



Кировское областное государственное автономное образовательное  
учреждение дополнительного образования детей –  
«ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ»

---

**ФИЗИКА, 2012**

## **ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по проверке и оценке решений  
II (муниципального) этапа  
Всероссийской олимпиады школьников  
**по физике**

в Кировской области  
в 2012/2013 учебном году

**Киров  
2012**

Печатается по решению учебно-методического совета  
КОГАОУ ДОД «Центр дополнительного образования одаренных школьников»  
и методической комиссии районной (городской) физической олимпиады

Задания, решения и методические указания по проверке и оценке решений II  
(муниципального) этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике в Ки-  
ровской области в 2012/2013 учебном году / *М. В. Гырдымов, П. Я. Кантор,  
К. А. Коханов (сост.), Д. В. Перевощиков, А. П. Сорокин* // Под ред.  
*П. Я. Кантора*. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2012. – 24 с.

**Авторы и источники задач**

*Гырдымов М. В.:* 9.3, 10.6, 10.7, 11.1

*Кантор П. Я.:* 8.3, 8.5, 10.2, 11.3, 11.4, 11.6, 11.7

*Коханов К. А.:* 7.4, 7.5, 8.1, 8.4, 8.6, 9.1, 9.2, 9.4, 9.6, 9.7, 10.1, 10.5, 11.2, 11.5

*Перевощиков Д. В.:* 9.5, 10.3, 10.4

*Сорокин А. П.:* 7.1, 7.2, 7.3, 8.2

**Составитель**

*Коханов К. А.*

**Научная редакция**

*Кантор П.Я.*, канд. физ.-мат. наук, доцент

Методической комиссией районной (городской) олимпиады по физике  
рассматриваются предложения по задачам для II тура олимпиады 2013/2014 уч. года  
Адрес для переписки: [center@extedu.kirov.ru](mailto:center@extedu.kirov.ru)

**Компьютерный набор**

*Гырдымов М., Кантор П., Коханов К., Перевощиков Д., Сорокин А.*

**Компьютерная верстка**

*Коханов К.*

Подписано в печать 25.10.2012.

Формат 60×84<sup>1/16</sup>. Бумага типографская. Усл. печ. л. 1,5

Тираж 1500 экз.

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение допол-  
нительного образования детей – «Центр дополнительного образования одаренных школьни-  
ков», Киров, 2012

© Гырдымов М. В., Кантор П. Я., Коханов К. А., Перевощиков Д. В., Сорокин А. П., 2012

## ОРГКОМИТЕТУ И ЖЮРИ II ЭТАПА ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

1. Рекомендуемая продолжительность олимпиады для учащихся VII класса – 3 часа, для учащихся VIII класса – 3,5 часа, для учащихся IX–XI классов – 4 часа, не считая времени, потраченного на заполнение титульных листов и разъяснение условий задач.

2. Работы муниципального этапа *шифруются*. Шифрование и дешифрование работ осуществляется представителем оргкомитета, назначаемым председателем оргкомитета. Представитель на анкете участника пишет соответствующий шифр, указывающий № класса и № работы (7–01, 7–02, ..., 11–01, 11–02, ...), который дублируется на первой странице работы. Все страницы работы, содержащие указание на авторство этой работы, перед проверкой изымаются и не проверяются.

Дешифровка работ осуществляется после окончания проверки и предварительного определения победителей и призеров Олимпиады по соответствующему классу.

3. Если в работе приведено несколько решений, то жюри оценивает *худшее* из них. Если в работе нет прямого указания на использование черновика при проверке работы, то проверяющие не должны учитывать полученные в черновике результаты.

4. Членам жюри необходимо *выполнить решения экспериментальных задач заранее*. Экспериментальная задача решается каждым участником олимпиады индивидуально. Каждый участник получает оборудование не более, чем на 1/5 времени, отведенного на выполнение олимпиадной работы (учащиеся VII классов – на 35 мин, VIII – на 40 мин, IX–XI классов – на 45 мин.)

5. Сразу после выполнения заданий проводится разбор решений, о чем следует объявить учащимся заранее, перед началом олимпиады.

6. До проверки члены жюри должны решить все задачи, изучить предлагаемые нами решения и указания по проверке и оценке решений задач своего класса.

7. Для участников олимпиады из районного центра (города) и близлежащих населенных пунктов не позднее, чем через 2–3 дня необходимо провести апелляцию, о сроках которой следует объявить перед началом олимпиады. В процессе апелляции учащиеся знакомятся со своими результатами, и, в случае несогласия с оценкой жюри, имеют право обосновать свое решение, после чего *жюри может повысить оценку или оставить ее без изменения*.

8. Предлагается разбалловка решений задач, но она носит *рекомендательный* характер. При выставлении баллов следует учитывать, что максимальная оценка за решение теоретической задачи не может превышать 10, а экспериментальной – 15 баллов.

9. Уважаемые коллеги! Настоятельно просим *наклеить анкеты* на работы и четко проставить в них результаты (чтобы не затруднять нам работу при отборе на областную олимпиаду).

Желаем успеха!

### РЕКОМЕНДАЦИИ ОРГКОМИТЕТУ ОЛИМПИАДЫ ПО ПОДГОТОВКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

#### VII КЛАСС

Количество комплектов оборудования (стаканчиков с горохом) должно соответствовать количеству участников. Рекомендуемый объем каждого стаканчика равен 200 мл.

#### X КЛАСС

Для эксперимента следует подготовить пластиковые бутылки емкостью 1,5 л. У каждой бутылки следует срезать верхнюю часть так, чтобы высота получившегося стакана была чуть больше длины карандаша. Карандаши должны быть деревянными, с плотностью меньшей, чем у воды. Каждому школьнику следует выдать кусочек пластилина с массой, достаточной для того, чтобы после крепления к карандашу полностью погрузить его в воду.

## УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VII КЛАССА

1. «День Медведя». Кролик пошел в гости к Медведю. Пройдя  $\frac{3}{4}$  пути по дороге через поляну, он вспомнил, что забыл мед и вернулся домой по той же дороге. Взяв мед, он решает идти до Медведя по лесной тропинке, напрямую. Определите среднюю скорость движения Кролика за все время, которое он потратил на дорогу до Медведя. Известно, что если Кролик идет до дома Медведя по дороге через поляну, то на весь путь затрачивает 1 час 30 мин. Также известно, что по лесной тропинке он идет со скоростью в 1,2 раза меньшей, чем по дороге.

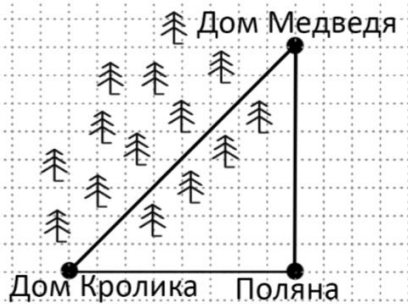


Рис. 7.1

Указание: на рис. 7.1 одной клетке соответствует длина 300 м. Для измерения можно использовать линейку.

2. «Домашние хлопоты». Найдите плотности веществ, изображенных на картинках рис. 7.2. Запишите плотность каждого из них в «кг/м<sup>3</sup>». Укажите вещество с наибольшей плотностью.

Зубная паста	Хозяйственное мыло	Хлебопекарная мука
		
Масса: 77000 мг Объем: 50 мл	Масса: 0,000350 т Размеры: 90 x 70 x 50 мм	Масса: 2000 г Размеры: 1,0 x 1,3 x 2,0 дм

Рис. 7.2

3. «Шарик с пластилином». Известно, что в 1 см<sup>3</sup> воздуха находится около  $27 \cdot 10^{18}$  (то есть 27 000 000 000 000 000 000) молекул. Если каждую молекулу представить в виде кубика из пластилина со стороной 60 см, поместятся ли они в шар, объем которого равен объему планеты Плутон ( $V_{\text{П}} = 6,4 \cdot 10^9 \text{ км}^3$ )?

4. «Смятая бутылка». Когда пустую пластиковую бутылку для воды выносят из помещения на улицу, она нередко довольно сильно деформируется. Почему? Как можно предотвратить деформацию бутылки?

5. Экспериментальная задача «Объем гороха». Определите суммарный объем гороха, находящегося в стакане, и средний объем одной горошины.

Оборудование: прозрачный одноразовый стакан с горохом, полимерный шприц без иглы, стакан для воды, маркер, вода (в любом количестве).

Указание: все оборудование, за исключением маркера и полимерного шприца предназначено для одноразового использования.

## УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VIII КЛАССА

1. «Меловая тряпка». Наблюдения показывают, что запачканная мелом тряпка может становиться настолько твердой, что даже на весу практически не деформируется, сохраняя свою форму (рис. 8.1). Стоит лишь тряпку намочить, как она вновь приобретает пластичность. Объясните это явление.



Рис. 8.1

2. «Вместительный шарик». Так называемый шарик гидрогеля обладает удивительной способностью впитывать в себя количество жидкости, многократно превышающее собственный объем (рис. 8.2). Если такой шарик плотностью  $\rho_{ш} = 2,3 \text{ г/см}^3$  поместить в сосуд с водой ( $\rho_в = 1 \text{ г/см}^3$ ), то спустя некоторое время обнаружится, что он впитал в себя объем воды многократно превышающий свой начальный объем. При этом плотность шарика стала равной  $\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$ . Определите, во сколько раз шарик увеличился в объеме.



Рис. 8.2

3. «Абстрактная задача». Как известно, колеса движущегося поезда издают на стыках рельсов характерный стук. На рис. 8.3 приведена фотография фрагмента поезда, а на рис. 8.4 – сигнал от микрофона, установленного на насыпи вблизи одного из стыков, как функция времени. Определите: 1) расстояние между осями одной вагонной тележки, 2) длину вагона, если поезд идет со скоростью  $v = 72 \text{ км/ч}$ .



вагонные тележки

Рис. 8.3

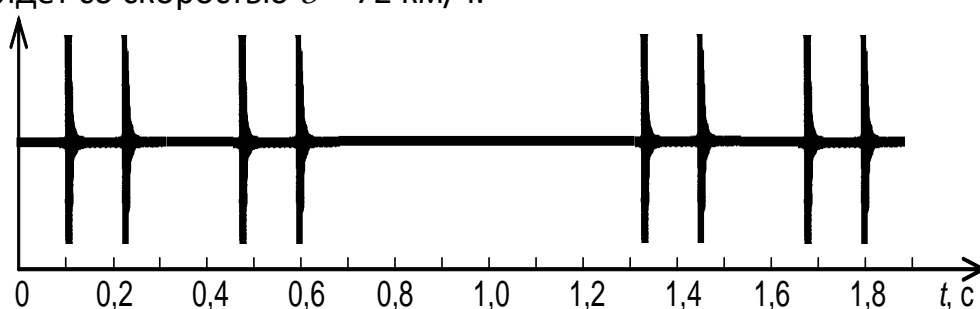


Рис. 8.4

4. «Неаккуратные грузчики». После переноса шкафа грузчики опустили его на пол так, что одна ножка оказалась поставленной на коврик для домашнего питомца. Чтобы вытащить коврик, шкаф можно либо приподнять за один край, приложив к основанию силу  $F_1$ , направленную вертикально вверх, либо слегка наклонить в сторону, приложив горизонтальную силу  $F_2$  к его вершине. Какая сила больше –  $F_1$  или  $F_2$ ? Известно, что высота шкафа больше любой из его сторон; извлечение коврика началось после того, как шкаф был плотно и равномерно заполнен.

5. «Светопропускание». Солнцезащитная шторка состоит из толстых полимерных нитей, переплетенных наподобие ткани и разделенных достаточно широкими промежутками. Определите отношение толщины нити  $a$  к расстоянию между осями соседних нитей  $b$ , если свет, падающий на шторку перпендикулярно ее плоскости, ослабляется в 2 раза.

6. Экспериментальная задача «Деревянные палочки». Определите среднюю плотность содержимого спичечного коробка, то есть массу находящихся в коробке палочек, приходящуюся на единицу объема коробочки.

Плотность деревянных палочек равна  $\rho_0 = 700 \text{ кг/м}^3$ .

Оборудование: коробок со спичками, линейка.

## УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ IX КЛАССА

1. «Брошенное тело». Два маленьких тяжелых шарика запустили с одинаковой по величине скоростью  $v$ , но один – вертикально вверх, а другой – вниз. Определите эту скорость, если известно, что шарик, запущенный вверх упал на  $t = 4$  с позднее шарика, брошенного вниз.

Сколько времени  $t_1$  будет падать третий шарик, если его бросят горизонтально со скоростью  $v$  с высоты  $H = 20$  м?

Соппротивление воздуха при движении шариков считайте равным нулю,  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

2. «Соревнование». Два автомобиля с одинаковой мощностью двигателей, связанные друг с другом жестким тросом, соревнуются в его перетягивании. Масса первого автомобиля равна  $m_1 = 2500$  кг, а второго  $m_2 = 2100$  кг; коэффициент трения скольжения колес первого автомобиля о поверхность земли равен  $\mu_1 = 0,35$ , а второго –  $\mu_2 = 0,60$ . Какой автомобиль, скорее всего, победит в соревновании и перетянет другой автомобиль в свою сторону? Известно, что соревнование происходит на горизонтальной поверхности, натянутый трос располагается горизонтально.

3. «Подводная лодка». Для погружения в подводную лодку в специальные отсеки закачивается вода. Для полного погружения лодки под воду необходимо закачать воду объемом не менее  $V_0 = 50$  м<sup>3</sup>. Известно, что наружный объем лодки  $V = 1050$  м<sup>3</sup>. Плотность воды  $\rho_0 = 1000,0$  кг/м<sup>3</sup>.

1) Определите среднюю плотность лодки до заполнения водой.

2) Определите, какую минимальную массу воды нужно дополнительно закачать в подводную лодку, чтобы она оказалась на значительной большей глубине  $H$ . Известно, что плотность окружающей воды на этой глубине равна  $\rho_1 = 1000,5$  кг/м<sup>3</sup>

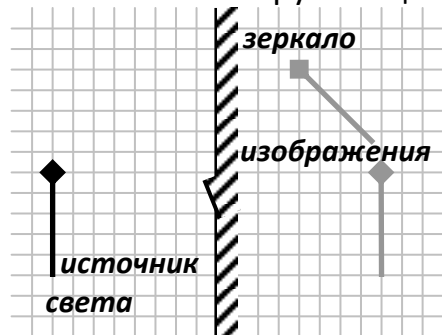


Рис. 9.1

4. «Сломанное зеркало». Известно, что каждый кусочек треснувшего зеркала расположен под небольшим углом к плоскости общего зеркала, поэтому в таком зеркале возникает множество изображений. На рис. 9.1 показан источник света и два его отражения – одно в большом зеркале, а другое – в небольшом кусочке. Определите, под каким углом плоскость зеркального кусочка повернута к плоскости большого (исходного) зеркала.

5. «Необычный рецепт». Кусок маргарина массой  $m_1 = 200$  г достали из холодильника, в котором поддерживается температура  $t_1 = 5^\circ\text{C}$ . К нему добавили  $m_2 = 300$  г расплавленного маргарина при температуре  $t_2 = 75^\circ\text{C}$ . После установления теплового равновесия оказалось, что растопилось всего 100 г маргарина. Какова температура смеси? Удельная теплоемкость твердого маргарина равна  $c_1 = 1470$  Дж/(кг · °C), жидкого  $c_2 = 2850$  Дж/(кг · °C), удельная теплота плавления  $\lambda = 175000$  Дж/кг.

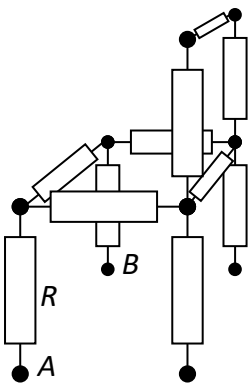


Рис. 9.2

6. «Электрический стул». Из резисторов с одинаковыми сопротивлениями  $R = 1000$  Ом юный радиолюбитель спаял каркасную конструкцию, напоминающую стул (рис. 9.2). Каково сопротивление между передними ножками (т. А и В) такого стула?

7. Экспериментальная задача «Коробок». Определите среднюю плотность спичечного коробка, заполненного деревянными палочками плотностью  $\rho_0 = 700$  кг/м<sup>3</sup>.

Оборудование: коробок со спичками, линейка.

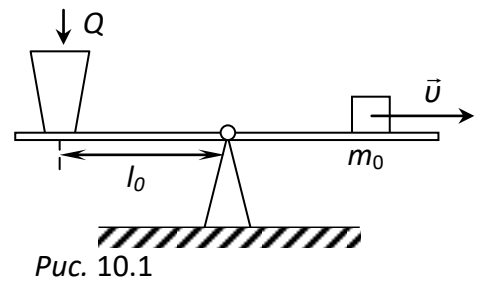
## УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ X КЛАССА

1. «Катастрофическое извержение». Кракатау – небольшой остров-вулкан в проливе между Явой и Суматрой – стал известен после 20 мая 1883 года, когда началось его самое крупное извержение. Оно достигло пика к 27 августа, когда после невероятного по силе взрыва вулканические газы, песок и крупные обломки взлетели на высоту 30 км. Грохот взрыва был слышен за 3500 км – на острове Шри-Ланка и в центре Австралии.

Оцените, какова могла быть дальность полета вулканических частиц. Для оценки сопротивление воздуха не учитывайте, считайте, что на всех высотах  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

2. «О преимуществах «классики». Заднеприводной автомобиль, движущийся с небольшой скоростью по грунтовой горной дороге, преодолевает затяжной подъем с уклоном  $\alpha = 20^\circ$ , а аналогичный по техническим характеристикам переднеприводной автомобиль тот же подъем преодолеть не может. Объясните это обстоятельство. Можно считать, что вес горизонтально стоящего автомобиля равномерно распределен между четырьмя колесами.

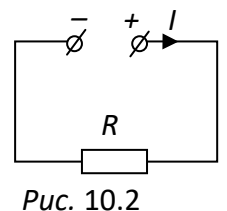
3. «Контрольная закупка». Продавец отмеряет соль. Для этого он аккуратно насыпает ее в специальный стаканчик, установленный на равноплечем рычаге (рис. 10.1), так, что масса стаканчика растет со скоростью  $Q = 10 \text{ г/с}$ . С какой скоростью  $v$  необходимо двигать грузик массой  $m_0 = 100 \text{ г}$  по другому плечу уравновешенного рычага, чтобы равновесие не нарушалось, если начальное расстояние от точки опоры до чашки и грузика равно  $l_0 = 10 \text{ см}$ ?



4. «Тайное сообщение». В одном фильме герои оставляли друг другу послания, написанные на стекле пальцем. Чтобы прочесть такое послание, необходимо было подышать на стекло, после чего надпись проявлялась. Объясните описанное физическое явление.

5. «Спортивное происшествие». В полете столкнулись два мяча с массами  $m_1 = 900 \text{ г}$  и  $m_2 = 600 \text{ г}$ . Определите скорость второго мяча  $v_2'$  после столкновения, если до столкновения его скорость была равна  $v_2 = 20 \text{ м/с}$ , а скорость первого не менялась по направлению и до столкновения составляла  $v_1 = 30 \text{ м/с}$ , а после столкновения  $v_1' = 10 \text{ м/с}$ . Известно, что столкновение оказалось центральным, мячи ни до, ни после столкновения не вращались.

6. «Неидеальный амперметр». К источнику постоянного тока подключили резистор с сопротивлением  $R = 200 \text{ Ом}$  (рис. 10.2). Если последовательно с резистором включить амперметр, его показание будет  $0,2 \text{ А}$ ; если амперметр подключить параллельно данному резистору, амперметр покажет  $0,15 \text{ А}$ . Считая, что сила тока через источник тока поддерживается неизменной, определите сопротивление амперметра.



7. Экспериментальная задача «Кусочек пластилина». Определите плотность пластилина.

Оборудование: маленький кусочек пластилина, круглый (не заточенный) деревянный карандаш, обрезанная пластиковая бутылка с водой, миллиметровая бумага, маркер.

Плотность воды равна  $\rho_в = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

## УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ XI КЛАССА

1. «Извилистая дорожка». Велосипедист движется по горизонтальной извилистой дорожке с постоянной скоростью. Дорога представлена полуокружностями радиусом  $R = 10$  м (рис. 11.1). Коэффициент трения колеса велосипеда о поверхность дороги равен  $\mu = 0,4$ . Ускорение свободного падения принять равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

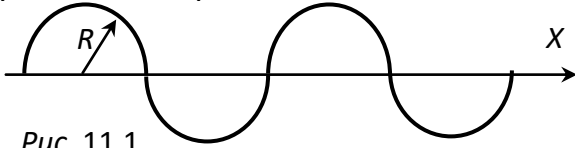


Рис. 11.1

1) Определите, с какой максимальной скоростью может двигаться велосипедист, не съезжая с дороги. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2) Укажите, в каких точках траектории ускорение велосипедиста резко меняется по направлению. Объясните, почему.

3) Чему равна проекция средней скорости велосипедиста на ось  $X$  (рис. 11.1), если он движется по дороге с максимально возможной скоростью?

2. «Спасение». Удерживаемая на горизонтальной поверхности тележка массой

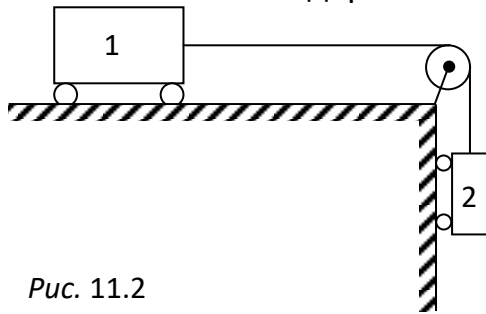


Рис. 11.2

$m_1 = 4$  кг связана нерастяжимой нитью со второй тележкой массой  $m_2 = 1$  кг, касающейся колесами вертикальной стены (рис. 11.2). В тележках установлены двигатели, вращающие колеса так, что каждая тележка тянет в свою сторону. Покажите силы, действующие на каждую из тележек. Определите, с каким ускорением начнут двигаться тележки после их отпускания. Коэффициент

трения их колес о поверхности равен  $\mu = 0,5$ ; кусок нити, идущий от блока ко второй тележке, расположен вертикально; в начальный момент тележки покоились; масса блока пренебрежимо мала.

3. «Нырятьщик». Нырятьщик массой  $m = 70$  кг, сделавший полный выдох, обладает нулевой плавучестью, т. е. может покоиться, будучи полностью погруженным в воду. После

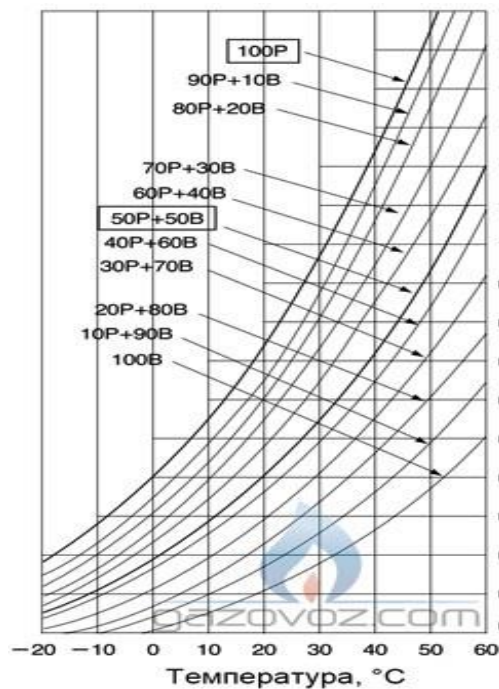


Рис. 11.3

полного вдоха он плавает на поверхности водоема, причем в воду погружено 95% объема его тела. Определите рабочий объем легких нырятьщика, т. е. объем воздуха, наполняющего легкие при вдохе. Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

4. «Жидкий пропан». Первоначально пустой газовый баллон объемом  $V_0 = 10$  л с открытым в атмосферу входным отверстием был наполнен через это отверстие сжиженным пропаном, причем объем жидкого пропана составил  $V = 9$  л. Определите давление, установившееся в верхней части баллона. Зависимость давления насыщенного пропана от температуры приведена на рис. 11.3 (чистому пропану соответствует график, обозначенный 100P). Атмосферное давление составляет  $p_0 = 10^5$  Па, температура воздуха и баллона 20°C.



5. «Идеальная цепь». Определите показания приборов на схеме рис. 11.4. Известны следующие параметры электрической цепи: напряжение на источнике тока (ЭДС)  $U_0 = 5$  В, его внутреннее сопротивление  $r = 0$ ,  $R_1 = 5$  Ом,  $R_2 = 10$  Ом, сопротивление амперметра  $R_a = 0$ , сопротивление вольтметра  $R_v = \infty$ .

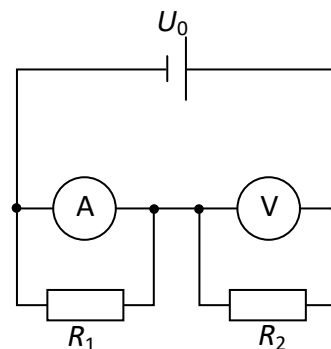


Рис. 11.4

6. «Сила Ампера». На двух параллельных рельсах, расположенных в горизонтальной плоскости, лежат две перемычки, причем левая движется вправо со скоростью  $u$ , а правая закреплена. Система помещена в однородное вертикальное магнитное поле. В каком направлении и с какой скоростью нужно двигать вдоль рельсов правую перемычку, чтобы действующая на нее сила Ампера увеличилась вдвое? Сопротивление рельсов пренебрежимо мало.

7. Экспериментальная задача «Две плотности». У сыпучих материалов принято различать истинную плотность вещества  $\rho_v$ , равную отношению массы цельного твердого куска вещества к его объему, и насыпную плотность  $\rho_n$ , определяемую как отношение массы порошкообразного вещества к объему сосуда, занимаемого порошком. Определите отношение плотностей  $\rho_v/\rho_n$  для поваренной соли.

Оборудование: поваренная соль, стеклянный стакан, мерный стакан, вода.

**30 СЕНТЯБРЯ 2012 ГОДА**  
прошел ежегодный  
**ТУРНИР ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА ПО ФИЗИКЕ\***  
**ДЛЯ УЧАЩИХСЯ VII-VIII КЛАССОВ**

**Некоторые задачи турнира...**

**1. Левитация?**

Гуляя по лесу, можно обнаружить легкие предметы, буквально зависшие в воздухе и удерживаемые неподвижно по несколько часов (рис. 1 а) и б)). Каким образом парят эти предметы?

**2. Кошка-иноходец**

Предложите физическое объяснение тому, как кошке удается бежать по стене (рис. 2).



а)

б)

Рис. 2

Рис. 1

**3. Рисунок колеса**

На автомобильных колесах специально делают рельефную поверхность с продольными и поперечными углублениями (рис. 3). Какова роль этих углублений?



Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

**4. Экспериментальная задача–демонстрация «Волшебная пластинка»**

Оказывается, с помощью обычной с виду красной пластинки можно увидеть спрятанные предметы, прочитать скрытые тексты. Чтобы убедиться в этом, проведите следующий эксперимент. Возьмите в руку пластинку и приложите ее к одному глазу. Теперь посмотрите на цветное изображение на картинке поочередно, сначала одним глазом (перед которым пластинки нет), а затем другим (к которому пластинка приложена). В первом случае на картинке отчетливо видны ракушки, морские звезды, водоросли (рис. 4), во втором, картина полностью меняется, появляются совершенно новые обитатели подводного мира (рис. 5). Сравните изображения, которые получаются при наблюдении картинке без пластинки и с ней, и сделайте вывод, в чем кроется секрет волшебной пластинки.

**Оборудование:** цветная картинка, волшебная пластинка (выдается по требованию).

**В турнире 2013 года смогут принять участие любые школьники VII-VIII классов г. Кирова\*\***

\*СОВМЕСТНО С КОНКУРСАМИ ПО МАТЕМАТИКЕ, БИОЛОГИИ, ХИМИИ И ИНФОРМАТИКЕ

\*\*Возможно участие школьников из близлежащих населенных пунктов. Тел. для справок: (8332) 351504

## РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VII КЛАССА

1. «День Медведя». До возвращения домой Кролик прошел расстояние  $s_1 = k_1 \cdot n_1 \cdot m = \frac{3}{4} \cdot 16 \cdot 300 \text{ м} = 3600 \text{ м} = 3,6 \text{ км}$  (1), где  $k_1 = 3/4$  – часть пути, которую прошел

Кролик по дороге через поляну до возвращения домой,  $n_1 = 16$  – число клеток, соответствующие пути до Медведя через поляну,  $m = 300 \text{ м/клетку}$  – масштаб. Такое же расстояние  $s_2 = s_1 = 3,6 \text{ км}$  прошел Кролик, когда возвращался за медом.

Двигаясь с постоянной скоростью, на возвращение он потратил время  $t_1 = k_2 \cdot t_0 = \frac{3}{4} \cdot 1,5 = 1,125 \text{ ч}$  (2), где  $k_2$  – часть времени, которую двигался Кролик по дороге через поляну до возвращения домой,  $t_0 = 1,5 \text{ ч}$  – время, которое затрачивает Кролик на весь путь до Медведя, когда идет через поляну. Такое же время  $t_2 = t_1 = 1,125 \text{ ч}$  (3) он потратил на возвращение до дома.

По дороге через поляну Кролик двигался со скоростью  $u_1 = \frac{s_1}{t_1} = \frac{3,6 \text{ км}}{1,125 \text{ ч}} = 3,2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$  (4). По лесной тропинке он двигался со скоростью  $u_3 = \frac{u_1}{1,2} = 2,67 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$  (5).

Используя теорему Пифагора или линейку, находим, что длина лесной тропинки  $s_3 = 3384 \text{ м} = 3,384 \text{ км}$  (6), а время движения по ней равно  $t_3 = \frac{s_3}{u_3} = \frac{3,384 \text{ км}}{2,67 \frac{\text{км}}{\text{ч}}} = 1,27 \text{ ч}$  (7).

Средняя скорость Кролика такова:

$$u_{\text{ср}} = \frac{s}{t} = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{3,6 \text{ км} + 3,6 \text{ км} + 3,384 \text{ км}}{1,125 \text{ ч} + 1,125 \text{ ч} + 1,27 \text{ ч}} = \frac{10,584 \text{ км}}{3,52 \text{ ч}} = 3 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \quad (8).$$

*Разбалловка:* за формулы (1) – (7) или расчет соответствующих численных значений ставится по 1 баллу;

за формулу (8) и получение численного значения ставится 3 балла.

2. «Домашние хлопоты». Плотность зубной пасты равна  $\rho_1 = \frac{m_1}{V_1} = \frac{77 \text{ г}}{50 \text{ см}^3} = 1,54 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1540 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  (1).

Плотность хозяйственного мыла  $\rho_2 = \frac{m_2}{V_2} = \frac{350 \text{ г}}{315 \text{ см}^3} = 1,11 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1110 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  (2).

Плотность хлебопекарной муки  $\rho_3 = \frac{m_3}{V_3} = \frac{2000 \text{ г}}{2600 \text{ см}^3} = 0,77 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 770 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  (3).

Наибольшая плотность у зубной пасты.

*Разбалловка:* за формулы (1), (2), (3) и получение численных значений ставится по 3 балла; за вывод о наибольшей плотности ставится 1 балл.

3. «Шарик с пластилином». Объем одного кубика из пластилина равен  $V_1 = a^3 = 60^3 \text{ см}^3 = 216000 \text{ см}^3 = 0,216 \text{ м}^3$  (1), где  $a$  – сторона кубика из пластилина. Суммарный объем, который займут кубики из пластилина составляет  $V_m = N \cdot V_1 = 27 \cdot 10^{18} \cdot 0,216 = 5,832 \cdot 10^{18} \text{ м}^3 = 5,832 \cdot 10^9 \text{ км}^3$  (2), где  $N$  – количество молекул в  $1 \text{ см}^3$  воздуха.

Вывода: кубики из пластилина поместятся в шар размером с Плутон.

*Разбалловка:* за расчет (1) ставится 4 балла;

за расчет (2) ставится 4 балла;

за вывод добавляется 2 балла.

4. «Смятая бутылка». Такое явление наблюдается тогда, когда температура воздуха на улице ниже, чем в помещении, из которого вынесли бутылку. При понижении температуры воздуха в бутылки скорость движения его молекул понижается, и они ударяют по стенкам бутылки реже и с меньшей силой. Поэтому внешний воздух сжимает бутылку.

Чтобы избежать деформации, достаточно слегка отвернуть крышку, чтобы уличный воздух мог попасть в бутылку.

*Разбалловка:* за описание условий, при которых происходит деформация, ставится 4 балла;

за объяснение причин деформации (использование представления о движении молекул или понятия «давление») ставится 4 балла;

за предложение, как избежать деформации, добавляется 2 балла.

5. Экспериментальная задача «Объем гороха». Для нахождения объема всего гороха  $V$  следует измерить объем стакана, занятый горохом  $V_{cm}$ , а также объем пустот между горошинами  $V_n$ .

Для измерения объема  $V_n$  поставим маркером на стенке стакана штрих так, чтобы он был не ниже уровня гороха. С помощью шприца аккуратно заполним водой стакан с горохом так, чтобы уровень воды оказался напротив сделанного ранее штриха. Добавленный объем воды (измеренный с помощью полимерного шприца) равен объему пустот  $V_n$ .

Освободив стакан от гороха и воды, вновь с помощью шприца зальем в него воду до штриха. Добавленный объем соответствует объему  $V_{cm}$ . Искомый объем  $V = V_{cm} - V_n$  (1).

Для нахождения среднего объема горошины  $V_0$  необходимо сосчитать количество горошин в стакане  $N$ , тогда  $V_0 = \frac{V}{N}$  (2).

*Разбалловка.* Максимальная стоимость задачи составляет 15 баллов.

За описание метода определения  $V$  (формулу (1)) ставится 4 балла;

за описание способа определения  $V_0$  (формулу (2)) ставится 2 балла;

за нахождение  $V$  ставится 5 баллов;

за нахождение  $V_0$  ставится 4 балла.

## РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VIII КЛАССА

1. «Меловая тряпка». Грязная тряпка сохраняет форму по той же причине, что и кусок мела: молекулы известняка (мела), имеющиеся в достаточном количестве на испачканной тряпке, взаимодействуя друг с другом и с молекулами ткани, создают прочные связи, характерные для твердых тел.

При попадании на тряпку воды ее молекулы разрушают указанные связи, создавая новые, но уже характерные для взаимодействия жидкостей, то есть не позволяющие тряпке сохранять свою форму.

*Разбалловка:* за использование в объяснении понятия молекулы ставится 2 балла;  
за верные рассуждения по каждому описанному в задаче факту добавляется по 4 балла.

2. «Вместительный шарик». Пусть объем шарика увеличился в  $x$  раз. Тогда конечная плотность шарика гидрогеля равна  $\rho = \frac{\rho_w \cdot V_w + (x-1) \cdot \rho_g \cdot V_w}{x \cdot V_w}$  (1), где  $V_w$  – начальный объ-

ем шарика. Отсюда  $x = \frac{\rho_w - \rho_g}{\rho - \rho_g}$  (2), а численно  $x = \frac{2300 \text{ кг/м}^3 - 1000 \text{ кг/м}^3}{1050 \text{ кг/м}^3 - 1000 \text{ кг/м}^3} = 26$ . Шарик

увеличился в объеме в 26 раз.

*Разбалловка:* за формулу (1) или соответствующие рассуждения ставится 6 баллов;  
за формулу (2) ставится 1 балл;  
за верный ответ дается 3 балла.

3. «Абстрактная задача». Скорость поезда равна  $v = 72000/3600 = 20$  (м/с). Из графика видно, что наименьшее время между звуковыми импульсами составляет  $t_1 = 0,12$  с, следовательно, расстояние между осями вагонной тележки равно  $vt_1 = 20 \cdot 0,12 = 2,4$  (м). Картина импульсов повторяется через промежуток  $t_2 = 1,22$  с, что соответствует времени прохождения мимо микрофона одного вагона. Длина вагона составляет  $vt_2 = 20 \cdot 1,22 = 24,4$  (м).

*Разбалловка:* за правильную интерпретацию каждого из временных промежутков ставится по 2 балла;  
за перевод скорости поезда и временных интервалов в единые единицы измерения ставится 2 балла;  
за ответ на каждый из вопросов ставится по 2 балла;

если в расчетах допущены ошибки, но логика решения верна, то за ответ на каждый вопрос ставится не более 3 баллов.

4. «Неаккуратные грузчики». Для ответа на вопрос можно записать правило рычага относительно т.  $O$  (рис. 8.5). При расчете силы  $F_1$  правило следует записать так:  $F_1 L_1 = F_m L_m$  (1), где  $L_1$  – плечо силы  $F_1$  относительно т.  $O$ ,  $L_m$  – плечо силы тяжести  $F_m$ , действующей на шкаф, откуда  $F_1 = F_m L_m / L_1$ .

Аналогично получается, что при горизонтальном действии необходима сила  $F_2 = F_m L_m / L_2$ . Так как  $L_2 > L_1$ , то  $F_2 < F_1$ . Обратим внимание, что горизонтальная сила будет минимальна, если шкаф пытаться наклонить в сторону дверей или задней стенки.

*Разбалловка:* за выбор правила рычага (уравнения моментов сил) ставится 3 балла;  
за запись формулы (1) ставится 3 балла;  
за верный ответ ставится 4 балла.

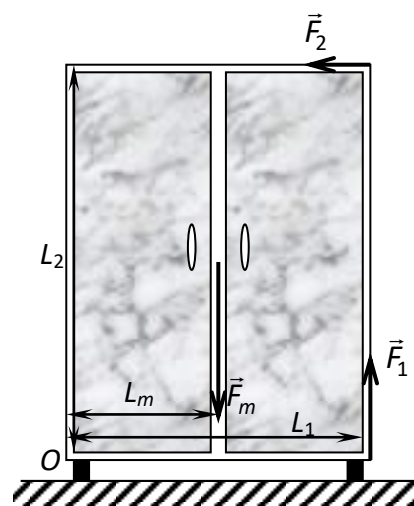


Рис. 8.5

5. «Светопропускание». На рис. 8.6 показан фрагмент шторы. Падающий на нее свет ослабляется в два раза, если площадь отверстия между нитями составляет половину площади квадрата, ограниченного штрихпунктирными линиями, т. е.  $(b-a)^2 = b^2 / 2$ . Отсюда получаем  $a/b = 1 - 1/\sqrt{2} \approx 0,293$ .

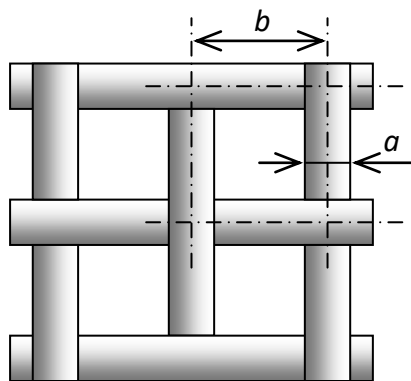


Рис. 8.6

*Разбалловка:* за указание о связи площадей ставится 5 баллов; за найденный результат добавляется 5 баллов.

6. Экспериментальная задача «Деревянные палочки».

Средняя плотность содержимого коробка равна  $\rho = \frac{m}{V}$  (1),

где  $m$  – масса всех палочек,  $V$  – внутренний объем коробка.

Здесь  $m = \rho_0 V_0$ , а  $V_0$  – объем всех палочек, находящихся в коробке. Размеры палочек, необходимые для расчета их суммарного объема  $V_0$ , могут быть определены методом рядов, то есть, например, путем плотного прикладывания палочек друг к другу прямо на линейке.

*Разбалловка.* Максимальная стоимость задачи составляет 15 баллов.

За формулу (1) ставится 3 балла;

за описание способа определения объема палочек ставится 2 балла;

за использование метода рядов при определении объема палочек добавляется 3 балла;

за нахождение объема палочек ставится 2 балла;

за нахождение внутреннего объема коробка ставится 2 балла;

за нахождение искомой плотности ставится 3 балла.

## РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ IX КЛАССА

1. «Брошенное тело». «Опоздание» запущенного вверх шарика обусловлено его полетом за время  $t$  до максимальной высоты и возвратом в точку старта. Направим ось  $X$  вертикально вверх. Так как сопротивления воздуха нет, то из уравнения скорости

$u_x = u_{0x} + a_x t$  запущенного вверх шарика следует:  $-u = u - gt$ , откуда  $u = \frac{gt}{2}$  (1), а численно:

$$\text{но: } u = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 4 \text{ с}}{2} = 20 \text{ м/с.}$$

При горизонтальном броске вертикальная проекция начальной скорости равна нулю, поэтому из уравнения движения  $0 = H - \frac{gt_1^2}{2}$ , следует:  $t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}}$  (2), то есть  $t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \text{ м}}{10 \text{ м/с}^2}} = 2 \text{ с.}$

*Разбалловка:* за обоснование (запись) исходных формул (например, (1)) для нахождения скорости ставится 3 балла;

за расчет скорости добавляется 2 балла;

за обоснование (запись) исходных формул (например, (2)) для нахождения времени ставится 3 балла;

за расчет времени добавляется 2 балла.

2. «Соревнование». Движение автомобилей по поверхности земли происходит под действием силы трения. Максимальная сила трения, действующая на первый автомобиль, равна  $F_1 = \mu_1 m_1 g = 0,35 \cdot 2500 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 8750 \text{ Н}$ , а на второй  $F_2 = \mu_2 m_2 g = 0,60 \cdot 2100 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 12600 \text{ Н}$ . Значит, скорее всего, движение будет происходить в сторону второго автомобиля.

*Разбалловка:* за указание роли силы трения ставится 3 балла;

за расчет силы трения для каждого автомобиля ставится по 3 балла;

за верный вывод добавляется 1 балл.

3. «Подводная лодка». 1) Из условия плавания подводной лодки  $\rho Vg + \rho_0 V_0 g = \rho_0 Vg$  (1) определим среднюю плотность подводной лодки до погружения:  $\rho = \rho_0 (1 - V_0/V)$ . Численно

$$\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot \left( 1 - \frac{50 \text{ м}^3}{1050 \text{ м}^3} \right) \cong 950 \text{ кг/м}^3.$$

2) Определим массу воды  $m$ , дополнительно закачанную в лодку для погружения на глубину  $H$ . Запишем новое условие плавания:  $\rho Vg + \rho_0 V_0 g + mg = \rho_1 Vg$  (2). С учетом равенства (1), получим:  $\rho_0 Vg + mg = \rho_1 Vg$ . Отсюда масса добавленной воды:  $m = (\rho_1 - \rho_0)V$ . Численно:  $m = (1000,5 - 1000,0) \text{ кг/м}^3 \cdot 1050 \text{ м}^3 = 525 \text{ кг}$ .

*Разбалловка:* за запись условия плавания лодки вблизи поверхности воды (формула (1)) ставится 3 балла;

за нахождение средней плотности лодки добавляется 2 балла;

за формулу (2) или соответствующие пояснения ставится 3 балла;

за нахождение массы добавленной воды ставится 2 балла.

4. «Сломанное зеркало». Как видно из рис. 9.1, изображение в маленьком зеркале повернулось на угол  $45^\circ$ . Это значит, что зеркало повернулось всего на половину указанного угла, то есть на  $22,5^\circ$ . Ведь для того, чтобы угол между падающим и отраженным лучом увеличился, например в 4 раза, необходимо увеличить угол падения (угол между падающим лучом и нормалью к зеркалу) всего 2 раза, так как в 2 раза увеличится и угол отражения. Например, если бы зеркальце повернулось на  $90^\circ$ , то изображение источника оказалось бы вертикальным (но вниз головой), то есть повернулось бы на  $180^\circ$ .

*Разбалловка:* за нахождение угла поворота изображения (по рисунку) ставится 2 балла;

за верный ответ ставится 6 баллов;

за пояснения о связи углов поворота зеркала и изображения добавляется 2 балла.

5. «Необычный рецепт». По теплообмене количество отданной теплоты равно поглощенной:  $Q_2 = Q_1 + Q_3$  (1), где  $Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_0)$  (2) – количество теплоты, отданное жидким маргарином при его охлаждении,  $Q_1 = c_1 m_1 (t_0 - t_1)$  (3) – количество теплоты, полученное твердым маргарином при его нагревании,  $Q_3 = \lambda \frac{m_1}{2}$  (4) – количество теплоты, затраченное на плавление твердого маргарина.

Тогда  $c_2 m_2 (t_2 - t_0) = c_1 m_1 (t_0 - t_1) + \lambda \frac{m_1}{2}$ , откуда  $t_0 = \frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2 - \lambda m_1 / 2}{c_1 m_1 + c_2 m_2} = 42^\circ\text{C}$ .

Разбалловка: за уравнение (1) ставится 3 балла;  
за каждую из формул (2) – (4) ставится по 2 балла;  
за нахождение верного результата добавляется 1 балл.

6. «Электрический стул». Так как резисторы, соответствующие задним ножкам стула, не замкнуты, то в общее сопротивление они вклада не вносят. Эквивалентная схема представлена на рис. 9.3. Сопротивление между точками E и F при отсутствии резисторов

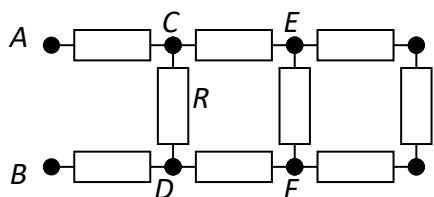


Рис. 9.3

слева от этих точек равно  $R_{EF} = \frac{R \cdot 3R}{R + 3R} = \frac{3}{4}R$ ; между точками

C и D при отсутствии резисторов слева от этих точек:

$$R_{CD} = \frac{R \cdot (2R + R_{EF})}{R + 2R + R_{EF}} = \frac{R \cdot (2R + 3R/4)}{3R + 3R/4} = \frac{11R^2 \cdot 4}{4 \cdot (15R)} = \frac{11}{15}R. \text{ Полное сопротивление цепи таково:}$$

$$R_{AB} = 2R + R_{CD} = 2R + \frac{11}{15}R = \frac{41}{15}R. \text{ Численно сопротивление равно:}$$

$$R_{AB} = \frac{41}{15} \cdot 1000\text{Ом} = 2733\text{Ом}.$$

Разбалловка: за указание, что два резистора не участвуют в формировании общего сопротивления ставится 2 балла;

за построение эквивалентной схемы или описание видов соединений ставится 3 балла;  
за верное использование формул последовательного и параллельного соединений ставится по 1 баллу;  
за нахождение искомого сопротивления ставится 4 балла.

7. Экспериментальная задача «Коробок». Средняя плотность коробка равна  $\rho = m/V$  (1), где  $m$  – масса коробка с палочками,  $V$  – внешний объем коробка. Здесь  $m = \rho_0 V_0 + m_k$ , а  $V_0$  – объем всех палочек, находящихся в коробке,  $m_k$  – масса коробка.

Размеры палочек, необходимые для расчета их суммарного объема  $V_0$ , могут быть определены методом рядов, то есть, например, путем плотного прикладывания палочек друг к другу прямо на линейке.

Массу коробка можно найти, сравнив ее с массой палочкой, используя в качестве весов-рычага линейку, уравновешенную на одной из спичек.

Разбалловка. Максимальная стоимость задачи составляет 15 баллов.

За формулу (1) ставится 2 балла;  
за описание способа определения объема палочек ставится 1 балл;  
за использование метода рядов при определении объема палочек добавляется 2 балла;  
за описание способа определения массы коробка ставится 2 балла;  
за нахождение объема палочек ставится 1 балл;  
за нахождение объема коробка ставится 1 балл;  
за нахождение массы коробка ставится 3 балла;  
за нахождение искомой плотности ставится 3 балла.



## РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ X КЛАССА

1. «Катастрофическое извержение». Начальную скорость вулканического вещества найдем из закона сохранения энергии:  $\frac{mU^2}{2} = mgh$ , откуда  $U = \sqrt{2gh}$  (1).

Найдем из кинематических уравнений движения дальность полета:  $S = U \cdot \cos\alpha \cdot t$  (2), где время движения может быть выражено из уравнения скорости  $-U \sin\alpha = U \sin\alpha - gt$ :

$t = \frac{2U \sin\alpha}{g}$  (3). Тогда  $S = U \cdot \cos\alpha \cdot \frac{2U \sin\alpha}{g} = \frac{2U^2 \sin\alpha \cdot \cos\alpha}{g} = \frac{U^2 \sin 2\alpha}{g}$ , а с учетом равенства

(1) и максимального значения тригонометрической функции, получаем, что

$$S_{\max} = \frac{U^2}{g} = 2h = 60 \text{ (км)}$$

*Разбалловка:* за формулы (1), (2) и (3) ставится по 2 балла;  
за верный ответ добавляется 4 балла.

2. «О преимуществах «классики». Введем обозначения:  $N_1$  – сила реакции, действующая на передние колеса,  $N_2$  – на задние колеса;  $l$  – расстояние между осями автомобиля,  $a$  – плечо силы тяжести  $mg$  относительно передней,  $b$  – относительно задней точки опоры автомобиля (рис. 10.3). Запишем уравнения моментов сил относительно передней и задней точек опоры:  $N_2 l = mga$ ,  $mgb = N_1 l$ .

Центр масс  $C$  автомобиля расположен посередине между его передней и задней осями, поэтому, как видно из рис., для наклонного автомобиля  $a > b$  и, следовательно,  $N_2 > N_1$ . Стало быть, максимальная сила трения покоя, действующая на ведущие колеса со стороны дорожного покрытия, в случае заднеприводного автомобиля равная  $\mu N_2$ , больше силы трения покоя  $\mu N_1$  в случае переднеприводного автомобиля ( $\mu$  – коэффициент трения). Подъем автомобиля возможен, если сила тяги, представляющая собой вышеуказанную силу трения покоя, превышает наклонную составляющую силы тяжести  $mgsin\alpha$ . Описанная в условии задачи ситуация означает, что  $\mu N_2 > mgsin\alpha > \mu N_1$  (1).

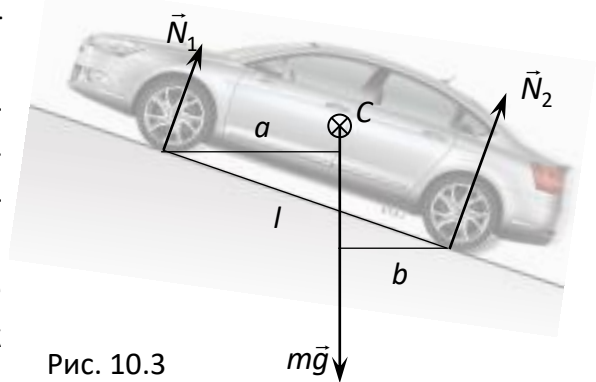


Рис. 10.3

*Разбалловка:* за каждое из уравнений моментов ставится по 2 балла;

за обоснование вывода, что  $N_2 > N_1$ , ставится 3 балла;

за указание о соотношении между силами тяги  $\mu N_2$  и  $\mu N_1$  добавляется 2 балла;

за формулу (1) ставится 1 балл.

3. «Контрольная закупка». При засыпании соли равновесие рычага в каждый момент будет достигаться при выполнении следующего равенства моментов сил:

$$m_0 g l_0 + Q t g l_0 = m_0 g (l_0 + ut) \quad (1). \text{ Отсюда } u = \frac{Q l_0}{m_0} \quad (2). \text{ Численно } u = \frac{0,01 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \cdot 0,1 \text{ м}}{0,1 \text{ кг}} = 0,01 \text{ м/с}.$$

*Разбалловка:* за указание на необходимость использования правила рычага или условия равенства моментов сил ставится 2 балла;

за запись уравнения (1) или подобного ставится 4 балла;

за запись уравнения (2) ставится 2 балла;

за численный результат (вне зависимости от наличия конечной формулы) добавляется 2 балла.

4. «Тайное сообщение». Когда мы дышим на чистое стекло, то, поскольку оно имеет более низкую температуру, часть паров воды из выдыхаемого воздуха конденсируется на стекле.

При соприкосновении пальца и стекла на последнем остается кожное сало, выделяемое сальными железами кожи (оно служит смазкой и предохраняет кожу). Общеизвестно, что жирная поверхность не смачивается водой. Это происходит потому, что во взаимодействии молекулы сала и молекулы воды на малых расстояниях отталкивание преобладает над притяжением. По этой же причине не происходит конденсации водяных паров при их попадании на участок стекла, покрытый пленкой сала.

*Разбалловка:* за объяснение появления конденсата на чистом стекле ставится 3 балла;

за описание загрязнения стекла добавляется 3 балла;

за объяснение отсутствия конденсата на жирном стекле ставится 4 балла.

5. «Спортивное происшествие». Для нахождения искомой скорости запишем закон сохранения импульса:  $m_1 \bar{u}_1 + m_2 \bar{u}_2 = m_1 \bar{u}_1' + m_2 \bar{u}_2'$  (1).

Рассмотрим возможные варианты движения мячей. Пусть импульсы мячей до столкновения были сонаправлены. Тогда из равенства (1)  $m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 u_1' + m_2 u_2'$ , а

$$u_2' = u_2 + \frac{m_1}{m_2} (u_1 - u_1') = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{0,9 \text{ кг}}{0,6 \text{ кг}} \cdot \left( 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right) = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (2).$$

Однако, этот случай не мог реализоваться, так как запрещен законом сохранения энергии: начальная кинетическая энергия мячей до столкновения, равная

$$\frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot (0,9 \cdot 900 + 0,6 \cdot 400) = 525 \text{ (Дж)}$$

меньше конечной кинетической энергии

$$\frac{m_1 u_1'^2}{2} + \frac{m_2 u_2'^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot (0,9 \cdot 100 + 0,6 \cdot 2500) = 795 \text{ (Дж)}.$$

То есть указанное в задаче изменение скоростей мячей могло происходить только с поглощением энергии (как при взрыве снаряда).

Пусть мячи двигались навстречу друг другу. Тогда из (1)  $m_1 u_1 - m_2 u_2 = m_1 u_1' + m_2 u_2''$

получаем, что  $u_2'' = -u_2 + \frac{m_1}{m_2} (u_1 - u_1') = -20 \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{0,9 \text{ кг}}{0,6 \text{ кг}} \cdot \left( 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (3)$ , то есть в

этом случае второй мяч после удара изменит направление скорости на противоположное.

Проверка изменения энергии показывает, что данное столкновение происходило с выделением энергии, что, в принципе, могло быть.

Ответ: искомая скорость равна 10 м/с.

*Разбалловка:* за использование для решения задачи формулы (1) ставится 2 балла;

за обоснование направления движения мячей ставится 3 балла;

за формулу (3) ставится 3 балла;

за числовой результат ставится 2 балла.

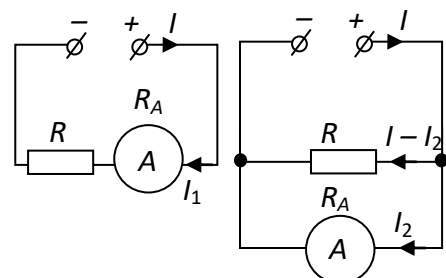


Рис. 10.4

Рис. 10.5

6. «Неидеальный амперметр». Изобразим схемы в двух рассмотренных случаях подключения амперметра (рис. 10.4 и рис. 10.5). Поскольку источник тока поддерживает постоянный по величине ток  $I$ , то при первом подключении амперметр будет показывать именно этот ток  $I = I_1 = 0,2 \text{ А} \quad (1)$ .

Для нахождения тока во втором случае запишем равенство напряжений для параллельных участков:  $(I - I_2)R = I_2 R_A$  (2). Отсюда выражаем сопротивление амперметра:

$$R_A = \left( \frac{I}{I_2} - 1 \right) R \quad (3).$$

Численно:  $R_A = \left( \frac{0,2 \text{ А}}{0,15 \text{ А}} - 1 \right) \cdot 200 \text{ Ом} \cong 67 \text{ Ом}.$

*Разбалловка:* за нахождение силы тока источника (равенство (1)) ставится 4 балла;  
за использование равенства напряжений при параллельном соединении (формула (2)) ставится 3 балла;  
за формулу (3) ставится 1 балл;  
за нахождение искомого сопротивления ставится 2 балла.

**7. Экспериментальная задача «Кусочек пластилина».** Возьмем часть кусочка пластилина и прикрепим его к концу карандаш. Погрузим карандаш в воду, он примет вертикальное положение. Отметим на карандаше маркером уровень воды.

Измерим объем оставшегося (не прикрепленного к карандашу) кусочка пластилина, сделав из него прямоугольный параллелепипед. Если длина граней пластилина равна  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , то объем куска  $V = a \cdot b \cdot c$ .

Прикрепим дополнительно к нижнему концу карандаша оставшийся кусочек пластилина. В результате карандаш еще сильнее погрузится в воду. Отметим на карандаше новый уровень воды.

Условие плавания карандаша при первом погружении:  $mg = \rho_e V_1 g$  (1) где  $m$  – масса карандаша с исходным кусочком пластилина,  $V_1$  – объем погруженной части карандаша с пластилином; при втором –  $mg + m_{пл} g = \rho_e (V_1 + V + Sh) g$  (2), где  $m_{пл} = \rho \cdot V$  (3) – масса дополнительного кусочка пластилина,  $\rho$  – плотность пластилина,  $h$  – длина, на которую дополнительно погрузится карандаш,  $S = \pi r^2$  – площадь поперечного сечения карандаша.

Чтобы определить радиус карандаша  $r$ , можно сделать отметку на карандаше и прокатить карандаш по поверхности миллиметровой бумаги, выполнив  $N$  оборотов, тогда пройденное карандашом расстояние равно  $L = 2\pi r \cdot N$ , откуда  $r = \frac{L}{2\pi N}$ ,

$$S = \pi \left( \frac{L}{2\pi N} \right)^2 = \frac{L^2}{4\pi N^2} \quad (4).$$

Тогда из формулы (2) (с учетом (1) и (3))  $\rho V = \rho_e (V + Sh)$ . А с учетом

равенства (4)  $\rho V = \rho_e \left( V + \frac{L^2}{4\pi N^2} h \right)$ . Отсюда искомая плотность пластилина

$$\rho = \rho_e \left( 1 + \frac{L^2 h}{4\pi N^2 V} \right) \quad (5).$$

*Разбалловка:* Максимальная стоимость задачи составляет 15 баллов.

За описание метода определения плотности ставится 3 балла;  
за формулы (1) (2) или подобные им ставится 4 балла;  
за формулу (4) или подобную ставится 2 балла;  
за нахождение объема кусочка пластилина ставится 1 балл;  
за измерения  $L$ ,  $N$  добавляется 1 балл;  
за нахождение  $h$  ставится 2 балла;  
за расчет плотности добавляется 2 балла.

## РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ XI КЛАССА

1. «Извилистая дорожка». 1) При движении по дуге окружности с постоянной скоростью нормальное ускорение велосипедиста равно  $a = \frac{v^2}{R}$  (1).

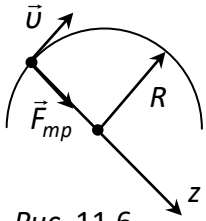


Рис. 11.6

По второму закону Ньютона для велосипедиста в проекции на ось  $z$ , направленную к центру дуги окружности  $ma = F_{mp}$  (2).

Из равенств (1) и (2)  $v = \sqrt{\frac{F_{mp}R}{m}}$  (3). Из полученной формулы видно, что

скорость будет максимальной, когда будет максимальна сила трения покоя (она равна силе трения скольжения), т. е.  $F_{mp} = \mu N$  (4), где  $N = mg$ .

Из формул (3)-(4) получаем:  $v = \sqrt{\mu g R}$  (5). Численно:  $v = \sqrt{0,4 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 10 \text{ м}} = 6,3 \text{ м/с}$ .

2) На рис. указаны точки  $A_1, A_2, A_3$ , в которых ускорение резко меняется по направлению, поскольку в этих точках кривизна траектории меняется на противоположную (выпуклость сменяется вогнутостью), а центростремительное ускорение направлено к центру соответствующей окружности.

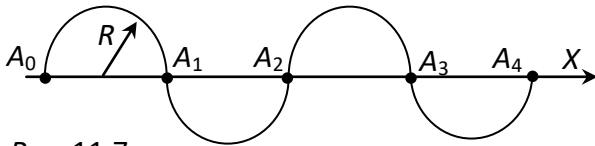


Рис. 11.7

3) Найдем среднюю скорость движения велосипедиста в проекции на ось  $X$ :  $v_{x \text{ ср}} = \frac{2R}{t}$ , где  $t = \frac{\pi R}{v}$ . Тогда искомая скорость равна  $v_{x \text{ ср}} = \frac{2}{\pi} v$  (6).

Численно:  $v_{x \text{ ср}} = \frac{2}{3,14} \cdot 6,3 \text{ м/с} \cong 4 \text{ м/с}$ .

- Разбалловка:* за формулу (1) ставится 1 балл;  
за формулу (2) ставится 2 балла;  
за указание того, что скорость максимальна ставится 1 балл;  
за формулу (5) ставится 1 балл;  
за нахождение численного значения скорости добавляется 1 балл;  
за нахождение и обоснование точек резкого изменения ускорения ставится 2 балла;  
за формулу (6) ставится 1 балл;  
за численное значение средней скорости ставится 1 балл.

2. «Спасение». Из второго закона Ньютона следует, что первая тележка движется с

ускорением  $a_1 = \frac{\mu N_1 - T_1}{m_1} = \frac{\mu m_1 g - T_1}{m_1}$  (1), а вторая –

с ускорением  $a_2 = \frac{T_2 - m_2 g}{m_2}$  (2). Выражая силы

натяжения и, учитывая, что ускорения и силы натяжения в выражениях (1) и (2) одинаковы, получим:  $\mu m_1 g - m_1 a = m_2 a + m_2 g$ , откуда

$$a = \frac{g(\mu m_1 - m_2)}{m_1 + m_2}.$$

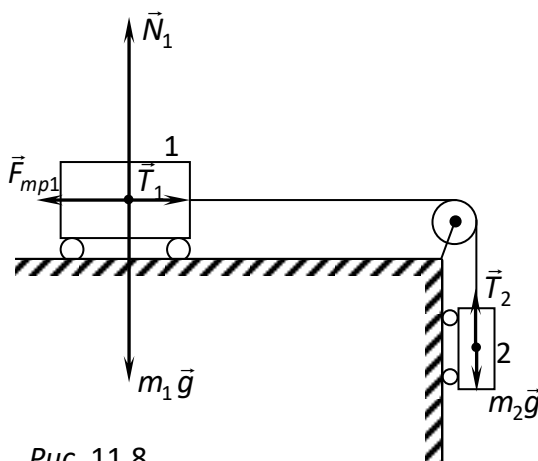


Рис. 11.8

$$\text{Численно } a = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot (0,5 \cdot 4 \text{ кг} - 1 \text{ кг})}{4 \text{ кг} + 1 \text{ кг}} = 2 \text{ м/с}^2.$$

*Разбалловка:* за полностью верное изображение сил ставится 2 балла;

за верную запись второго закона Ньютона для каждой из тележек (или выражений (1) и (2)) ставится по 2 балла;

за расчет ускорения добавляется 4 балла.

3. «Ныряльщик». Плотность ныряльщика, сделавшего полный выдох, равна плотности воды, значит, объем его тела в этом состоянии равен  $V_0 = m/\rho$  (1). После вдоха в воду погружен тот же объем, следовательно, полный объем тела ныряльщика, сделавшего полный вдох, составляет  $V = \frac{V_0}{0,95} = \frac{m}{0,95\rho}$  (2). Рабочий объем легких

$$\Delta V = V - V_0 = \frac{m}{\rho} \left( \frac{1}{0,95} - 1 \right) = \frac{70}{1000} \cdot \left( \frac{1}{0,95} - 1 \right) = 3,68 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{)}.$$

*Разбалловка:* за рассуждения, приводящие к формуле (1) ставится 3 балла;

за рассуждения, приводящие к формуле (2) ставится 3 балла;

за расчет искомого объема добавляется 4 балла.

4. «Жидкий пропан». Воздух в баллоне сжимается до объема  $V_0 - V$  и его парциальное давление, согласно закону Бойля – Мариотта, становится равным  $p_1 = p_0 \frac{V_0}{V_0 - V} = 10^6 \text{ Па}$  (1).

Парциальное давление пропана при 20°C равно  $p_n = 0,74 \cdot 10^6 \text{ Па}$  (2). По закону Дальтона полное давление в баллоне равно  $p = p_1 + p_n = 10^6 + 0,74 \cdot 10^6 = 1,74 \cdot 10^6 \text{ (Па)}$  (3).

*Разбалловка:* за нахождение  $p_1$  (формула (1)) ставится 3 балла;

за нахождение  $p_n$  (формула (2)) ставится 2 балла;

за использование закона Дальтона ставится 3 балла;

за численный результат искомого давления добавляется 2 балла.

5. «Идеальная цепь». Так как ток через первый резистор не течет, то полное сопротивление электрической цепи равно  $R_2 = 10 \text{ Ом}$ . Тогда сила тока во всей цепи и показание амперметра равны  $I = \frac{U_0}{R_2}$ , численно  $I = \frac{5 \text{ В}}{10 \text{ Ом}} = 0,5 \text{ А}$ . Вольтметр показывает напряжение на источнике тока, то есть  $U_0 = 5 \text{ В}$ .

*Разбалловка:* за нахождение силы тока ставится 6 балла;

за определение напряжения добавляется 4 балла;

при отсутствии решения задачи может быть поставлен 1 балла за верную запись закона Ома и 1 балл за указание, что через резистор  $R_1$  ток не идет.

6. «Сила Ампера». Пусть  $u_x$  – проекция скорости правой перемычки на направление движения левой. Тогда скорость изменения магнитного потока через площадку, ограниченную рельсами и двумя перемычками, равна  $B|u - u_x|$  (1), где  $B$  – магнитная индукция,  $l$  – расстояние между рельсами. Так как сила Ампера пропорциональна току, текущему по перемычке, то сила тока, а следовательно, согласно закону Ома, и ЭДС индукции  $\varepsilon = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right|$  (2), возникающая в контуре, должны удвоиться. Здесь  $\Phi$  – магнитный поток. Таким образом,  $|u - u_x| = 2u$  (3).

Полученное уравнение имеет два решения:  $u_{x1} = -u$  и  $u_{x2} = 3u$ . Это означает, что правая перемычка должна двигаться либо навстречу левой со скоростью  $u$ , либо в том же направлении, что и левая, со скоростью  $3u$ .

*Разбалловка:* за формулы (1), (2), (3) ставится по 2 балла;

за нахождение каждой из скоростей ставится по 2 балла.

7. *Экспериментальная задача «Две плотности».* С помощью мерного стакана отмеряем некоторый объем  $V$  поваренной соли и пересыпаем ее в другой стакан, следя за тем, чтобы ее поверхность была горизонтальной. Наполняем мерный стакан водой и аккуратно заливаем из него соль так, чтобы уровень воды совпал с поверхностью соли. При этом объем воды в мерном стакане уменьшается на величину  $\Delta V$ , совпадающую с объемом пустот между крупинками соли. Следовательно, «чистый» объем вещества составляет  $V_0 = V - \Delta V$ . Находим отношение плотностей:  $\rho_v/\rho_n = V/(V - \Delta V)$  (1). Результат, как правило, получается в пределах 1,2 ... 1,4.

*Разбалловка.* Максимальная стоимость задачи составляет 15 баллов.

За описание метода определения «чистого» объема вещества ставится 4 балла;

за описание метода нахождения отношения плотностей (формула(1)) ставится 4 балла;

за получение разумного численного результата ставится 4 балла;

за оценку погрешности результата добавляется 3 балла.

**Школьники, приглашенные по результатам муниципального этапа  
всероссийской олимпиады по физике  
на областную олимпиаду и на региональный этап  
всероссийской олимпиады по физике в 2011/2012 уч. году**

**VII класс**

Мальцев Владимир (Шварихинская ОШ, Нолинский р-н), Русаков Иван (Немская СШ, Немский р-н), Домнин Денис (КЭПЛ, г. Киров), Зяблицев Владимир (Лицей 21, г. Киров), Стародумова Полина (Лицей, г. К.-Чепецк), Ананьин Дмитрий (28 СШ, г. Киров), Перминов Александр (28 СШ, г. Киров), Исупов Кирилл (КФМЛ, г. Киров), Кобелева Алена (КЭПЛ, г. Киров), Лесников Андрей (Большепорекская СШ, Кильмезский р-н), Галкин Егор (1 Орловская СШ, Орловский р-н), Литвин Оксана (1 Орловская СШ, Орловский р-н), Докучаева Дарья (1 гимназия, г. К.-Чепецк), Харлушин Данил (Лицей, г. Вятские Поляны), Макаренко Александр (2 СШ, г. Вятские Поляны), Орлов Егор (КЭПЛ, г. Киров), Мохнаткин Севастьян (ГГ, г. Киров), Артемьев Александр (КФМЛ, г. Киров), Васенин Алексей (Просницкая СШ, К.-Чепецкий р-н), Исмагилова Заляя (Лицей, г. Вятские Поляны), Лесихин Алексей (Демьяновская СШ, Подосиновский р-н), Сметанин Станислав (66 СШ, г. Киров), Урванцев Андрей (Унинская СШ, Унинский р-н), Шевелев Дмитрий (Спицынская СШ, Котельничский р-н), Пахомов Дмитрий (Омутнинская ГОУ СОШ, Омутнинский р-н).

**VIII класс**

Гришин Данил (КЭПЛ, г. Киров), Нуждов Глеб (КФМЛ, г. Киров), Порошин Андрей (ЛЕН, г. Киров), Алцыбеев Максим (КЭПЛ, г. Киров), Зеленева Антон (КФМЛ, г. Киров), Леонтьев Даниил (ВГГ, г. Киров), Фищев Дмитрий (КФМЛ, г. Киров), Черемисинова Ольга (28 СШ, г. Киров), Маренин Алексей (ВГГ, г. Киров), Куртеев Леонид (54 СШ, г. Киров), Прозорова Анна (КФМЛ, г. Киров), Саманджия Юлия (ЛЕН, г. Киров), Ожегина Полина (74 СШ, г. Киров), Рубанов Илья (КФМЛ, г. Киров), Прокудина Евгения (КЭПЛ, г. Киров), Кайсин Илья (КФМЛ, г. Киров), Шишкин Михаил (КФМЛ, г. Киров), Глызина Екатерина (Лицей 21, г. Киров), Морозов Илья (62 СШ, г. Киров), Сокерин Александр (СОШ № 2, ЗАТО Первомайский), Чамор Мария (МОУ СОШ с УИОП г. Кирс, Верхнекамский р-н), Банникова Елизавета (МОУ СОШ с УИОП № 5, г. Котельнич), Будин Николай (КФМЛ, г. Киров), Бураков Иван (Лицей, г. К.-Чепецк), Доронина Анна (МОУ СОШ с УИОП № 37, г. Киров), Князева Анастасия (МОУ СОШ № 5, г. К.-Чепецк)

**IX класс**

Смердов Антон (КФМЛ, г. Киров), Татарских Савелий (ЛЕН, г. Киров), Зибарова Александра (Арбаская СШ, Арбаский р-н), Широких Борис (КФМЛ, г. Киров), Постников Валентин (КФМЛ, г. Киров), Тебеньков Александр (37 СШ, г. Киров), Шарафутдинов Азат (КФМЛ, Уржумский р-н), Кашу Артем (Уржумская гимназия, Уржумский р-н), Сергеева Анастасия (ЛЕН, г. Киров), Баранцев Андрей (МОУ СОШ села Сорвижи, Арбаский р-н), Захур Даниель (ВПГ, г. Киров), Мякишев Дмитрий (Гимназия, г. Вятские Поляны), Исупова Юлия (ЛЕН, г. Киров), Казаков Назар (КФМЛ, г. Киров), Кочкин Иван (КФМЛ, г. Киров), Овчинников Николай (Немская СШ, Немский р-н), Халявин Илья (КФМЛ, г. Киров), Похвищева Надежда (ЛЕН, г. Киров), Порубов Максим (Ежовская ОШ, Омутнинский р-н), Мальцева Анастасия (66 СШ, г. Киров), Тарасов Вячеслав (Лицей, г. К.-Чепецк), Баранцев Павел (Сорвижская СШ, Арбаский р-н), Быкова Марина (Демьяновская СШ, Подосиновский р-н), Волкова Екатерина (5 СШ, г. Котельнич), Голуб Маргарита (КЭПЛ, г. Киров), Анущенко Александр (14 СШ, г. Киров), Фалеев Михаил (КФМЛ, г. Киров), Счастливец Елизавета (28 СШ, г. Киров), Коновалов Александр (КФМЛ, г. Киров), Лаптев Андрей (КФМЛ, г. Киров), Попцов Павел (МОУ СОШ № 42 г. Кирова, г. Киров), Ситников Максим (28 СШ, г. Киров), Саламатов Артур (Гимназия г. Уржума, Уржумский р-н), Шуплецов Алексей (КФМЛ, г. Киров).

**X класс**

Казанцев Александр (КФМЛ, г. Киров), Воронцова Татьяна (Юрьевская СШ, Котельничский р-н), Топоров Евгений (МОУ СОШ с. Кобра, Даровской р-н), Высоких Максим (КФМЛ, г. Киров), Логинов Иван (КФМЛ, г. Киров), Созин Илья (КЭПЛ, г. Киров), Калинин Дмитрий (Лицей, г. К.-Чепецк), Малыгин Виталий (КФМЛ, г. Киров), Никулин Валерий (27 СШ, г. Киров), Марьин Егор (КФМЛ, г. Киров), Садакова Кристина (КФМЛ, г. Киров), Марков Илья (КФМЛ, г. Киров), Шураков Иван (2 Мурашинская СШ, Мурашинский р-н), Зоненко Наталья (ЛЕН, г. Киров), Латышев Алексей (КФМЛ, г. Киров), Машковцев Денис (ЛЕН, г. Киров), Пестриков Павел (37 СШ, г. Киров), Шевнин Дмитрий (КФМЛ, г. Киров), Ибатуллина Карима (Сосновская гимназия, Вятскополянский р-н), Гафиулин Тимур (Лицей г. Советск, Советский р-н), Аревкин Вадим (Лицей г. Советск, Советский р-н), Нелюбин Владимир (Октябрьская СШ, Фаленский р-н), Головьева Елизавета (Омутнинская ГОУ СОШ, Омутнинский р-н), Зинатов Рустам (Краснополянская СШ, Вятскополянский р-н), Завялов Антон (1 гимназия, г. К.-Чепецк), Залюбовина Мария (51 СШ, г. Киров), Корякин Данил (КФМЛ, г. Киров), Тюльпанова Екатерина (КФМЛ, г. Киров), Князева Ксения (Лицей, г. Киров).

## **XI класс**

Соболев Константин (КФМЛ, г. Киров), Фофанов Владислав (КФМЛ, г. Киров), Маракулин Роман (КФМЛ, г. Киров), Забелина Ольга (28 СШ, г. Киров), Романенко Екатерина (Некрасова СШ, г. К.-Чепецк), Саламатов Марат (Уржумская гимназия, Уржумский р-н), Домрачева Анастасия (Лицей, г. К.-Чепецк), Кошечкин Сергей (КФМЛ, г. Киров), Тутынин Владимир (КФМЛ, г. Киров), Гончарова Людмила (1 СШ, г. Котельнич), Рахимулин Ринат (2 СШ, г. Вятские Поляны), Злобина Екатерина (Немская СШ, Немский р-н), Кашафдинова Алсу (Сосновская ОШ, Вятскополянский р-н), Козлов Дмитрий (Лицей 21, г. Киров), Горячевский Александр (Лузская ГОУ СОШ, Лузский р-н), Костылева Елена (КФМЛ, г. Киров), Копосова Мария (КФМЛ, г. Киров), Блинов Кирилл (Лицей 21, г. Киров), Маринина Дарья (КФМЛ, г. Киров), Автамонов Антон (Подосиновская СШ, Подосиновский р-н), Харин Павел (Лицей №9, г. Слободской), Братухин Даниил (2 Орловская СШ, Орловский р-н), Махаметшин Инсаф (2 СШ, г. Вятские Поляны), Заплаткин Максим (Пижанская СШ, Пижанский р-н), Колобова Дарья (КФМЛ, г. Киров).

### **Учителя, подготовившие победителей и призеров регионального этапа**

#### **всероссийской олимпиады школьников по физике в 2011/2012 уч. году**

Агалакова Валентина Юрьевна (ГОУ "Лицей естественных наук города Кирова"), Гурдин Дмитрий Николаевич (МКОУ СОШ пгт. Даровской), Елькина Мария Игоревна (ГОУ "Кировский физико-математический лицей"), Заграй Владимир Сергеевич (ГОУ "Кировский физико-математический лицей"), Исупов Михаил Васильевич (ГОУ "Кировский физико-математический лицей"), Мешин Василий Викторович (МКОУ СОШ №5), Напольская Анна Кимовна (ГОУ Вятская гуманитарная гимназия с углубленным изучением английского языка), Некрасова Анжелика Викторовна (ГОАУ Кировский экономико-правовой лицей), Панов Андрей Николаевич (КОГОКУ СОШ с УИОП г. Омутнинска), Половникова Елена Анатольевна (ГОУ "Кировский физико-математический лицей"), Резниченко Елена Михайловна (МКОУ "Лицей г. Кирово-Чепецка"), Романова Ольга Михайловна (МОАУ СОШ с углубленным изучением отдельных предметов №66), Салихов Ринат Ривгатович (МКОУ СОШ с углубленным изучением отдельных предметов г.Кирс), Сорокин Николай Васильевич (КОГОКУ "Лицей г. Советска"), Суворов Анатолий Андреевич (МКОУ "Лицей г. Кирово-Чепецка"), Сыроева Татьяна Алексеевна (МОАУ Лицей № 21 г. Кирова), Фирюлина Надежда Витальевна (МКОУ "Лицей г. Кирово-Чепецка"), Чувашева Алевтина Ивановна (МОУ СОШ №28 с углубленным изучением отдельных предметов им. Октябрьской революции).