

XXXIV Всероссийская олимпиада школьников по физике

С 19 по 26 апреля этого года в Перми прошел заключительный этап Всероссийской физической олимпиады школьников. В соревнованиях приняли участие 186 учащихся 9 – 11 классов из 63 регионов России.

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

Задачи олимпиады

Теоретический тур

9 класс

1. К диску радиусом R , насаженному на горизонтальный вал мотора, под действием силы тяжести прижимается тяжелый брусок массой M (рис.1).

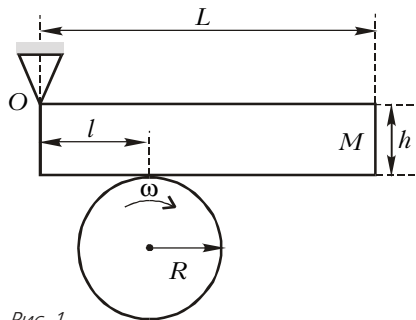


Рис. 1

Брусок может свободно поворачиваться относительно оси O . Длина бруска L , его толщина h . Точка соприкосновения бруска с диском находится на расстоянии l от левого края бруска. Коэффициент трения скольжения между бруском и диском μ . Предполагая, что мотор может развивать мощность P , определите угловую скорость ω вращения диска в зависимости от величины l . Рассмотрите случаи вращения диска по часовой стрелке (ω^+) и против часовой стрелки (ω^-). Постройте качественные графики $\omega^+(l)$ и $\omega^-(l)$.

С.Козел

2. Кот Леопольд стоял у края крыши сарая. Два злобных мышонка выстрелили в него из рогатки. Однако камень, описав дугу, через $t_1 = 1,2$ с упруго отразился от наклонного ската крыши сарая у самых лап кота и через $t_2 = 1,0$ с попал в лапу стрелявшего

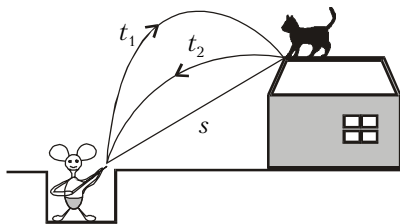


Рис. 2

мышонка (рис.2). На каком расстоянии s от мышей находился кот Леопольд?

Д.Александров, В.Слободянин

3. Известно, что дистиллированную воду, очищенную от примесей, можно охладить без превращения в лед ниже температуры $t_0 = 0$ °С. В зависимости от внешнего давления процесс кристаллизации воды может начаться при различных температурах $t < t_0$. Образовавшийся при этом лед отличается по своим физическим свойствам от обычного льда при температуре 0 °С. Определите, чему равна удельная теплота плавления льда λ_2 при температуре $t_1 = -10$ °С. Удельную теплоемкость воды в интервале температур от -10 °С до 0 °С примите равной $c_1 =$



$= 4,17 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К). Удельную теплоемкость льда в этом интервале температур примите равной $c_2 = 2,17 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К). Удельная теплота плавления льда при температуре 0 °С равна $\lambda_1 = 3,32 \cdot 10^5$ Дж/кг.

В.Орлов

4. Дан «черный ящик» с тремя выводами (рис.3). Известно, что внутри ящика находится некоторая схема, составленная из резисторов. Если к выводам 1, 3 подключить источник напряжением $U = 15$ В и измерить с помощью вольтметра напряжения между выводами 1, 2 и 2, 3, то они оказываются равными $U_{12} = 6$ В и $U_{23} = 9$ В.

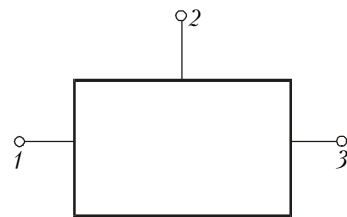


Рис. 3

Если источник подключить к выводам 2, 3, то $U_{21} = 10$ В и $U_{13} = 5$ В. Какими будут напряжения U_{13} и U_{32} , если источник подключить к выводам 1, 2? Нарисуйте возможные схемы «черного ящика» с минимальным числом резисторов. Полагая, что наименьшее сопротивление из всех резисторов равно R , найдите сопротивления остальных резисторов.

С.Козел

10 класс

1. На гладкой горизонтальной поверхности колеблется на пружине вдоль оси Ox брусок. По направлению к бруску вдоль оси Ox движется со скоростью v_0 шарик (рис.4), который после упругого удара о брусок отска-

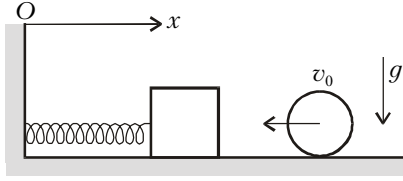


Рис. 4

кивает в противоположном направлении. Масса шарика во много раз меньше массы бруска. График зависимости координаты x бруска от времени t представлен на рисунке 5.

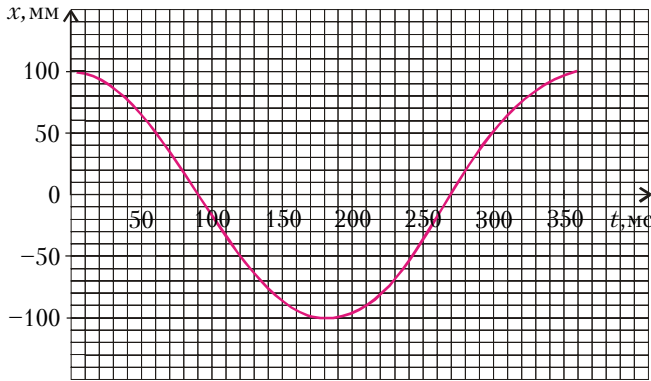


Рис. 5

1) Используя график, найдите максимально возможную скорость шарика после отскока при $v_0 = 0,06$ м/с.

2) При каких значениях v_0 разность Δ между максимально возможной скоростью отскока и v_0 не будет зависеть от v_0 ? Найдите эту разность.

В. Чивилёв

2. Длинный товарный поезд трогается с места. Вагоны соединены друг с другом с помощью абсолютно неупругих сцепок. Первоначально зазор в каждой сцепке равен L (рис.6). Масса локомотива m , а его порядковый номер первый. Все вагоны загружены, и масса каждого из них тоже m .

1) Считая силу тяги локомотива постоянной и равной F , найдите время, за которое в движение будет вовлечено N вагонов.

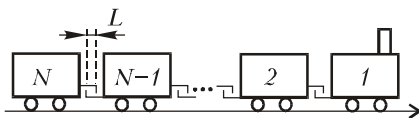


Рис. 6

2) Полагая, что состав очень длинный ($N \rightarrow \infty$), определите предельную скорость v_∞ локомотива.

П. Бойко, Ю. Полянский

3. В воду массой m бросают вещество такой же массы, обладающее следующими свойствами. а) При растворении в воде вещество поглощает энергию λ на каждый килограмм, причем $\lambda/c = 200$ К, где c — удельная теплоемкость вещества, которая равна теплоемкости воды и не меняется при растворении. б) Растворимость вещества в воде, определяемая как отношение массы растворенного вещества к массе растворителя: $\alpha = m_{\text{вещ}}/m_{\text{раств}}$, в насыщенном растворе зависит от температуры (рис.7). Начальная температура вещества $+200$ °С, воды 0 °С. Определите установившуюся температуру раствора $t_{\text{уст}}$ и конечную концентрацию $\alpha_{\text{уст}}$. Тепловыми потерями и испарением пренебречь.

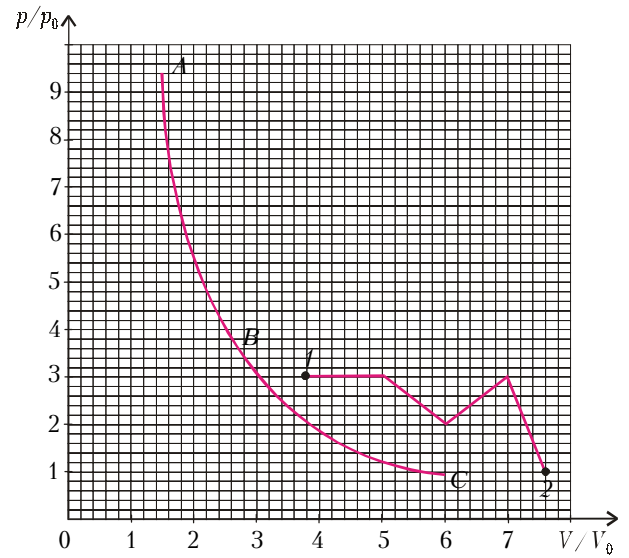


Рис. 8

С. Сырицын

4. Кривая ABC (рис.8) является адиабатой для некоторого вещества, у которого внутренняя энергия зависит от произведения pV ,

т.е. $U = U(pV)$. Найдите полное количество теплоты, которое вещество получило в процессе 1—2, изображенном на рисунке.

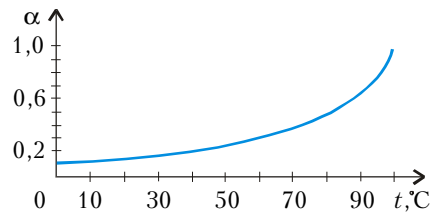


Рис. 7

Д. Абанин

5. В электрической цепи, представленной на рисунке 9, ключ K разомкнут и токи не текут. Определите:

1) Токи через батареи E_1 и E_2 сразу после замыкания ключа.

2) Изменение электростатической энергии ΔW системы после прекращения токов.

3) Работы A_1 и A_2 батарей E_1 и E_2 за все время процесса.

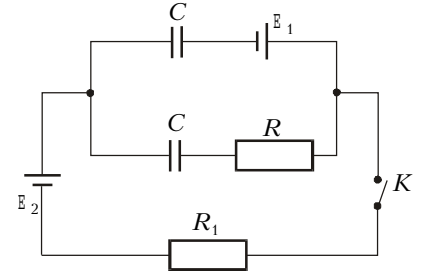


Рис. 9

4) Количество теплоты Q , выделившееся на резисторах после замыкания ключа.

Ю. Чешев

11 класс

1. На два вращающихся в противоположных направлениях цилиндрических валика радиусом $R = 0,5$ м положили длинный однородный брусок (рис.10) так, что его центр масс ока-

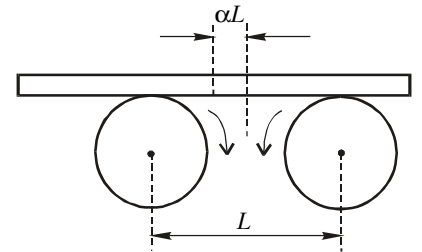


Рис. 10

зался смещенным от оси симметрии на αL , где $\alpha = 3/8$, а $L = 2$ м — расстояние между осями валиков. Затем брусок без толчка отпускают. Коэффициент трения между бруском и валиками равен $\mu = 0,3$ и не зависит от их относительной скорости. Угло-

вая скорость вращения валиков $\omega_1 = 10 \text{ с}^{-1}$. После того как колебания установились, угловую скорость вращения валиков уменьшили в 10 раз. Найдите частоту Ω и амплитуду A_2 новых установившихся колебаний бруса.

А.Варгин

2. К двум точкам A и B , находящимся на одной горизонтали, расстояние

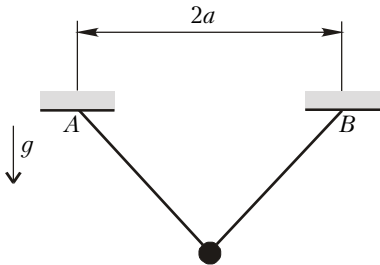


Рис. 11

между которыми $2a$, прикреплена тонкая легкая нерастяжимая нить длиной $2l$ (рис.11). По нити без трения скользит маленькая тяжелая бусинка. Ускорение свободного падения g .

1) Найдите частоту малых колебаний бусинки ω_{\perp} в плоскости, перпендикулярной отрезку, соединяющему точки крепления нити.

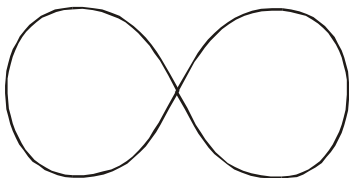


Рис. 12

2) Найдите частоту малых колебаний бусинки ω_{\parallel} в вертикальной плоскости, проходящей через точки крепления нити.

3) При каком отношении l/a траектория движения бусинки в проекции на горизонтальную плоскость может иметь вид, представленный на рисунке 12?

Примечание: при решении задачи вам может оказаться полезной формула

$$\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2 + \dots \text{ при } x \ll 1.$$

В.Пестун

3. См. задачу 4 для 10 класса.
4. В электростатическом вольтметре сила притяжения между металлическими пластинами плоского конденсатора C измеряется с помощью аналитических весов (рис.13). При постоянном напряжении $U_1 = 500 \text{ В}$ между пластинами 1 и 2 весы уравниваются разновесом массой $m_1 = 200 \text{ мг}$.

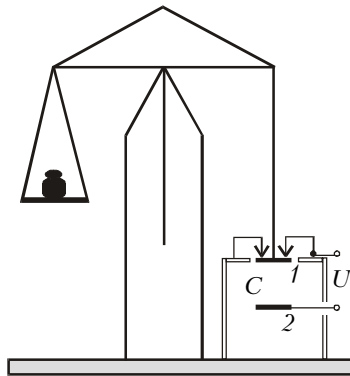


Рис. 13

На пластины конденсатора подается периодическая последовательность треугольных импульсов напряжения с длительностью $\tau = 5 \cdot 10^{-4} \text{ с}$ и периодом повторения $T = 0,01 \text{ с}$ (рис.14). Чему равна амплитуда импульсов U_0 ,

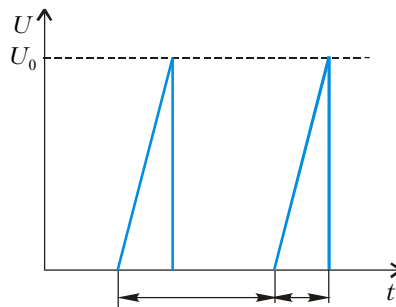


Рис. 14

если в этом случае весы уравниваются разновесом массой $m_2 = 30 \text{ мг}$? Период собственных колебаний весов много больше T .

В.Можаев

5. В электрической цепи с мостиком Уитстона, изображенной на рисунке 15, после установления всех токов размыкают ключ K . Определите, при какой величине сопротивлений R_1 через микроамперметр с внутренним сопротивлением r после замыкания ключа протечет наибольший заряд. Все остальные параметры электрической цепи, указанные на рисунке, считать заданными. Внутренним сопротивлением источника напряжения и

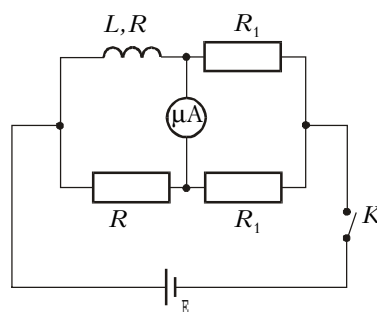


Рис. 15

сопротивлением соединительных проводов пренебречь.

Р.Комтанец

Экспериментальный тур

В работе по составлению и подготовке заданий экспериментального тура приняли участие В.Ефимов, С.Зорин, В.Мызников и С.Полянский.

9 класс

1. Определите сопротивления резисторов R_1, \dots, R_7 , амперметра и вольтметра.

Оборудование: батарейка от карманного фонаря, лабораторные вольтметр и амперметр, соединительные провода, ключ, резисторы $R_1 - R_7$.

2. Определите коэффициент жесткости пружины.

Оборудование: пружина, линейка, лист миллиметровой бумаги, брусок, груз массой 100 г , вес которого превосходит предел упругости пружины.

10 класс

1. Определите удельную теплоемкость металлического образца.

Оборудование: два геометрически подобных металлических образца, один из которых алюминиевый, термометр или мультиметр с термопарой, секундомер, сосуд с горячей водой, штатив, весы, салфетка, лист миллиметровой бумаги.

Примечание: удельная теплоемкость алюминия $c = 896 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

2. Определите максимально возможную температуру накала вольфрамовой нити лампочки, достижимую с предлагаемым оборудованием. Считать, что температурный коэффициент сопротивления вольфрама $\alpha = 0,0048 \text{ К}^{-1}$.

Оборудование: источник постоянного тока с неизвестной ЭДС и неизвестным внутренним сопротивлением, миллиамперметр с известным сопротивлением, два резистора с известными сопротивлениями, одно из которых сравнимо с сопротивлением миллиамперметра, а другое во много раз его превосходит, лампа от карманного фонаря, соединительные провода.

11 класс

1. Определите длину волны излучения полупроводникового лазера и период отражательной дифракционной решетки.

Оборудование: полупроводниковый лазер, два бруска, линейка, экран, алюминиевая фольга, две швейные иглы, стеклянная пластинка, пластилин, часть сектора лазерного дис-

ка, ластик, лист миллиметровой бумаги.

2. Внутри «черного ящика» собрана цепь из последовательно соединенных элементов. Определите, из каких элементов состоит цепь и в какой последо-

вательности они соединены, и найдите их номиналы (значения).

Оборудование: «черный ящик», источник переменного тока с неизвестным напряжением и частотой 50 Гц, резистор с известным сопротивлени-

ем, осциллограф, соединительные провода.

Примечание: с каждого соединения схемы сделан вывод на клемму «ящика», элементы цепи могут быть не идеальными.

Призеры олимпиады

Дипломы I степени

по 9 классам получили

Квасов Игорь – Дзержинск, школа 2,
Гибински Алексей – Дубна, лицей «Дубна»;

по 10 классам –

Калинин Вячеслав – Клин, школа 1,
Манаков Андрей – Озерск, ФМЛ 39,
Щербаков Роман – Подпорожье, школа 8,
Румянцев Андрей – Москва, СУНЦ МГУ,

Гатанов Тимур – Санкт-Петербург, ФМГ 30,
Королев Кирилл – Челябинск, ФМЛ 31,

Четвериков Денис – Вологда, ВГЕМЛ;

по 11 классам –

Ротаев Михаил – Новосибирск, школа-колледж 130,

Вахов Алексей – Пермь, ФМШ 146,
Ващенко Андрей – Брянск, лицей 1,
Панов Евгений – Челябинск, ФМЛ 31,

Алферов Роман – Челябинск, ФМЛ 31,

Вавилов Виталий – Небережные Челны, лицей 78.

Дипломы II степени

по 9 классам получили

Антышев Евгений – Волгореченск Костромской обл., школа 2,

Булычев Петр – Москва, лицей «Вторая школа»,

Маврин Павел – Тольятти, лицей 51,
Ражев Михаил – Дубна, лицей «Дубна»,

Гейко Василий – Нижний Новгород, гимназия 87,

Журавлев Михаил – Ноябрьск Ямало-Ненецкого АО, лицей 10;

по 10 классам –

Дзябура Василий – Сергиев Посад, ФМШ 2,

Алмеров Антон – Краснообск Новосибирской обл., СУНЦ НГУ,

Муравьев Вячеслав – Смоленск, гимназия,

Швецов Павел – Киров, ФМЛ,

Климай Петр – Курган, Лингво-гуманитарная гимназия 47,

Семенов Дмитрий – Санкт-Петербург, ФТШ,

Нургалиев Данияр – Казань, ФМЛ 131,

Нестеренок Александр – Санкт-Петербург, ФТШ,

Семенов Андрей – Саров, гимназия 15,

Соболев Михаил – Долгопрудный, лицей 11 «Физтех»,

Терентьев Евгений – Чебоксары, гимназия 34;

по 11 классам –

Шутович Андрей – Санкт-Петербург, ФТШ,

Жук Сергей – Вологда, ВГЕМЛ,

Ефимов Артем – Березники, школа 3,
Попов Илья – Москва, лицей «Вторая школа»,

Салтыков Петр – Дубна, лицей «Дубна»,

Чепель Владислав – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,

Рогутев Владимир – Юбилейный Московской обл., гимназия 3,

Шушкин Иван – Волгодонск, школа 24.

Дипломы III степени

по 9 классам получили

Захаркин Александр – Чебоксары, Политехническая школа-гимназия,

Завьялов Андрей – Пермь, ФМШ 146,
Калинин Петр – Нижний Новгород, лицей 40,

Касаткин Алексей – Уфа, УЭМШК 106,

Назаренко Максим – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,

Септ Янус – Таллин, Реальная школа,

Скрипачев Павел – Чебоксары, школа 53,

Идрисов Георгий – Бийск, лицей,

Кондратьев Андрей – Саратов, ФТЛ 1,

Самокотин Алексей – Челябинск, ФМЛ 31,

Фудин Дмитрий – Москва, гимназия 1567,

Кротов Александр – Архангельск, школа 22,

Николаев Сергей – Брянск, лицей 1,

Сухомлин Кирилл – Ростов-на-Дону, лицей 1 при РГУ,

Дружинин Андрей – Ноябрьск Ямало-Ненецкого АО, лицей 10;

по 10 классам –

Карманов Максим – Челябинск, ФМЛ 31,

Страбыкин Александр – Киров, ФМЛ,
Мальшев Александр – Казань, лицей 83,

Нагорный Юрий – Москва, ФМОШЛ 444,

Терещенко Евгений – Майкоп, лицей 34,

Гребенников Сергей – Омск, ФМШ 64,

Береснев Николай – Киров, ФМЛ,
Подшивалов Вячеслав – Иркутск, лицей 2,

Шемятихин Дмитрий – Ульяновск, школа 40;

по 11 классам –

Кузьмин Денис – Киров, ФМЛ,
Панфилов Андрей – Майкоп, школа 17,

Харитонов Александр – Дубна, лицей «Дубна»,

Иванов Евгений – Йошкар-Ола, школа ПЛИРМЭ,

Мамонов Алексей – Воронеж, Политехнический лицей 1,

Клиньшов Владимир – Нижний Новгород, лицей 40.

*Публикацию подготовили
С.Козел, В.Коровин*