .....	<b>4</b>
2013 год .....	4
2014 год .....	11
2015 год .....	18
2016 год .....	24
<b>ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ ОЛИМПИАДЫ</b> .....	<b>30</b>
Ответы 2013 .....	30
Ответы 2014 .....	31
Ответы 2015 .....	34
Ответы 2016 .....	36
<b>РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОЛИМПИАДЫ</b> .....	<b>38</b>
2013 .....	38
2014 .....	43
2015 .....	48
2016 .....	52
<b><u>ВАРИАНТЫ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ЭКЗАМЕНОВ</u></b> .....	<b>56</b>
2012 год .....	56
2013 год .....	61
2014 год .....	63
2015 год .....	67
2016 год .....	72
<b>ОТВЕТЫ К ВСТУПИТЕЛЬНЫМ ЭКЗАМЕНАМ</b> .....	<b>79</b>
Ответы 2012 .....	79
Ответы 2013 .....	80
Ответы 2014 .....	81
Ответы 2015 .....	83
Ответы 2016 .....	84
<b>РЕШЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ЭКЗАМЕНОВ</b> .....	<b>86</b>
2012 .....	86
2013 .....	89
2014 .....	91
2015 .....	94
2016 .....	98