

XXXII Всероссийская олимпиада школьников по физике

С 20 по 26 апреля в столице Чувашской республики городе Чебоксары проходил заключительный этап очередной Всероссийской физической олимпиады. В олимпиаде приняли участие 175 школьников из 54 субъектов Российской Федерации.

Ниже приводятся условия теоретических и экспериментальных задач, а также списки призеров олимпиады.

Задачи олимпиады

Теоретический тур

9 класс

1. На стержень радиусом r прочно насажен моток нерастяжимой липкой ленты внешним радиусом R (рис.1). На этом же стержне на легкой нити

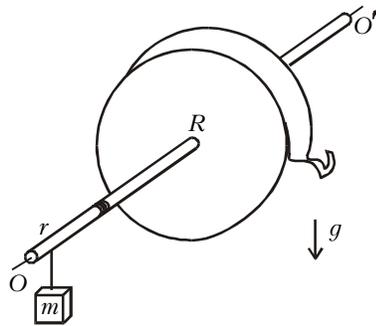


Рис. 1

висит груз массой m . Если ленту тянуть с силой F , груз будет подниматься с постоянной скоростью. С какой силой надо тянуть ленту, чтобы поднимать груз массой $2m$ с той же скоростью? Стержень может свободно вращаться вокруг неподвижной оси OO' .

Л.Мельниковский

2. Тонкостенный цилиндр катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания со скоростью $v_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения между цилиндром и поверхностью $\mu = 0,2$. Цилиндр сталкивается с вертикальной гладкой стенкой и упруго отражается от нее. 1) Найдите скорости верхней и нижней точек цилиндра непосредственно после отражения. 2) Определите скорость центра цилиндра через $t_1 = 2$ с и через $t_2 = 4$ с после столкновения со стенкой. 3) Определите, какой путь пройдет центр цилиндра к момен-

там времени t_1 и t_2 . Принять $g = 10$ м/с².

А.Гуденко

3. Два высоких сообщающихся с атмосферой цилиндра соединены одинаковыми тонкими трубками AB и CD и

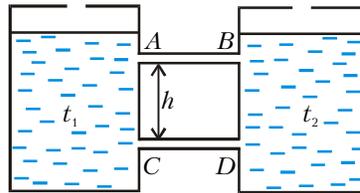


Рис. 2

заполнены водой (рис.2). Расстояние между трубками равно $h = 1$ м. Температуры воды в цилиндрах поддерживаются постоянными и равными $t_1 = 100$ °С и $t_2 = 40$ °С. Плотность воды зависит от температуры по закону $\rho = \rho_0(1 - \beta(t - t_0))$, где t_0 – комнатная температура, $\rho_0 = 1,0 \cdot 10^3$ кг/м³ – плотность воды при комнатной температуре, коэффициент $\beta = 2,1 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹. В такой системе возникает круговая циркуляция воды по трубкам между цилиндрами. Известно, что масса воды, перетекающей по трубке в единицу времени, пропорциональна разности давлений на ее концах. Определите разности давлений на концах трубок AB и CD .

Л.Мельниковский

4. Лампочки L_1 и L_2 , имеющие вольт-амперные характеристики, показанные на рисунке 3, соединили последовательно и подключили к источнику с напряжением $U = 12$ В. 1) Найдите ток, текущий при этом через лампочку L_1 . 2) Какой ток будет течь через лампочку L_1 , если последовательно соединить лампочки L_1 , L_2 и L_3 , имеющую такую же вольт-амперную характеристику, как и L_2 , и подключить эту

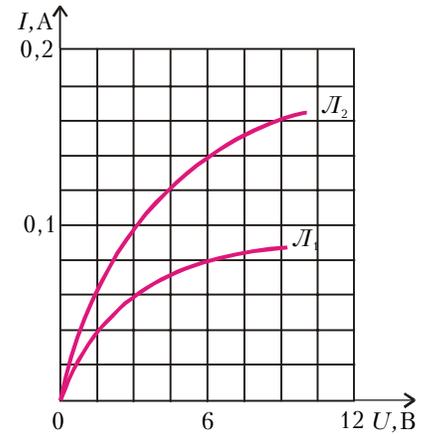


Рис. 3

«гирлянду» к источнику с напряжением $U = 12$ В?

А.Пушинов

10 класс

1. Тело массой m бросают вертикально вверх с поверхности земли, вдоль которой с постоянной скоростью u дует ветер. Сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости тела и равна $\vec{F} = -k\vec{v}$. Через время τ тело возвращается на землю на расстоянии s от точки бросания с вертикальной составляющей скорости, которая на Δv меньше стартовой скорости. Найдите работу сил трения о воздух за все время полета.

Ю.Чешев

2. В тепловой машине в качестве рабочего тела используется один моль идеального одноатомного газа. Рассматриваются циклы I и II (рис.4). Найдите коэффициенты полезного действия (КПД) η_1 и η_2 этих циклов, если их отношение равно $\alpha = 1,6$.

В.Слободянин

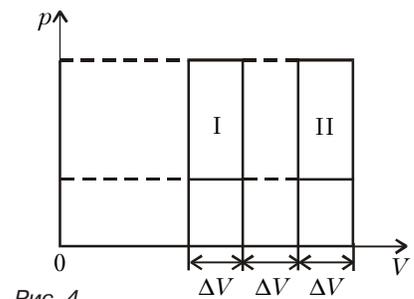


Рис. 4

3. Водяной пар массой $m = 1$ г находится в теплоизолированной камере объемом $V = 39$ л при температуре $T = 300$ К. В той же камере находится вода, масса которой меньше массы пара. В процессе адиабатического сжатия температура пара возрастает на $\Delta T = 1$ К, а часть воды испаряется. На сколько граммов увеличится при этом масса пара в камере? Удельная теплота испарения воды $L = 2370$ Дж/г, пар можно считать идеальным газом с молярной теплоемкостью $C_V = 3R \approx 25$ Дж/(моль·К), теплоемкостью воды можно пренебречь. Известно также, что при малых изменениях температуры насыщенного пара ΔT его давление изменяется на величину $\Delta p = k\Delta T$, где $k = 2 \cdot 10^2$ Па/К.

А.Шеронов

4. В электрической схеме, параметры которой указаны на рисунке 5, определите токи, протекающие через диоды D_1 и D_2 . Диоды считать идеальными.

Ю.Чешев

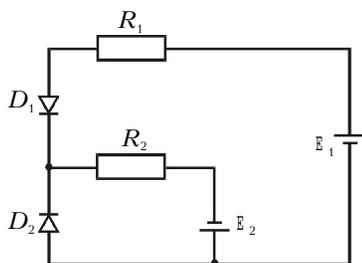


Рис. 5

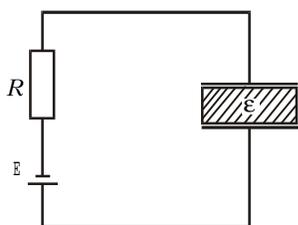


Рис. 6

5. В воздушный конденсатор емкости C_0 вставлена пластина с диэлектрической проницаемостью ϵ . Диэлектрик заполняет весь объем конденсатора. Конденсатор подключен к батарее с ЭДС E через резистор R (рис.6). Пластины быстро вынимают из конденсатора, так что его начальный заряд не успевает измениться. После этого начинается процесс перезарядки конденсатора. Найдите: 1) механическую работу, совершаемую внешней силой против сил электрического поля; 2) изменение электрической энергии конденсатора в процессе перезарядки; 3) работу батареи; 4) количество теплоты, выделившееся на резисторе.

Ю.Чешев

11 класс

1. На гладкой горизонтальной поверхности стола лежит доска массой $M = 1$ кг и длиной $L = 1$ м, прикрепленная легкой пружиной жесткостью $k = 100$ Н/м к вертикальной неподвижной стене (рис.7). В начальный момент пружина не деформирована. По доске пускают небольшой кубик массой $m = 0,1$ кг, сообщив ему начальную скорость $v_0 = 1$ м/с так, как показано на

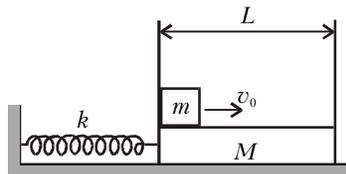


Рис. 7

рисунке. При каком коэффициенте трения кубика о поверхность доски тепло, выделившееся в системе, будет максимальным? Найдите это максимальное тепло. Трение доски о поверхность пренебречь. Считайте, что кубик движется все время в одном направлении (относительно стола). Проверьте, удовлетворяют ли условия задачи этому предположению для всех полученных решений.

Д.Подлесный

2. Два высоких сосуда с водой соединены тонкими длинными трубками AB и CD , расположенными на расстоянии h друг от друга (рис.8). Вода в сосудах поддерживается при температурах T_1 и T_2 ($T_1 > T_2$). Для поддержания темпе-

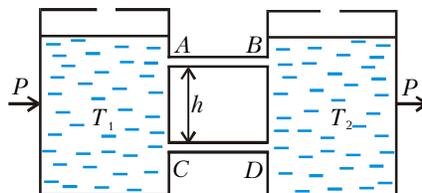


Рис. 8

ратур в сосудах неизменными к более теплому сосуду приходится подводить некоторую тепловую мощность P (от нагревателя), а от холодного – отводить такую же мощность. Пренебрегая теплообменом с окружающей средой и теплопроводностью материала трубок, определите: 1) уровень, отсчитываемый от нижней трубки, на котором давления в обоих сосудах будет одинаковыми; 2) разность давлений на концах трубок AB и CD ; 3) мощность, подводимую к теплому сосуду (и отводимую от холодного). Плотность воды зависит от ее температуры по закону $\rho = \rho_0 - \alpha(T - T_0)$, где ρ_0 и α – постоянные величины. В единицу времени через любую точку трубки проте-

кает масса жидкости $\Delta m/\Delta t = k\Delta p$, где Δp – разность давлений на концах трубки, k – некоторый известный коэффициент. Удельная теплоемкость c воды задана.

Л.Мельниковский

3. Теплоизолированный сосуд разделен на две части теплонепроницаемой перегородкой (рис.9). В перегородке

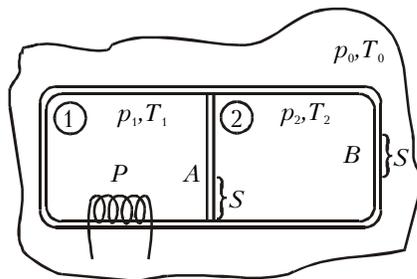


Рис. 9

родке A и в одной из стенок B имеется большое количество маленьких отверстий общей площадью S в каждой. В первой части сосуда включили нагреватель мощностью P . Сосуд заполнен аргоном и помещен в атмосферу аргона. Внешнее давление p_0 и температура T_0 поддерживаются неизменными. Оцените установившиеся значения давлений и температур в обеих частях сосуда. Сделайте численные оценки при $P = 20$ Вт, $S = 10$ мм², $p_0 = 10^5$ Па, $T_0 = 300$ К. Молярная масса аргона $M = 40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/(моль·К).

К.Захарченко

4. На двух гладких горизонтальных и параллельных рельсах, расстояние между которыми $l = 2$ м, находится тонкая проводящая перемычка массой

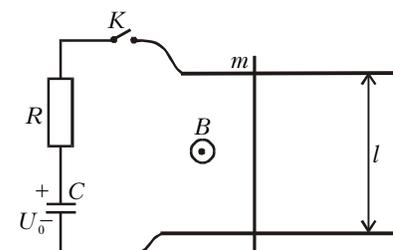


Рис. 10

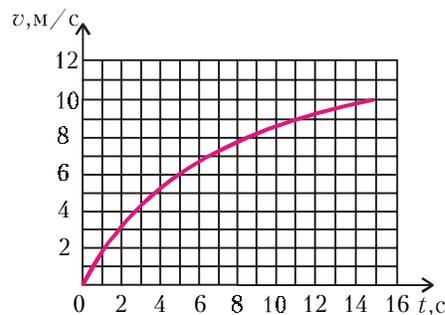


Рис. 11

$m = 0,01$ кг (рис.10). Рельсы через ключ K и резистор сопротивлением $R = 14$ кОм подключены к конденсатору, заряженному до некоторого напряжения U_0 . Рельсы расположены в однородном магнитном поле с индукцией, равной $B = 1$ Тл и перпендикулярной их плоскости. На рисунке 11 приведена экспериментально снятая зависимость скорости v перемычки от времени t после замыкания ключа K . Пренебрегая омическим сопротивлением проводов, рельсов и перемычки, по заданному графику $v(t)$ определите: 1) начальное напряжение на конденсаторе; 2) емкость конденсатора; 3) установившуюся скорость перемычки.

В.Можаев

5. Атомарный цезий испускает при возбуждении две монохроматические линии излучения с близкими длинами волн λ_1 и λ_2 . Для анализа этого излучения используется интерферометр Майкельсона (рис.12). Излучение це-

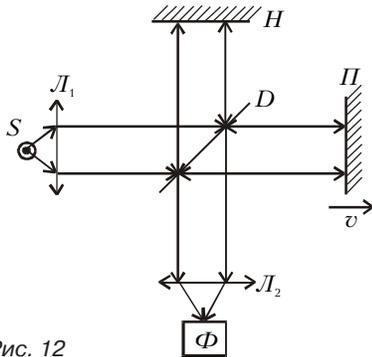


Рис. 12

зиевой лампы S с помощью линзы L_1 направляется в виде параллельного пучка на полупрозрачное зеркало-делитель D . Это излучение частично отражается от делителя и падает на неподвижное зеркало H . Другая часть излучения проходит через делитель и падает на подвижное зеркало Π . После отражения от зеркал H и Π оба пучка вновь возвращаются к делителю D . Часть энергии этих пучков делитель направляет в сторону линзы L_2 , которая фокусирует оба пучка на поверхность катода фотоэлемента. Ток фотоэлемента пропорционален суммарной интенсивности падающего на него потока излучения. Подвижное зеркало Π начинает медленно двигаться от делительной пластины с постоянной скоростью $v = 2,02 \cdot 10^{-6}$ м/с; при этом ток фотоэлемента изменяется так, как показано на рисунке 13. Определите: 1) среднюю длину волны излучения $\lambda = -\lambda_2$; 3) отношение I_1/I_2 интенсивностей спектральных линий, испускаемых атомом цезия.

А.Шеронов

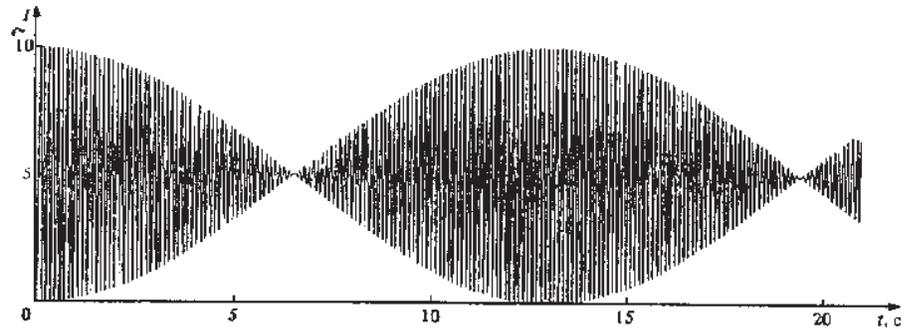


Рис. 13

Экспериментальный тур

9 класс

1. Проверьте выполнение закона Гука и определите модуль упругости (модуль Юнга) стальной проволоки.

Приборы и оборудование: штатив с двумя крепежами; два стержня; стальная проволока (диаметром 0,26 мм); пластилин; линейка, нить; динамометр.

Примечание: модуль упругости определяется через коэффициент жесткости k проволоки как $E = k l_0 / S$, где l_0 и S — длина и площадь поперечного сечения проволоки.

Ф.Денисов

2. Определите массу поваренной соли, растворенной в единице объема воды.

Приборы и оборудование: раствор с неизвестной концентрацией поваренной соли; пол-литровая банка с водой; два электрода; соединительные провода; источник переменного тока с регулируемым напряжением; амперметр; вольтметр; набор 8 навесок поваренной соли; миллиметровая бумага.

В.Самсонов

10 класс

1. Определите мощность электрокипятильника и количество электроэнергии, затраченной на нагревание воды от комнатной температуры до (выбранной по усмотрению) температуры из интервала 80 – 85 °С. Оцените количество теплоты, потерянное в процессе нагревания.

Приборы и оборудование: источник тока неизвестного напряжения; термометр со шкалой до 100 °С; стеклянная банка для воды объемом 0,5 л; кипятильник; часы; миллиметровая бумага; штатив.

Примечание: теплоемкости стекла и воды принять не зависящими от температуры и равными, соответственно, 670 Дж/(кг · К) и 4200 Дж/(кг · К); масса банки 250 г.

В.Самсонов

2. Найдите расстояние между тонкими параллельными стеклами в ящике.

Оцените погрешность с наибольшей возможной точностью.

Приборы и оборудование: два параллельных стекла, ограниченных стенками ящика (без крышки); линейка; карандаш; лист бумаги.

С.Лебедев, В.Самсонов

11 класс

1. Известно, что визуализация электрического сигнала в осциллографе может осуществляться с помощью генератора развертки, т.е. генератора периодически повторяющихся пилообразных импульсов, посылаемых на горизонтально отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки. Таким образом в отсутствие внешнего сигнала светящаяся точка перемещается по экрану равномерно слева направо, после чего быстро возвращается в исходное положение. Используя напряжение генератора развертки, определите неизвестное сопротивление. При каком сопротивлении магазина эксперимент дает наибольшую точность?

Приборы и оборудование: осциллограф; магазин сопротивлений; неизвестное сопротивление; соединительные провода.

Примечание: при работе с осциллографом следует пользоваться только ручками смещения по горизонтали и вертикали, а также ручкой усиления по оси Y; разрешается также использовать гнезда входа и выхода осциллографа.

Л.Виноградов

2. Определите толщину стеклянных пластинок, собранных в пакет, не открывая обертку его торцов.

Приборы и оборудование: бумага; карандаш; линейка; пакет стеклянных пластинок с одним и тем же показателем преломления.

С.Лебедев

*Публикацию подготовили
С.Козел, В.Коровин*

Призеры олимпиады

Дипломы I степени

по 9 классам получили

Многолетний Владимир – Северодвинск, лицей 17,
Попов Илья – Москва, лицей «Вторая школа»,
Ващенко Андрей – Брянск, лицей 1,
Муслиенко Дмитрий – Киров, ФМЛ 35,
Шутович Андрей – Владивосток, школа 23;

по 10 классам –

Чудновский Александр – Челябинск, школа 96,
Сырицын Сергей – Саратов, ФТЛ 1,
Дельцов Василий – Чебоксары, УВК СШ 54,
Кравцов Константин – Москва, лицей «Вторая школа»;

по 11 классам –

Водомеров Александр – Вологда, естественно-математический лицей,
Имамбеков Адилет – Москва, СУНЦ.

Дипломы II степени

по 9 классам получили

Любимова Дина – п.Черноголовка Московской обл., ЭШ 82,
Кулигин Леонид – Бийск, лицей,
Прокотьев Максим – Ноябрьск, школа-лицей 10,
Полищук Олег – Москва, школа 57,
Ульянов Андрей – Снежинск, гимназия 122,
Полтавский Ярослав – Ноябрьск, школа-лицей 10;

по 10 классам –

Канделаки Вахтанг – Вологда, естественно-математический лицей,
Соломатин Константин – Протвино, МОУ лицей,
Полянский Юрий – Радужный, школа 2,
Матвеев Артур – Белорецк, комплексная школа,
Хегай Александр – Новосибирск, школа 130,
Румянцев Леонид – Ростов-на-Дону, лицей 1,
Васильев Михаил – Долгопрудный, ФМШ 5,
Каган Григорий – Нижний Новгород, лицей 40,
Шапиро Александр – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,
Панов Евгений – Челябинск, ФМЛ 31,

Черемухин Антон – Сергиев Посад, ФМШ 2;

по 11 классам –

Соболев Дмитрий – Нижний Новгород, лицей 40,
Рубцов Григорий – п.Черноголовка Московской обл., ЭШ 82,
Слизовский Сергей – Санкт-Петербург, академическая гимназия,
Гагарин Максим – Пермь, гимназия 17,
Барышев Владимир – Нижний Новгород, лицей 40,
Цыганков Дмитрий – Москва, СУНЦ,
Хохлов Михаил – Брянск, лицей 1,
Макурин Михаил – Архангельск, школа 22.

Дипломы III степени

по 9 классам получили

Емелин Михаил – Нижний Новгород, лицей 40,
Астрецов Сергей – Москва, школа 91,
Сарбаев Руслан – Чебоксары, школа 53,
Сыроваткин Дмитрий – Новороссийск, школа 40,
Шварц Осип – Новороссийск, школа 10,
Ласкин Виктор – Санкт-Петербург, Аничков лицей,
Кислицын Дмитрий – Братск, лицей 1,
Брагин Сергей – Ростов-на-Дону, школа 58,
Медников Леонид – Москва, лицей «Вторая школа»;

по 10 классам –

Мелешков Илья – Ноябрьск, школа-лицей 10,
Матушкин Тимофей – Ноябрьск, школа-лицей 10,
Жолобов Александр – Киров, ФМЛ 35,
Курасов Александр – Санкт-Петербург, Аничков лицей,
Яньшин Александр – Чебоксары, школа 9,
Нарышкин Юрий – Чебоксары, ЧТЛ,
Соколов Андрей – Нижний Новгород, лицей 40,
Агафонцев Дмитрий – Киров, ФМЛ 35,
Шипулина Галина – Березники, школа 3,
Черемин Руслан – Москва, СУНЦ;

по 11 классам –

Абанин Дмитрий – Ростов-на-Дону, школа 56,



Широковский Николай – Заречный, школа 230,
Чеховской Александр – Московская обл., школа-лицей 11,
Турицын Константин – Новосибирск, СУНЦ,
Барыгин Илья – Санкт-Петербург, лицей «ФТШ»,
Дурашкин Александр – Челябинск, школа 31,
Мартьянов Кирилл – Нижний Новгород, лицей 40,
Ли Дмитрий – Новгород, педагогический лицей,
Трубицын Дмитрий – Новосибирск, гимназия 3,
Подшивалин Андрей – Чебоксары, УВК СШ 54,
Храмцов Дмитрий – Новосибирск, СУНЦ.