

# 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).

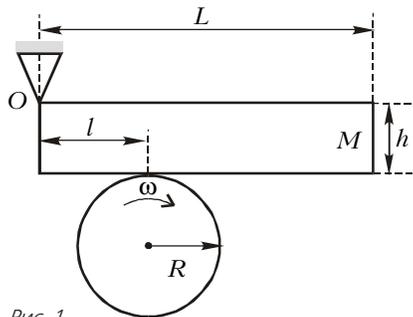


Рис. 1

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  $\mu$ . Предполагая, что мотор может развивать мощность  $P$ , определите угловую скорость  $\omega$  вращения диска в зависимости от величины  $l$ . Рассмотрите случаи вращения диска по часовой стрелке ( $\omega^+$ ) и против часовой стрелки ( $\omega^-$ ). 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

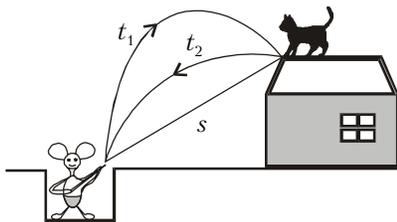


Рис. 2

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  $\lambda_2$  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.

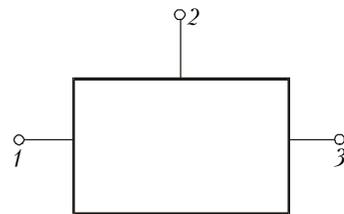


Рис. 3

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-

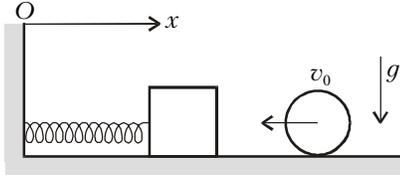


Рис. 4

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

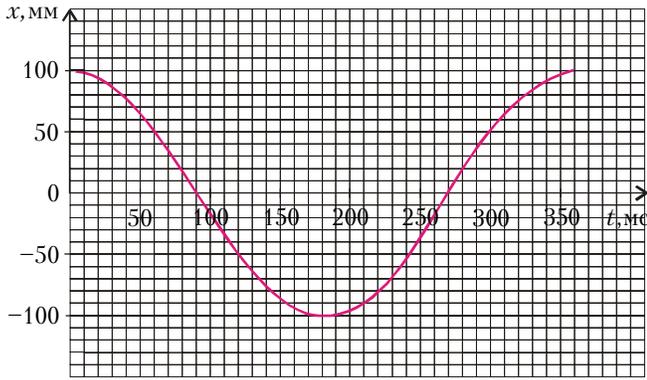


Рис. 5

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

2) При каких значениях  $v_0$  разность  $\Delta$  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.

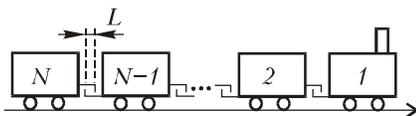


Рис. 6

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

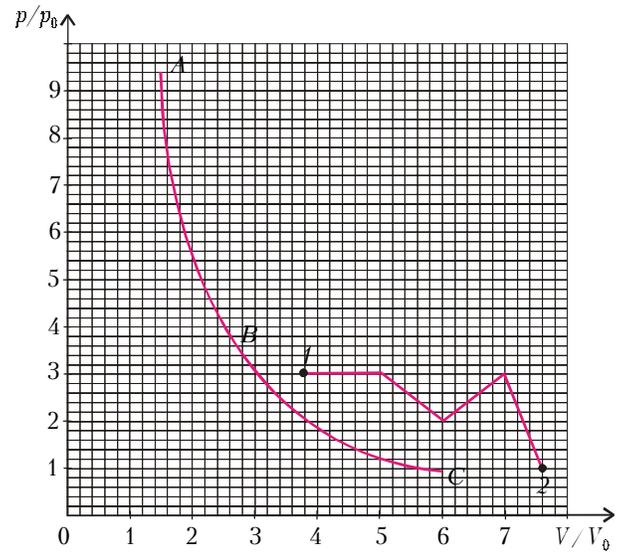


Рис. 8

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.

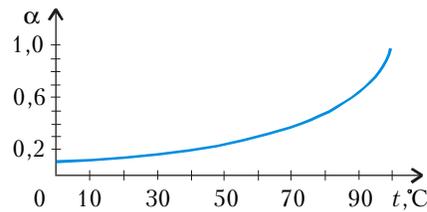


Рис. 7

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  $\Delta W$  системы после прекращения токов.

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

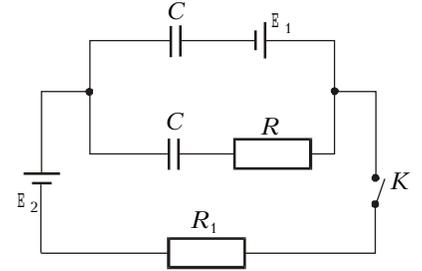


Рис. 9

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-

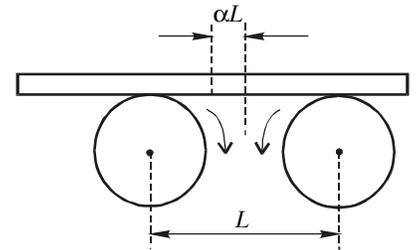


Рис. 10

зался смещенным от оси симметрии на  $\alpha L$ , 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  $\Omega$  и амплитуду  $A_2$  новых установившихся колебаний бруса.

*А.Варгин*

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

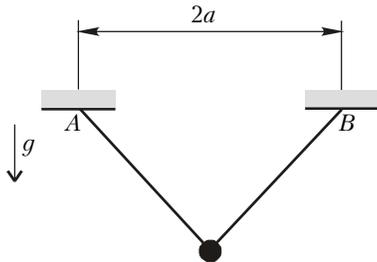


Рис. 11

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  $\omega_{\perp}$  в плоскости, перпендикулярной отрезку, соединяющему точки крепления нити.

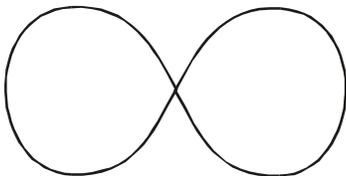


Рис. 12

2) Найдите частоту малых колебаний бусинки  $\omega_{\parallel}$  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  $m_1 = 200 \text{ мг}$ .

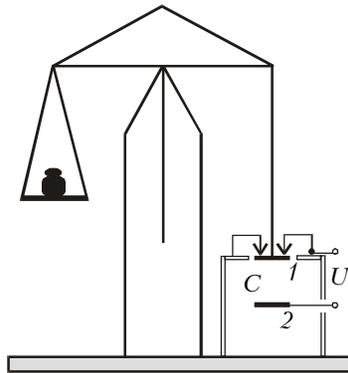


Рис. 13

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  $U_0$ ,

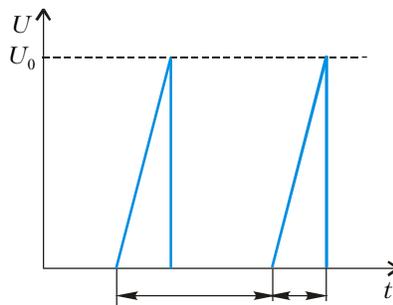


Рис. 14

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 размыкания ключа протечет наибольший заряд. Все остальные параметры электрической цепи, указанные на рисунке, считать заданными. Внутренним сопротивлением источника напряжения и

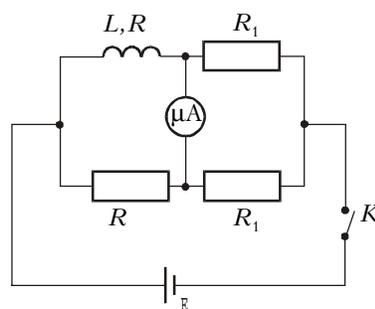


Рис. 15

сопротивлением соединительных проводов пренебречь.

*Р.Компанеев*

### 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,

*Тереженко 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*