

XXXIII Всероссийская олимпиада школьников по физике

В апреле этого года в городе Ульяновске проходил заключительный тур очередной Всероссийской физической олимпиады школьников. В соревнованиях приняли участие 158 учащихся 9 – 11 классов из всех регионов Российской Федерации.

Ниже приводятся условия теоретических и экспериментальных задач заключительного этапа и список призеров олимпиады.

Задачи олимпиады

Теоретический тур

9 класс

1. Кот Леопольд сидел у края крыши. Два злобных мышонка выстрелили в него из рогатки. Однако камень, описав дугу, упал у ног кота (рис.1) через время $\tau = 1$ с. На каком расстоянии s

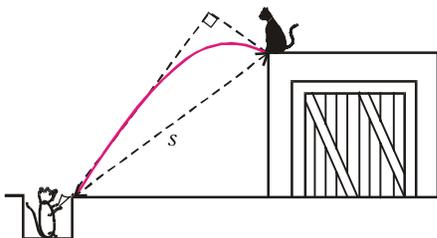


Рис. 1

от мышей находился кот Леопольд, если известно, что векторы скоростей камня в момент выстрела и в момент падения были взаимно перпендикулярны?

Д.Александров

2. На гладком горизонтальном столе стоит клин массой M с углом наклона α при основании (рис.2). На поверхности клина находится брусок массой m , привязанный легкой нитью к стене. Нить перекинута через невесомый блок, укрепленный на вершине клина. Отрезок нити AB параллелен горизонтальной поверхности стола. Вначале систему удерживают, а затем отпускают.

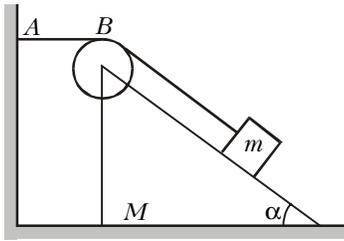


Рис. 2

При этом брусок начинает скользить по наклонной поверхности клина. Силы трения отсутствуют. 1) Найдите ускорение клина в этом случае. 2) Полагая α заданным, найдите, при каком отношении масс клина и бруска такое скольжение возможно.

А.Пушинов

3. На рисунке 3 изображена цепочка, состоящая из шести одинаковых звеньев. Все резисторы в цепочке одинаковы и имеют сопротивление r . В первое и

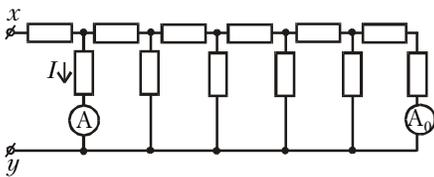


Рис. 3

последнее звенья цепочки включены амперметры A и A_0 . На входные клеммы x и y цепочки подано некоторое постоянное напряжение U_{xy} , при этом амперметр A показывает ток $I = 8,9$ А. 1) Какой ток I_0 показывает амперметр A_0 ? 2) Определите напряжение U_{xy} , поданное на входные клеммы цепочки, при условии $r = 1$ Ом. 3) Определите для этого случая электрическое сопротивление R_{xy} между клеммами x и y .

С.Козел

4. В архиве Снеллиуса нашли чертеж, на котором были изображены два плоских зеркала M_1 и M_2 , образующих двугранный угол величиной в 70° , и точечный источник света S_0 (рис.4). От времени чернила выцвели, и невоз-

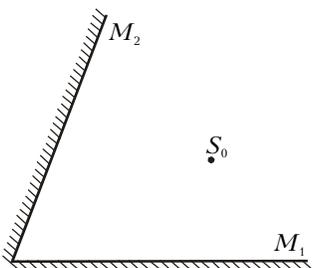


Рис. 4

можно было разглядеть, сколько изображений источника давала такая система зеркал. Попробуйте восстановить все изображения источника S_0 . Сколь-

ко изображений источника S_0 можно было увидеть в такой системе зеркал?
В.Слободянин

10 класс

1. По двум кольцевым дорогам радиуса R , лежащим в одной плоскости, движутся автомобили A_1 и A_2 со скоростями $v_1 = v = 20$ км/ч и $v_2 = 2v$ (рис.5). В некоторый момент автомобили находились в точках M и C на

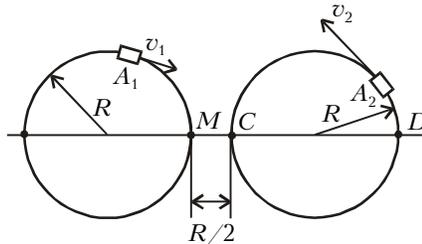


Рис. 5

расстоянии $R/2$ друг от друга. Размеры автомобилей малы по сравнению с R . 1) Найдите скорость автомобиля A_2 в системе отсчета, связанной с автомобилем A_1 в этот момент. 2) Найдите скорость автомобиля A_2 в системе отсчета, связанной с автомобилем A_1 , когда A_2 окажется в точке D .

В.Чивилёв

2. В герметично закрытом сосуде находится влажный воздух, температура которого $t_1 = 75^\circ\text{C}$, а относительная влажность $\phi_1 = 25\%$. Воздух в сосуде начинают охлаждать. При какой температуре t_2 внутренние стенки сосуда запотеют? График зависимости давления насыщенного водяного пара от температуры приведен на рисунке 6.

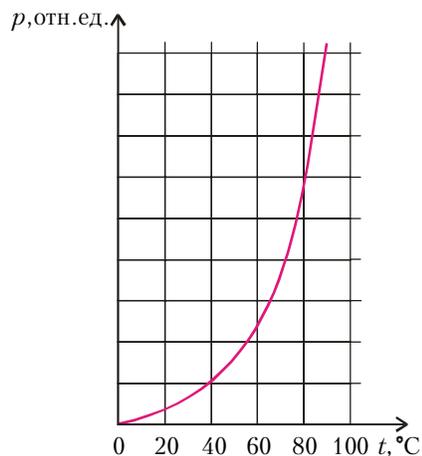


Рис. 6

Давление насыщенного пара дано в относительных единицах.

А.Пушинов

3. На миллиметровой бумаге изображена $p-V$ -диаграмма некоторого процесса 1-2, проведенного над идеаль-

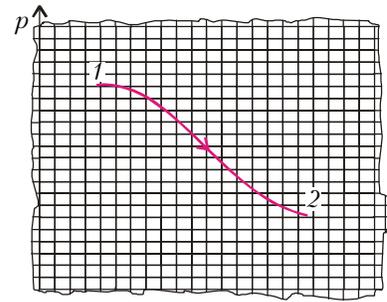


Рис. 7

ным одноатомным газом (рис.7). Известно, что в этом процессе количества теплоты, отданное и поглощенное газом, одинаковы. К сожалению, ось V диаграммы утеряна. Постройте по данным задачи эту ось.

С.Жак

4. На рисунке 8 представлена электрическая схема, состоящая из батареи с ЭДС E , конденсаторов емкостями C_1 и C_2 , резисторов сопротивлениями R_1 и R_2 , ключа K и идеального вольтметра. После замыкания ключа оказалось, что

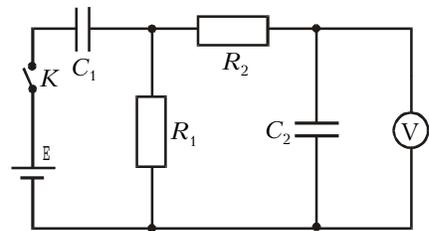


Рис. 8

максимальное напряжение на конденсаторе C_2 , измеренное вольтметром, равно $E/2$. 1) Определите разность потенциалов на конденсаторе C_1 в этот момент. 2) Найдите ток через резистор R_1 в этот же момент. 3) Определите максимальный заряд конденсатора C_1 . 4) Вычислите полное количество теплоты, выделившееся в цепи после замыкания ключа.

Ю.Чешев

5. В случае несамостоятельного газового разряда идеализированная зависимость тока I через газоразрядную

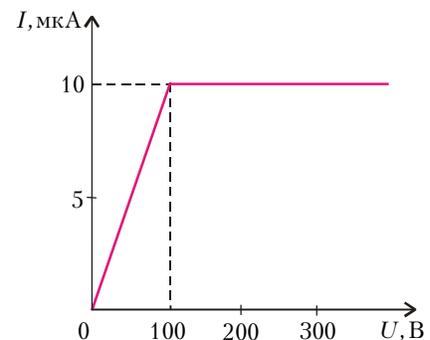


Рис. 9

трубку от напряжения U между электродами имеет вид, показанный на рисунке 9. Трубка с последовательно соединенным балластным сопротивлением $R = 10^7$ Ом подключается к конденсатору емкостью $C = 10^{-3}$ Ф, заряженному до напряжения $U_0 = 300$ В. Какое количество теплоты выделится в трубке за время полного разряда конденсатора?

В. Можаяев

11 класс

1. Тонкостенная цилиндрическая трубка массой M катится без проскальзывания по горизонтальной поверхности неподвижной плиты Π со скоростью v_0 и попадает на ленту горизонтального транспортера, движущуюся в том же направлении со скоростью u (рис. 10). Коэффициент трения скольжения между трубкой и лентой равен

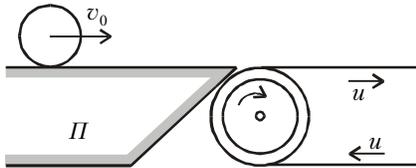


Рис. 10

μ . 1) Через какое время t_1 после вкатывания на ленту трубка начнет катиться по ней без проскальзывания? 2) Определите изменение кинетической энергии трубки за время t_1 . 3) Чему равно количество теплоты, выделившееся за время t_1 ?

В. Можаяев

2. Представим себе, что в безбрежных просторах космоса обнаружена галактика X , в которой силы взаимодействия между телами не подчиняются закону всемирного тяготения. В этой галактике любые два точечных тела притягиваются друг к другу с силой, пропорциональной их массам m_1 и m_2 и расстоянию r между ними: $F = \alpha m_1 m_2 r$. Астрономам удалось определить полную массу галактики $M = 10^{40}$ кг и коэффициент пропорциональности $\alpha = 2,5 \cdot 10^{-59}$ Н/(м · кг²). Предполагая, что в момент открытия галактики X ее масса была распределена произвольно и несимметрично, а в галактике отсутствовали относительные движения тел, оцените время жизни этого объекта.

С. Жак

3. Идеальный холодильник, потребляющий во время работы из электросети мощность $N = 100$ Вт, находится в комнате, которую можно рассматривать как замкнутую теплоизолированную

камеру объемом $V = 100$ м³. Начальные параметры воздуха в комнате: температура $T_0 = 300$ К, давление $p_0 = 1$ атм. В холодильную камеру устанавливается ванночка с водой при температуре $T_x = 273$ К. Масса воды $m_0 = 4$ кг. 1) Какое минимальное время должен проработать холодильник, чтобы вода в ванночке замерзла? 2) Чему будет равна температура воздуха в комнате в этот момент? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,34 \cdot 10^5$ Дж/кг. Теплоемкость стен комнаты и стенок холодильника не учитывать. Читать относительное изменение температуры в комнате в результате работы холодильника малым. Воздух считать двухатомным идеальным газом.

В. Можаяев

4. Бесконечная цепочка составлена из одинаковых нелинейных элементов Z и резисторов сопротивлением $R =$

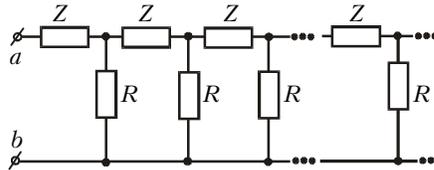


Рис. 11

$= 4$ Ом (рис. 11). Вольт-амперная характеристика цепочки, измеренная между входными клеммами a и b , изображена на рисунке 12. Определите графическим построением вольт-амперную характеристику нелинейного элемента Z .

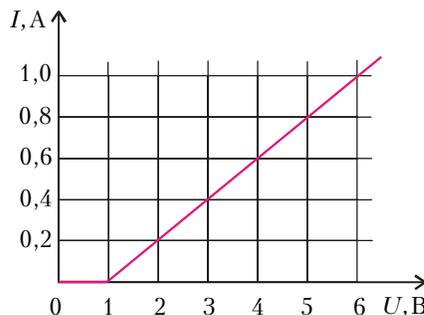


Рис. 12

ражена на рисунке 12. Определите графическим построением вольт-амперную характеристику нелинейного элемента Z .

С. Козел

5. Лазерный луч распространяется в сферически симметричной среде с показателем преломления $n(R) = n_0 R/R_0$, где $n_0 = 1$, $R_0 = 30$ см, $R_0 \leq R \leq \infty$. Траектория луча лежит в плоскости, проходящей через центр S симметрии среды. Известно, что на расстоянии $R_1 = 80$ см от точки S лазерный луч образует с радиусом-вектором, проведенным из этого центра, угол $\phi = 30^\circ$ (рис. 13). На какое

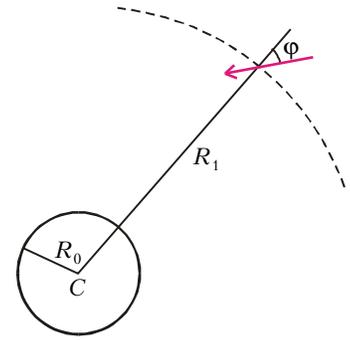


Рис. 13

минимальное расстояние приблизится лазерный луч к центру симметрии среды?

В. Слободянин

Экспериментальный тур

9 класс

1. Определите сопротивления мультиметра и миллиамперметра, на двух пределах для каждого прибора.

Принадлежности: медная и цинковая пластины, соленый огурец, мультиметр 50/250 мВ, миллиамперметр 5/50 мА, соединительные провода – 2 шт.

2. Определите плотность тела.

Принадлежности: тело неправильной формы, прочный стержень, линейка, штатив с муфтой и лапкой, сосуд с водой, прочная нить.

10 класс

1. Установите электрическую схему цепи, находящейся внутри «черного ящика». Постройте вольт-амперные характеристики ее элементов. По возможности оцените параметры элементов схемы.

Принадлежности: «черный ящик», плата на пружинах для монтажа схем, переменный резистор 1 кОм, миллиамперметр 5/50 мА, источник постоянного тока (элемент) 1,5 В, вольтметр 6 В.

2. Определите коэффициент трения графитового стержня карандаша о лист бумаги, на котором выполняется задание олимпиады.

Принадлежности: линейка, прямоугольный треугольник, карандаш, инструмент для заточки карандаша, лист бумаги.

11 класс

1. «Черный ящик» включает в себя три элемента. 1) Определите электрическую схему соединения этих элементов. 2) Определите параметры этих элементов.

Принадлежности: «черный ящик»,

миллиамперметр переменного тока (диапазон измерений 50 мА), звуковой генератор школьный (диапазон изменения частоты 50 – 5000 Гц, выходное сопротивление 5 Ом), осциллограф лабораторный ОМШ (работать с нажатой кнопкой 1 В/дел или

3 В/дел), соединительные провода, миллиметровая бумага.

2. Используя предложенное оборудование, проведите измерения коэффициента трения дерева по дереву разными способами и оцените погрешности полученных результатов.

Призеры олимпиады

Дипломы I степени

по 9 классам получили

Калинин Вячеслав – Клин, школа 1,
Манаков Андрей – Озерск Челябинской обл., ФМЛ 39,
Клименко Алексей – Москва, Московская государственная Пятидесят седьмая школа,
Гатанов Тимур – Санкт-Петербург, ФМГ 30;

по 10 классам –

Вавилов Виталий – Набережные Челны, Классический лицей 78,
Многолетний Владимир – Северодвинск, школа-лицей 17,
Шутович Андрей – Санкт-Петербург, лицей «ФТШ»,
Салтыков Петр – Дубна, лицей «Дубна»,
Попов Илья – Москва, лицей «Вторая школа»;

по 11 классам –

Панов Евгений – Челябинск, ФМЛ 31,
Хегай Александр – Новосибирск, школа-колледж 130,
Матвеев Артур – Белорецк, компьютерная школа,
Сырцын Сергей – Саратов, ФТЛ 1,
Мартыанов Владимир – Нижний Новгород, лицей 40,
Акимов Владимир – Тула, муниципальный лицей 2.

Дипломы II степени

по 9 классам получили

Нестеренко Александр – Санкт-Петербург, лицей «ФТШ»,
Карманов Максим – Челябинск, ФМЛ 31,
Четвериков Денис – Вологда, Естественно-математический лицей;

по 10 классам –

Жук Сергей – Вологда, Естественно-математический лицей,
Кузьмин Денис – Киров, ФМЛ,
Алферов Роман – Челябинск, ФМЛ 31,
Шварц Осип – Новосибирск, гимназия 3,
Чепель Владислав – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,

Ибрагимов Адиль – Чебоксары, ФМЛ 27,

Ващенко Андрей – Брянск, лицей 1,
Иванов Михаил – Нижний Новгород, лицей 40,
Лукьянов Михаил – Барнаул, гимназия 123,
Харитонов Александр – Дубна, лицей «Дубна»,
Вахов Алексей – Пермь, ФМШ 146;

по 11 классам –

Каган Григорий – Нижний Новгород, ФМЛ 40,
Канделаки Вахтанг – Вологда, школа 32,
Вергелес Сергей – п.Черноголовка Московской обл., экспериментальная школа 75,
Дельцов Василий – Чебоксары, учебно-воспитательный комплекс 54,
Гонтаренко Константин – Москва, СУНЦ МГУ,
Агафонцев Дмитрий – Киров, ФМЛ,
Черемухин Антон – Сергиев Посад, ФМШ 2,
Чудновский Александр – Челябинск, Лингво-гуманитарная гимназия 96,
Матушкин Тимофей – Ноябрьск, школа-лицей 10,
Кравцов Константин – Москва, лицей «Вторая школа»,
Малиновский Юрий – Дубна, лицей «Дубна».

Дипломы III степени

по 9 классам получили

Дзябур Василий – Сергиев Посад, ФМШ 2,
Меньшиков Игорь – Пермь, ФМШ 146,
Головченко Константин – Брянск, лицей 1,
Терентьев Евгений – Чебоксары, школа-гимназия 34,
Страбыкин Александр – Киров, ФМЛ,
Шемятихин Дмитрий – Ульяновск, школа-гимназия 1,
Королев Кирилл – Челябинск, ФМЛ 31,
Нургалеев Данияр – Казань, ФМЛ 131,
Колотилин Антон – Барнаул, Инженерно-технический лицей,

Принадлежности: штангенциркуль, деревянная катушка из-под ниток, деревянный брусок, нить, булавка.

Сажин Виктор – Москва, экспериментальная гимназия «Дорогомилово» школы 710,

Трубин Кирилл – Санкт-Петербург, Академическая гимназия,
Семенов Дмитрий – Санкт-Петербург, лицей «ФТШ»,
Муравьев Вячеслав – Смоленск, гимназия им. Пржевальского,
Горбунов Ярослав – Москва, лицей «Вторая школа»,
Ефремов Алексей – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,

Красин Иван – Калуга, школа 48,
Сызранов Сергей – Москва, экспериментальная школа 91;

по 10 классам –

Емелин Михаил – Нижний Новгород, лицей 40,
Ульянов Андрей – Снежинск, многопрофильная гимназия 127,
Нестеров Константин – Краснодар, школа 89,
Мусиенко Дмитрий – Киров, ФМЛ,
Прокотьев Максим – Ноябрьск, школа-лицей 10,
Полтавский Ярослав – Ноябрьск, школа-лицей 10,
Лемаренко Михаил – Санкт-Петербург, Академическая гимназия,
Ротаев Михаил – Новосибирск, школа-колледж 130,
Шукшин Иван – Волгодонск, профильная школа 24,
Розутов Владимир – Юбилейный Пермской обл., гимназия 3;

по 11 классам –

Курасов Александр – Санкт-Петербург, Аничков лицей,
Власов Михаил – Москва, лицей «Вторая школа»,
Полянский Юрий – Радужный Кировской обл., школа 2,
Шамгунов Артем – Москва, СУНЦ МГУ,
Шапиро Александр – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,
Нарышкин Юрий – Чебоксары, Чувашско-турецкий лицей.

Публикацию подготовили
С.Козел, В.Коровин