



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

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

личной олимпиады
Школьного учебно-научного турнира
по физике «ШУНТ»

(12-17 марта 2015 г.)

ФИЗИКА, 2015



**Киров
2015**

Печатается по решению учебно-методического совета КОГАОУ ДО «Центр дополнительного образования одаренных школьников» и методической комиссии Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ»

Задания, решения и результаты личной олимпиады Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ» (12-17 марта 2015 г.). – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2015. – 20 с.

Авторы и источники задач

7 класс

1. Смердов А. Н.
2. Сорокин А. П.
3. Безносиков А. Н.
4. Сорокин А. П.
5. Сорокин А. П.
6. Рубанов И. И.

8 класс

1. Смердов А. Н.
2. Сорокин А. П.
3. Сорокин А. П.
4. Сорокин А. П.
5. Безносиков А. Н.
6. Коханов К. А.

9 класс

1. Сорокин А. П.
2. Мартемьянова Т. Ю.
3. Лучников И. А.
4. Безносиков А. Н.
5. Смердов А. Н.
6. Фольклор

Методической комиссией Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ» рассматриваются предложения по задачам для личной олимпиады
Адрес для переписки: shunt.ph@mail.ru

Компьютерная верстка

Сорокин А.

Научная редакция

Кантор П. Я., Коханов К. А., Перевощиков Д. В.

Подписано в печать 12.03.2015.

Формат 60×84¹/₁₆. Усл. печ. л. 1,25

Тираж 270 экз.

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одаренных школьников», Киров, 2015

© Безносиков А. Н., Коханов К. А., Лучников И. А., Мартемьянова Т. Ю., Рубанов И. И., Смердов А. Н., Сорокин А. П. (сост.), 2015

ЗАДАНИЯ ДЛЯ 7 КЛАССА

1. Коврик для йоги

ШУНТик пришел на занятие по йоге и начал раскручивать смотанный в плотный рулон коврик толщиной $d = 1$ см. К тому моменту, как радиус коврика уменьшился вдвое, у ШУНТика был размотан коврик длиной $l = 1,5$ м. Определите радиус полностью свернутого коврика и его полную длину.



2. Загадка холодильника

Профессор ШУНТ достал из морозильной камеры холодильника мороженое, но совсем забыл про то, что хотел посмотреть результаты эксперимента, который он проводит при подготовке к турниру. К его удивлению открыть дверцу холодильника во второй раз оказалось гораздо труднее: она не сразу поддавалась, и ему пришлось приложить большую силу.

Объясните:

- 1) почему приходится прикладывать большую силу для того, чтобы открыть холодильник повторно;
- 2) почему проблема не возникает, если открывать холодильник повторно спустя достаточно большой промежуток времени.

3. Мастера эхолокации

Летучая мышь для ориентации в пространстве использует эхолокацию (животное постоянно испускает ультразвуковые импульсы, которые, отражаясь от окружающих предметов, возвращаются обратно к мыши и она воспринимает акустическую картину окружающей обстановки).

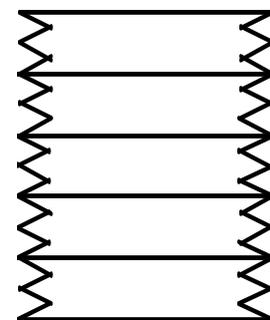
Найдите минимальное расстояние между двигающейся по прямой летучей мышью и неожиданно возникшей перед ней узкой преградой, которую она успеет облететь, если время реакции летучей мыши на полученный сигнал $t = 0,01$ с, скорость ее движения $v_1 = 15$ м/с, скорость звука $v_2 = 335$ м/с.

4. Лестница-пружина

Для спуска с крыши изготавливается складная лестница, каждая последующая ступенька которой крепится к предыдущей при помощи двух пружин одинаковой жесткости $k_0 = 1000$ Н/м.

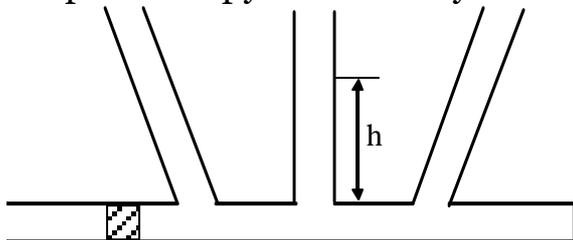
Определите, какое минимальное количество ступенек потребуется, чтобы человек массой $M = 40$ кг смог спуститься с крыши 3 этажа и при этом нижняя ступенька коснулась земли.

Высота этажа $h = 3$ м, масса ступеньки $m = 10$ кг. Длина пружины в нерастянутом состоянии $l = 10$ см. Лестница крепится к крыше первой сверху ступенькой. Толщиной ступенек пренебречь.



5. Шунтопровод

ШУНТик сконструировал из обрезков пластиковых труб устройство, похожее на букву «Ш», и вставил с одной стороны в горизонтальную трубу поршень, который начинает сдвигаться, если к нему приложена горизонтальная сила $F = 1 \text{ Н}$. Определите, до какой высоты h поднимется жидкость в каждой из трех открытых трубок к тому моменту, когда поршень начнет сдвигаться, если



ШУНТик будет медленно наливать масло плотностью $\rho_m = 800 \text{ кг/м}^3$ в крайнюю правую трубку. Сечение всех труб одинаковое и равно $S = 3 \text{ см}^2$. Атмосферное давление не учитывать.

6. Экспериментальная задача «Бассейн реки»

Согласно некоторым данным длина реки l и площадь ее бассейна S связаны соотношением $S = \alpha l^2$, где α – коэффициент.

Найдите численное значение коэффициента для рек Кировской области, указанных в таблице. Вычислите его среднее значение. Для каких по форме рек коэффициент существенно отличается от среднего значения?

Река	Площадь бассейна, км ²
Федоровка	1090
Шабанка	410
Черняница	405
Кордяга	700
Лудяна	970
Ярань	1640
Лып	960

Оборудование: миллиметровая сетка, нанесенная на прозрачную пленку с масштабом, карта рек Кировской области.

Примечание. Бассейн реки – территория, с которой все поверхностные и грунтовые воды стекают в данный водоём, включая притоки.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ 8 КЛАССА

1. Коврик для йоги

ШУНТик пришел на занятие по йоге и начал раскручивать смотанный в плотный рулон коврик толщиной $d = 1$ см. К тому моменту, как радиус коврика уменьшился вдвое, у ШУНТика был размотан коврик длиной $l = 1,5$ м. Определите радиус полностью свернутого коврика и его полную длину.



2. Лестница-стремянка

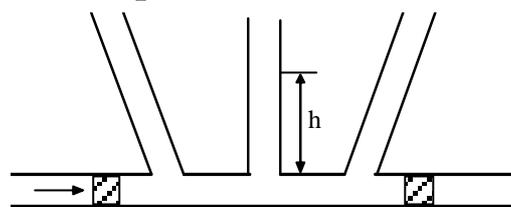
ШУНТик решил подвесить дополнительные лампочки над рабочим столом в лаборатории, используя лестницу-стремянку, состоящую из двух лестниц, длиной $l = 2$ м и массой $m = 5$ кг каждая, скрепленных шарнирно в верхней части. В качестве страховки между этими лестницами он натянул две невесомые веревки, которые крепятся к середине каждой из лестниц. Когда половинки лестницы полностью раздвинуты, расстояние между их нижними концами равно $d = 1$ м.

Определите, не разъедутся ли половинки, когда ШУНТик будет стоять на самом верху лестницы-стремянки, если максимальная сила натяжения, которую выдерживает каждая из веревок, равна $F = 25$ Н. Масса ШУНТика $M = 10$ кг. Трением пренебречь.



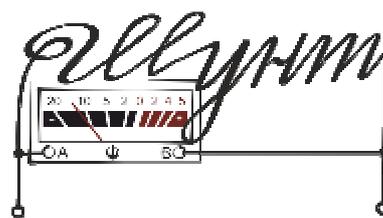
3. Шунтопровод

ШУНТик сконструировал из обрезков пластиковых труб устройство, похожее на букву «Ш» и залил в горизонтальную трубу масло плотностью $\rho_m = 800$ кг/м³. Определите, на какую высоту h поднимется жидкость в каждой из трех открытых трубок, если он начнет медленно двигать левый поршень до тех пор, пока правый не придет в движение. Правый поршень начинает сдвигаться, если к нему приложена горизонтальная сила $F = 1$ Н. Сечение всех труб одинаковое и равно $S = 3$ см². Сравните массы жидкостей в открытых трубках, если угол наклона крайних одинаковый. Атмосферное давление не учитывать.



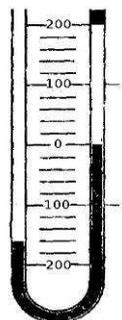
4. Турнирное сопротивление

Амперметр с внутренним сопротивлением $r = 3$ Ом включен последовательно с резистором сопротивлением $R_0 = 2$ Ом в цепь и показывает силу тока $I = 2$ А. Определите, как изменятся показания прибора, если параллельно ему подключить проволочное сопротивление в форме слова «ШУНТ» сопротивлением $R = 6$ Ом. Напряжение в цепи остается постоянным.



5. Трубки с ртутью

В манометр с запаянным правым коленом, налита ртуть (рис. а). В левое колено аккуратно добавляют ртуть объемом $V = 1600 \text{ мм}^3$. В правом колене



а



б

уровень ртути устанавливается так, как показано на рис. б. Считая, что диаметр трубки постоянный, найдите площадь ее сечения. В ходе эксперимента ртуть из трубок не вытекает. Атмосферное давление $p_0 = 760 \text{ мм.рт.ст.}$ Воздух можно считать идеальным газом. Деления манометра указаны в мм.

Примечание. Согласно закону Бойля – Мариотта зависимость между давлением и объемом некоторого количества идеального газа при постоянной температуре такова: $pV = \text{const.}$

6. Экспериментальная задача «Поролоновая губка»

Определите массу материала, из которого изготовлена поролоновая губка.

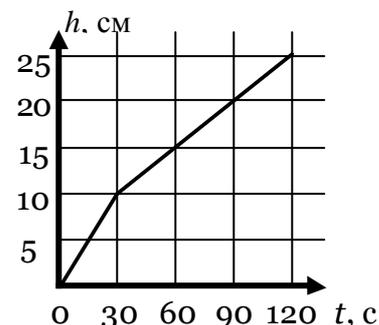
Оборудование: поролоновая губка, сосуд с водой, шприц.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ 9 КЛАССА

1. Параллелепипед в аквариуме

Аквариум, на дне которого стоит деревянный параллелепипед высотой $h = 20$ см, наполняют водой со скоростью $v = 10$ см³/с. На графике представлена зависимость высоты уровня жидкости в аквариуме от времени.

Определите плотность дерева, из которого изготовлен параллелепипед. Плотность воды $\rho_в = 1$ г/см³. При наполнении аквариума жидкость попадает под параллелепипед.



2. Упал и отскочил

В вагоне поезда на краю стола высотой $h = 1$ м лежит мячик для пинг-понга. Поезд трогается с места с постоянным ускорением $a = 2$ м/с², а мячик начинает падать вниз без начальной скорости относительно вагона.

Изобразите траекторию мячика в промежуток времени от начала падения до второго удара о пол вагона относительно:

- рельсов,
- вагона.

Найдите расстояние между точками первого и второго ударов мячика о пол. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать, трения нет. Удары о пол вагона абсолютно упругие.

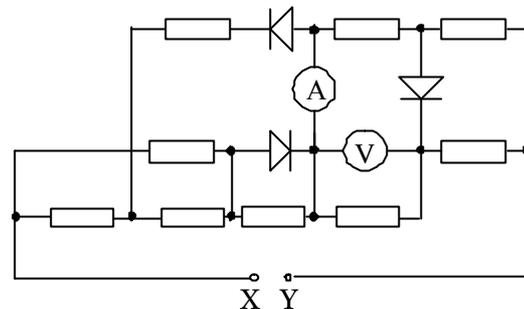
3. Закат на космическом теле

Профессор Шунт наблюдает закат на идеально круглом космическом теле. Вначале он рассматривает закат, лежа на животе. После того, как профессор перестает видеть звезду, он резко встает на ноги и наблюдает закат еще $t = 100$ с. Определите радиус космического тела, если продолжительность суток на нем составляет $T = 24$ часа, рост профессора $l = 175$ см.

4. Первая схема

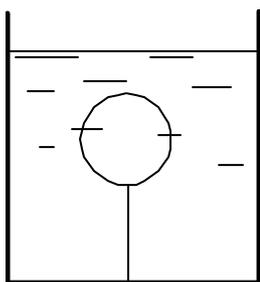
ШУНТик спаял схему, показанную на рисунке. Помогите эксперту по электрическим схемам и пайке определить показания амперметра и вольтметра, если к клеммам X и Y будет подключен источник постоянного напряжения. Амперметр, вольтметр, диоды, соединительные провода и источник постоянного напряжения ($U = 20$ В) идеальные, сопротивление каждого из резисторов $R = 2$ Ом.

Идеальный диод – электрический прибор, сопротивление которого при одной полярности приложенного напряжения равно нулю, а при другой – бесконечно велико. Диод пропускает ток в направлении стрелки, т.е. от анода (А) к катоду (К).



5. Ледяной шарик

Ледяной шарик массы m прикреплен нитью ко дну сосуда, заполненного водой, как показано на рисунке. Определите силу натяжения нити в начальный момент времени и время, за которое лед полностью растает. Температура воды в сосуде поддерживается постоянной и равной $t_в$, температура льда $t_л = 0\text{ }^\circ\text{C}$, удельная теплота плавления льда λ , коэффициент теплообмена k . Плотность воды и льда равны соответственно $\rho_в$ и $\rho_л$.



Примечание. Коэффициент теплообмена – количество теплоты, отдаваемое с 1 м^2 поверхности за единицу времени при разности температур в $1\text{ }^\circ\text{C}$.

6. Экспериментальная задача «Магнитная сила»

Определите силу, с которой магнит, помещенный в спичечный коробок, притягивается к стальной полоске, обмотанной бумагой.

Оборудование: динамометр, магнит в спичечном коробке, листок бумаги, линейка, стальная полоска, обмотанная бумагой, нить.

Коробок с магнитом открывать запрещается!

Решения и критерии оценивания задач 7 класса

1. Коврик для йоги

Площадь боковой поверхности той части коврика, что оказалась размотана, равна $S = \pi R^2 - \pi \left(\frac{R}{2}\right)^2 = \frac{3}{4} \pi R^2$ (1).

Площадь боковой поверхности размотанной части $S = ld$ (2).

С учетом (1) и (2) радиус коврика равен $R = \sqrt{\frac{4ld}{3\pi}}$ (3),

численно $R = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5 \text{ м} \cdot 0,01 \text{ м}}{3 \cdot 3,14}} = 0,08 \text{ м}$.

Рассуждая аналогично и учитывая, что осталось размотать коврику радиусом $r = \frac{R}{2}$, находим длину скрученной части коврика $l_1 = \frac{\pi R^2}{4d}$ (4), численно

$l_1 = \frac{3,14 \cdot 0,08^2 \text{ м}^2}{4 \cdot 0,01 \text{ м}} = 0,5 \text{ м}$.

Полная длина коврика $L = l + l_1 = 1,5 \text{ м} + 0,5 \text{ м} = 2 \text{ м}$ (5).

Критерии оценивания

Каждая из формул (1), (2) или соответствующие рассуждения.....	2
Формула (3) или численное значение	3
Формула (4) или численное значение	2
Результат (5).....	1

2. Тайна холодильника

Во время первого открывания в холодильник попадает теплый воздух (1).

После закрывания дверцы теплый воздух внутри камеры холодильника охлаждается, уменьшается давление (2).

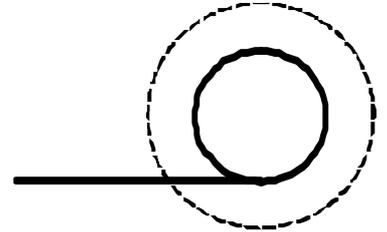
Из-за разницы давлений снаружи и внутри холодильника приходится прикладывать большую силу, чтобы открыть дверцу (3).

Величина силы зависит от разницы температур внутри холодильника и в комнате.

Спустя достаточно большой промежуток времени открыть холодильник легче, потому что прокладка на дверце негерметична, и внутрь холодильника постепенно проникает воздух, давления выравниваются, а дверь удерживается лишь магнитным уплотнителем (5).

Критерии оценивания

Каждое из рассуждений (1), (2), (3).....	2
Рассуждение (5).....	4



3. Мастера эхолокации

Минимальное расстояние равно сумме расстояний $S_1 = v_1 t$ (1), которое пролетит мышь до преграды за время анализа сигнала, и S_2 , которое пролетит мышь за то время, пока отраженная от преграды волна распространяется до мыши. Отраженная от преграды волна проходит до мыши расстояние S_1 за время $t_1 = \frac{S_1}{v_2}$ (2). За это время мышь пролетает расстояние $S_2 = v_1 t_1 = v_1 \frac{S_1}{v_2}$ (3).

$$\text{Минимальное расстояние } S = S_1 + S_2 = v_1 t + v_1 \frac{v_1 t}{v_2} = v_1 t \left(1 + \frac{v_1}{v_2} \right) \quad (4).$$

$$\text{Численно } S = 15 \text{ м/с} \cdot 0,01 \text{ с} \cdot \left(1 + \frac{15 \text{ м/с}}{335 \text{ м/с}} \right) = 0,157 \text{ м} \quad (5).$$

Критерии оценивания

Формула (1) или численное значение.....	2
Каждая из формул (2), (3) или соответствующие рассуждения.....	3
Формула (4)	1
Результат (5).....	1

4. Лестница-пружина

Ступеньки соединены друг с другом двумя параллельными пружинами одинаковой жесткости, которые можно заменить одной пружиной жесткостью $k = 2k_0 = 2000 \text{ Н/м}$ (1).

Рассмотрим решение с конца. Удлинение нижней пружины можно найти из условия равновесия $(M + m)g = kx_1$, отсюда $x_1 = \frac{(M + m)g}{k}$, численно

$$x_1 = \frac{(40 \text{ кг} + 10 \text{ кг}) \cdot 10 \text{ Н/м}}{2000 \text{ Н/м}} = 0,25 \text{ м} \quad (2).$$

$$\text{Вторая пружина растянется на } x_2 = \frac{(40 \text{ кг} + 10 \text{ кг} + 10 \text{ кг}) \cdot 10 \text{ Н/м}}{2000 \text{ Н/м}} = 0,3 \text{ м} \quad (3).$$

Каждая последующая пружина будет удлиняться относительно предыдущей на $\Delta x = x_2 - x_1 = 0,05 \text{ м}$ (4).

$$\text{Высота до земли } h = 3 \cdot 3 \text{ м} = 9 \text{ м} \quad (5).$$

Складывая удлинения пружин, учитывая длину каждой из них в нерастянутом состоянии, получаем, что для спуска с крыши потребуется $N_1 = 14$ пар параллельных пружин. (6).

$$\text{Число ступенек будет на 1 больше, чем число пружин } N = N_1 + 1 = 15 \quad (7).$$

Критерии оценивания

Рассуждение (1).....	2
Формулы (2)-(4) или соответствующие рассуждения.....	4
Формула (5).....	1
Формулы (6)-(7) или соответствующие рассуждения.....	3

5. Шунтопровод

Открытые трубки представляют собой сообщающиеся сосуды, потому жидкость в них установится на одном уровне (1).

Для того чтобы поршень сдвинулся, со стороны жидкости к нему должна быть приложена сила F , тогда давление равно $p = F / S$ (2). Такое давление создаст столб жидкости высотой $h = p / \rho g$ (3). С учетом формул (2) и (3), получаем высоту вертикального столба жидкости $h = F / S\rho g = 0,417$ м (4).

Критерии оценивания

Рассуждение (1).....	2
Каждая из формул (2), (3), (4) или соответствующие рассуждения.....	2
Численный ответ	2

6. Экспериментальная задача «Бассейн реки»

Длины рек измеряются наложением миллиметровой бумаги на карту рек Кировской области (1). С учетом масштаба, полученные результаты заносятся в таблицу¹ (2).

Река	Длина, км	Площадь бассейна, км ²	$\alpha = S / l^2$
Федоровка	110	1090	0,094
Шабанка	55	410	0,135
Черняница	58	405	0,120
Кордяга	70	700	0,143
Лудяна	90	970	0,120
Ярань	130	1640	0,097
Лып	83	960	0,139
		α_{cp}	0,121

Различие в коэффициентах α в первую очередь связано с формой рек: коэффициент меньше среднего – река извилистая, больше среднего – прямая (3).

Критерии оценивания

Описание метода измерения (1)	2
Таблица с результатами (2).....	4
Вывод (3).....	2
Выполнение опыта не менее трех раз с расчетом среднего значения	2

¹ Данные длин рек и площадей их бассейнов могут отличаться от реальных из-за использования неточных карт

Решения и критерии оценивания задач 8 класса

1. Коврик для йоги

Площадь боковой поверхности той части коврика, что оказалась размотана, равна $S = \pi R^2 - \pi \left(\frac{R}{2}\right)^2 = \frac{3}{4} \pi R^2$ (1).

Площадь боковой поверхности размотанной части $S = ld$ (2).

С учетом (1) и (2) радиус коврика равен $R = \sqrt{\frac{4ld}{3\pi}}$ (3),

численно $R = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5 \text{ м} \cdot 0,01 \text{ м}}{3 \cdot 3,14}} = 0,08 \text{ м}$.

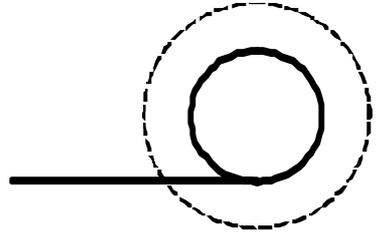
Рассуждая аналогично и учитывая, что осталось размотать коврик радиусом $r = \frac{R}{2}$, находим длину скрученной части коврика $l_1 = \frac{\pi R^2}{4d}$ (4), численно

$$l_1 = \frac{3,14 \cdot 0,08^2 \text{ м}^2}{4 \cdot 0,01 \text{ м}} = 0,5 \text{ м}.$$

Полная длина коврика $L = l + l_1 = 1,5 \text{ м} + 0,5 \text{ м} = 2 \text{ м}$ (5).

Критерии оценивания

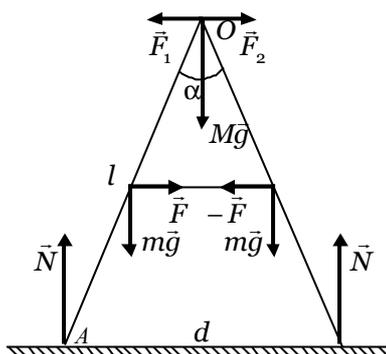
Каждая из формул (1), (2) или соответствующие рассуждения.....	2
Формула (3) или численное значение	3
Формула (4) или численное значение	2
Результат (5).....	1



2. Лестница-стремянка

Силы, действующие на лестницу-стремянку, показаны на рисунке.

Запишем уравнение моментов сил, действующих на правую часть лестницы, относительно т. О.:



$$mg \frac{d}{4} + F \sqrt{(l/2)^2 - (d/4)^2} = N \frac{d}{2} \quad (1).$$

Векторная сумма сил, действующих по вертикали, равна нулю, поэтому $N = mg + \frac{Mg}{2}$ (2), численно

$$N = 50 \text{ Н} + \frac{100 \text{ Н}}{2} = 100 \text{ Н}.$$

Выразив F из формулы (1), получаем: $F = \frac{N \frac{d}{2} - mg \frac{d}{4}}{\sqrt{(l/2)^2 - (d/4)^2}}$ (3), численно

$$F = \frac{100 \text{ Н} \cdot 0,5 \text{ м} - 5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 0,25 \text{ м}}{\sqrt{1^2 \text{ м}^2 - 0,25^2 \text{ м}^2}} = 38,7 \text{ Н}.$$

Сила F делится поровну между двумя веревками, следовательно, на каждую из них приходится сила $F_1 = \frac{F}{2} = 19,4 \text{ Н}$. Лестница не разъедется (4).

Критерии оценивания

Рисунок с указанием всех сил.....	3
Формула (1).....	2
Формула (2) или численное значение.....	2
Формула (3) или численное значение.....	2
Вывод (4).....	1

3. Шунтопровод

Открытые трубки представляют собой сообщающиеся сосуды, потому жидкость в них установится на одном уровне (1). При заполнении до одного уровня в наклонных трубках столб жидкости будет длиннее, чем в вертикальной, следовательно, масса жидкости в них будет больше (2).

Для того чтобы поршень сдвинулся, со стороны жидкости к нему должна быть приложена сила F , тогда давление равно $p = F / S$ (3). Такое давление создаст столб жидкости высотой $h = p / \rho g$ (4). С учетом формул (3) и (4), получаем высоту вертикального столба жидкости $h = F / Spg = 0,417 \text{ м}$ (5).

Критерии оценивания

Рассуждение (1).....	2
Рассуждение (2).....	3
Каждая из формул (3), (4), (5) или соответствующие рассуждения.....	1
Численный ответ.....	2

4. Турнирное сопротивление

Первая ситуация. Сила тока в последовательно соединенных элементах одинакова. Напряжение равно сумме напряжений на амперметре $U_1 = Ir$ и резисторе $U_2 = IR_0$, и равно $U = I(r + R_0)$ (1). Численно $U = 2 \text{ А} \cdot (3 \text{ Ом} + 2 \text{ Ом}) = 10 \text{ В}$.

Вторая ситуация. Сопротивление параллельно соединенного амперметра и проволочного «ШУНТа» $R_1 = \frac{rR}{r+R}$ (2), численно $R_1 = \frac{3 \text{ Ом} \cdot 6 \text{ Ом}}{3 \text{ Ом} + 6 \text{ Ом}} = 2 \text{ Ом}$. Сопротивления последовательно соединенных участков (амперметра с проволочным сопротивлением и резистора) одинаковые, следовательно, напряжение поделится пополам (3).

Амперметр покажет силу тока $I_1 = \frac{U}{2r}$ (4), численно $I_1 = \frac{10 \text{ В}}{2 \cdot 3 \text{ Ом}} = \frac{5}{3} \text{ А}$ (5).

Критерии оценивания

Формула (1) или численное значение.....	2
Формула (2) или численное значение.....	3
Рассуждение (3).....	2
Формула (4).....	2
Результат (5).....	1

5. Трубки с ртутью

Суммарное давление воздуха p_1 в правом колене и столбика ртути высотой 160 мм ($p_{pm} = 160$ мм.рт.ст.) равно атмосферному p_0 , следовательно, давление воздуха $p_1 = p_0 - p_{pm} = (760 - 160)$ мм.рт.ст. = 600 мм.рт.ст. (1)

После доливания ртути в левое колено объем воздуха в правом колене уменьшился в два раза $V_2 = 0,5 \cdot V_1$ (2), из закона Бойля – Мариотта $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ следует, что новое давление воздуха равно $p_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{V_2} = 1200$ мм.рт.ст. (3).

Высота ртутного столба над отметкой +100 в левом колене соответствует разности давлений $p_2 - p_0$ и равна 440 мм (4).

Суммарная высота столбиков ртути, расположенных, например, выше отметки -200, в первом случае равна 40 мм + 200 мм = 240 мм, во втором – 440 мм + 2·300 мм = 1040 мм.

Изменение высоты $h = 1040$ мм – 240 мм = 800 мм (5).

Из формулы $V = S \cdot h$ площадь поперечного сечения $S = \frac{V}{h} = \frac{1600 \text{ мм}^3}{800 \text{ мм}} = 2 \text{ мм}^2$ (6).

Критерии оценивания

Каждая из формул (1), (3), (4) или соответствующие рассуждения	2
Каждая из формул (2), (5)	1
Результат (6).....	2

6. Экспериментальная задача «Поролоновая губка»

Уравновесив поролоновую губку на краю стола так, чтобы длинная сторона располагалась перпендикулярно кромке стола, определяем положение ее центра масс. После чего на конец свисающей части губки капается вода объемом V (массой m) и губка сдвигается перпендикулярно кромке стола до повторного уравнивания. Из условия равновесия $mgl_1 = Mgl_2$ находим массу губки

$M = \frac{ml_1}{l_2}$ (1), где l_1 – длина свисающей части, l_2 – сдвиг губки (измеряются по шкале шприца).

Критерии оценивания

Описание метода измерения	4
Нахождение массы губки	4
Выполнение опыта не менее трех раз с расчетом среднего значения	2

Решения и критерии оценивания задач 9 класса

1. Параллелепипед в аквариуме

В интервале с $t_0 = 0$ с до $t_1 = 30$ с скорость заполнения аквариума равна $v = \frac{V_1}{t_1 - t_0} = \frac{S_1 h_1}{t_1 - t_0}$ (1), где S_1 – площадь дна сосуда, свободного от параллелепи-

педа. Из формулы (1) $S_1 = \frac{v(t_1 - t_0)}{h_1}$, численно $S_1 = \frac{10 \text{ см}^3/\text{с} \cdot 30 \text{ с}}{10 \text{ см}} = 30 \text{ см}^2$.

В интервале с $t_1 = 30$ с до $t_2 = 120$ с $v = \frac{V_2}{t_2 - t_1} = \frac{S_2 h_2}{t_2 - t_1}$ (2), где S_2 – площадь дна сосуда (после $t_1 = 30$ с тело поднимается вместе с уровнем жидкости). Из формулы (2) $S_2 = \frac{v(t_2 - t_1)}{h_2}$, численно $S_2 = \frac{10 \text{ см}^3/\text{с} \cdot 90 \text{ с}}{15 \text{ см}} = 60 \text{ см}^2$.

Площадь основания параллелепипеда равна $S = S_2 - S_1 = 30 \text{ см}^2$ (3).

Из условия плавания $F_{\text{арх}} = mg$, $mg = \rho_v \cdot g \cdot S \cdot h_1$ находим массу $m = \rho_v \cdot S \cdot h_1$ (4). Численно $m = 1 \text{ г/см}^3 \cdot 30 \text{ см}^2 \cdot 10 \text{ см} = 300 \text{ г}$.

Плотность параллелепипеда $\rho = \frac{m}{V} = \frac{300 \text{ г}}{30 \text{ см}^2 \cdot 20 \text{ см}} = 0,5 \text{ г/см}^3$ (5).

Критерии оценивания

Каждая из формул (1), (2) или численные значения.....	3
Формула (3) или численное значение	1
Формула (4) или численное значение	2
Результат (5).....	1

2. Упал и отскочил

Поскольку трение о пол вагона отсутствует, горизонтальная составляющая скорости шарика во время удара изменяться не будет. Значит, по горизонтали в ИСО «рельсы» шарик не движется, а в НИСО «вагон» движение шарика по горизонтали равноускоренное.

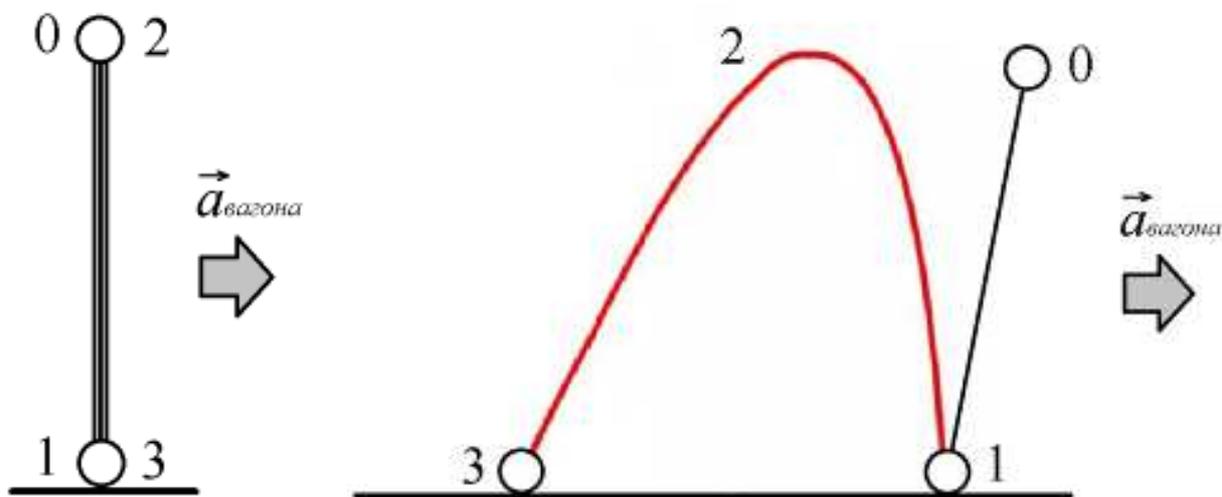
Так как при ударе вертикальная составляющая скорости меняется по направлению на противоположную, а модуль скорости не изменяется, время подъема до верхней точки и время движения до пола вагона не зависят от скорости и ускорения вагона по горизонтали и равны друг другу. Время падения мячика со стола на пол: $t_0 = \sqrt{2h/g}$. За это время мячик удалится от стола по горизонтали на расстояние $s_0 = at_0^2/2 = ah/g$.

Значит, пути, проходимые мячиком по горизонтали за последовательные равные промежутки времени (например, за время падения), относятся как ряд нечетных чисел

$$s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$$

Искомый путь, пройденный мячиком, в $3 + 5 = 8$ раз больше пути, пройденного за первый промежуток времени: $s = 8s_0 = 8ah/g = 1,6 \text{ м}$ (3).

Траектория шарика в СО «рельсы» будет выглядеть как вертикальный отрезок, а в СО «вагон» - сначала как отрезок, а после первого отскока – парабола, ось симметрии которой наклонена под углом α к вертикали, причем $\operatorname{tg}\alpha = a/g$.



Критерии оценивания

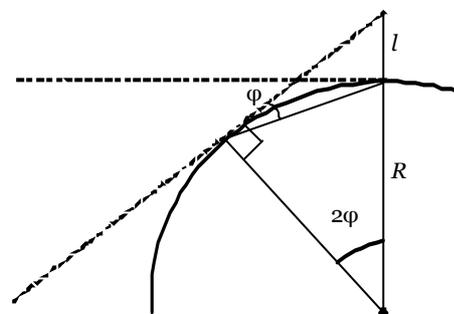
Рисунок (1).....	2
Рисунок (2).....	3
Результат (3).....	5

3. Закат на космическом теле

Запишем формулу, связывающую рост профессора l , радиус планеты R и ее угол поворота 2φ (см. рис.) : $\frac{R}{R+l} = \cos 2\varphi$,

$$R(1 - \cos 2\varphi) = l \cos 2\varphi,$$

$R(\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi - \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) = l \cos 2\varphi$. Учитывая малость угла φ ($\cos 2\varphi \cong 1$, $\sin^2 \varphi \cong \varphi^2$), получаем $l = 2\varphi^2 R$ (1).



Зная, что профессор наблюдает закат в течение $t = 100$ с, а продолжительность суток на этом космическом теле $T = 24$ ч, найдем угол $2\varphi = \frac{t}{T} \cdot 2\pi = \frac{100 \text{ с} \cdot 6,28}{24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ с}} = 0,0075 \text{ рад}$,

$$\varphi = 0,0037 \text{ рад} \quad (2).$$

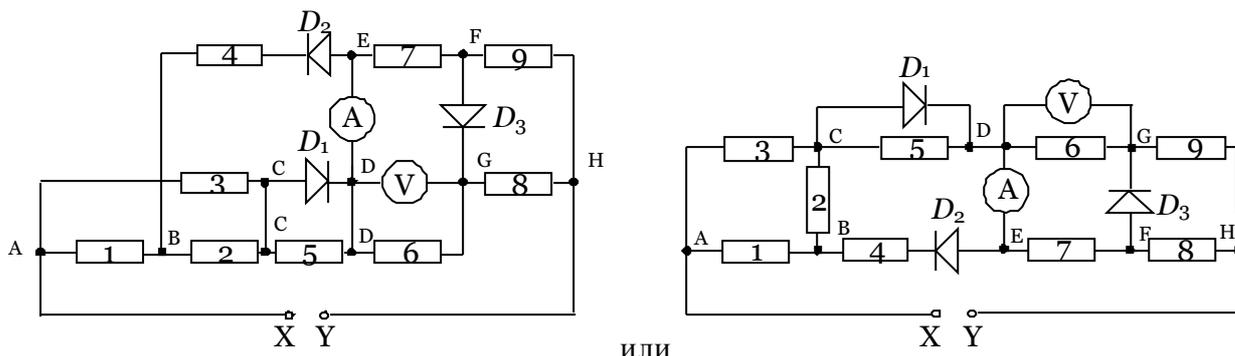
Подставляя результат (2) в формулу (1) получаем $R = \frac{l}{2 \cdot \varphi^2} = \frac{1,75 \text{ м}}{2 \cdot 0,0037^2} \approx 63915 \text{ м}$ (3).

Критерии оценивания

Формула (1).....	4
Формула (2) или численное значение.....	4
Результат (3).....	2

4. Первая схема

Упростим схему. Обозначим узлы буквами, при этом узлы, соединенные простыми проводами, обозначим одинаковыми буквами и объединим в один.



или

В задаче не указана полярность источника, следовательно, необходимо рассмотреть 2 случая.

1) Положительный полюс подключен к Y, отрицательный – к X.

При таком включении диод D_1 не пропускает ток (исключаем из схемы), D_2 и D_3 – пропускают (заменяем проводами). Цепочки сопротивлений 3, 5, 6, 9 и 1, 4, 7, 8 одинаковы и находятся в равных условиях, поэтому текущие по ним токи одинаковы, следовательно, показание амперметра $I_1 = 0$ А (1). Силу тока в каждой из цепочек находим по закону Ома

$$I_6 = \frac{U}{4 \cdot R} = \frac{20 \text{ В}}{2 \cdot 2 \text{ Ом}} = 2,5 \text{ А}.$$

Показание вольтметра $U_1 = U_V = I_6 R = 2,5 \text{ А} \cdot 2 \text{ Ом} = 5 \text{ В}$ (2).

2) Отрицательный полюс подключен к Y, положительный – к X.

При таком подключении диод D_1 пропускает ток (заменяем его и резистор 5 на провод), D_2 - не пропускает (исключаем участок цепи с резистором и этим диодом), D_3 – не пропускает ток (исключаем).

Общее сопротивление цепи

$$R_2 = \frac{2}{3} R + R = \frac{5}{3} R = \frac{10}{3} \text{ Ом}.$$

Сила тока через амперметр

$$I_2 = \frac{U}{2 \cdot R_2} = \frac{20 \text{ В} \cdot 3}{2 \cdot 10 \text{ Ом}} = 3 \text{ А} (3).$$

Показание вольтметра $U_2 = \frac{U \cdot R}{2 \cdot R_2} = \frac{20 \text{ В} \cdot 2 \text{ Ом} \cdot 3}{2 \cdot 10 \text{ Ом}} = 6 \text{ В} (4).$

Критерии оценивания

Построение эквивалентных схем для каждого случая.....	1
Нахождение силы тока (1).....	2
Нахождение напряжения (2).....	2
Нахождение силы тока (3).....	2
Нахождение напряжения (4).....	2

5. Ледяной шарик

Для плавления льда массой Δm необходимо количество теплоты $Q = \lambda \Delta m$ (1). Эта масса льда растает за время $\Delta \tau = \frac{\lambda \Delta m}{P} = \frac{\lambda \Delta m}{k \Delta t S}$ (2), где S – площадь поверхности шара. Здесь $\Delta m = \rho_{\text{л}} \Delta V = \rho_{\text{л}} \Delta r S$ (3), где Δr – изменение радиуса шарика. Выражение (2) с учетом формулы (3) $\Delta \tau = \frac{\lambda \Delta m}{P} = \frac{\lambda \rho_{\text{л}} \Delta r}{k \Delta t}$, отсюда

$$\frac{\Delta r}{\Delta \tau} = \frac{k \Delta t}{\lambda \rho_{\text{л}}} \quad (4). \text{ Лед растает за время } \tau = \frac{r}{\Delta r / \Delta \tau} = \frac{r \lambda \rho_{\text{л}}}{k \Delta t} = \frac{r \lambda \rho_{\text{л}}}{k(t_{\text{в}} - t_{\text{л}})} \quad (5).$$

Сила натяжения нити равна разности выталкивающей силы и силы тяжести $F_x = \rho_{\text{в}} g V - mg$ (6), где $V = \frac{m}{\rho_{\text{л}}}$.

Критерии оценивания

- Каждая из формул (1), (2), (3), (4), (5) или аналогичные рассуждения1
- Формула (6) или аналогичные рассуждения5

6. Экспериментальная задача «Магнитная сила»

Поверх стальной полоски, обернутой бумагой, кладется коробок с магнитом. С помощью динамометра определяется сила F , под действием которой магнит будет равномерно двигаться по листу бумаги. В этом случае $F = \mu(mg + F')$, где F' – сила притяжения магнита к стальной полоске (1).

Положив на деревянную линейку лист бумаги и используя ее в качестве наклонной плоскости, определяем коэффициент трения коробка с магнитом о бумагу: медленно поднимая линейку за один из концов, находим угол α , при котором магнит начнет соскальзывать, тогда коэффициент трения будет равен $\mu = tg \alpha$ (2).

Сила тяжести, действующая на коробок с магнитом, может быть найдена с использованием рычага, сделанного из линейки и динамометра (3).

Критерии оценивания

- Описание метода2
- Нахождение коэффициента трения магнита о бумагу.....2
- Нахождение силы тяжести, действующей на магнит.....2
- Нахождение силы притяжения магнита к стальной полоске2
- Выполнение опыта не менее трех раз с расчетом среднего значения2

Лучшие результаты личной олимпиады

7 класс

№	Фамилия	Имя	Класс	Город	Учебное заведение	1	2	3	4	5	6	Сумма	Награда
1	Лучинин	Алексей	7	Киров	КОГОАУ «КФМЛ»	10	0	10	10	10	2	42	1 ст.
2	Русинов	Юрий	7	Киров	КОГОАУ «КФМЛ»	4	6	-	10	8	6	34	2 ст.
3	Колпашиков	Александр	7	Киров	КОГОАУ «КФМЛ»	10	10	2	0	6	6	34	2 ст.
4	Леонов	Даниил	7	С.-Петербург	ГБОУ «ПФМЛ № 239»	0	4	8	8	6	8	34	2 ст.
5	Никонов	Михаил	7	Киров	МОАОУ «Лицей №21»	10	0	8	5	2	4	29	3 ст.
6	Смородинов	Егор	7	Киров	КОГОАУ «КЭПЛ»	0	10	0	8	6	4	28	3 ст.
7	Шушпанов	Стефан	7	Киров	КОГОАУ «КФМЛ»	0	10	0	2	8	8	28	3 ст.
8	Кутявин	Денис	7	Киров	КОГОАУ «ЛЕН»	9	0	0	2	10	6	27	3 ст.
9	Омелюхин	Михаил	7	Киров	КОГОАУ «КФМЛ»	-	10	-	0	10	6	26	3 ст.
10	Марданов	Сергей	7	Киров	КОГОАУ «КФМЛ»	2	10	0	0	8	6	26	3 ст.
11	Стародубцева	Эжена	7	Якутск	МОБУ «ГКГ»»	6	6	0	0	8	3	23	3 ст.
12	Жаворонков	Дмитрий	6	С.-Петербург	ГБОУ «ПФМЛ № 239»	5	8	0	2	0	6	21	ПГ
13	Носкова	Елизавета	7	Киров	КОГОАУ «ЛЕН»	0	6	0	0	10	2	18	ПГ
14	Перевозчиков	Дмитрий	7	Киров	МОАОУ «Лицей №21»	0	6	0	3	6	2	17	ПГ
15	Коковина	Дарья	7	Киров	КОГОАУ «ЛЕН»	-	6	-	0	10	0	16	ПГ
16	Маренин	Евгений	7	Киров	КОГОАУ «ЛЕН»	10	0	-	0	0	6	16	ПГ
17	Сысолятин	Даниил	7	Киров	МБОУ «СОШ № 61»	0	9	0	0	6	0	15	ПГ
18	Сырчина	Наталья	7	Киров	МБОУ «СОШ № 61»	0	0	0	0	8	6	14	ПГ

8 класс

№	Фамилия	Имя	Класс	Город	Учебное заведение	1	2	3	4	5	6	Сумма	Награда
1	Филиппов	Степан	8	С.-Петербург	ГБОУ «ПФМЛ № 239»	10	3	3	10	10	8	44	1 ст.
2	Айнбунд	Ася	8	С.-Петербург	ГБОУ «ПФМЛ № 239»	10	4	10	10	10	-	44	1 ст.
3	Павлов	Даниил	8	С.-Петербург	ГБОУ «ПФМЛ № 239»	10	10	1	7	10	1	39	2 ст.
4	Ашихмин	Анатолий	8	Киров	КОГОАУ «КФМЛ»	10	-	5	10	10	4	39	2 ст.
5	Коробов	Никита	8	Киров	КОГОАУ «КФМЛ»	10	2	10	10	0	5	37	2 ст.
6	Втюрин	Алексей	8	Киров	КОГОАУ «ВГГ с УИАЯ»	7	-	10	9	10	-	36	2 ст.
7	Санников	Илья	8	Киров	КОГОАУ «КФМЛ»	10	0	4	10	10	0	34	3 ст.
8	Рычков	Павел	8	Киров	КОГОАУ «ЛЕН»	10	-	7	10	0	0	27	3 ст.
9	Евтухов	Анатолий	8	Киров	КОГОАУ «КФМЛ»	0	-	7	5	10	0	22	ПГ
10	Леднева	Полина	8	Вологда	БОУВО «ВМЛ»	1	10	2	0	8	0	21	ПГ
11	Мальцев	Дмитрий	8	Вологда	БОУВО «ВМЛ»	7	0	7	-	0	5	19	ПГ

9 класс

№	Фамилия	Имя	Класс	Город	Учебное заведение	1	2	3	4	5	6	Сумма	Награда
1	Осипов	Михаил	9	Сыктывкар	ГАОУ ОШИ "КР ФМЛИ"	10	10	10	4	10	7	51	1 ст.
2	Малиновский	Владимир	7	С.-Петербург	ГБОУ «ПФМЛ № 239»	10	8	10	8	9	4	49	2 ст.
3	Петров	Артём	9	С.-Петербург	ГБОУ «ПФМЛ № 239»	10	7	10	8	5	8	48	2 ст.
4	Лисоветин	Никита	9	С.-Петербург	ГБОУ «ПФМЛ № 239»	10	8	10	4	10	6	48	2 ст.
5	Панюков	Иван	9	Сыктывкар	ГАОУ ОШИ "КР ФМЛИ"	10	1	10	10	9	8	48	2 ст.
6	Паршуков	Кирилл	9	Сыктывкар	ГАОУ ОШИ "КР ФМЛИ"	10	6	10	6	8	7	47	2 ст.
7	Томинин	Ярослав	9	Киров	КОГОАУ «КФМЛ»	10	6	10	1	7	9	43	3 ст.
8	Ильина	Елена	9	С.-Петербург	ГБОУ «ПФМЛ № 239»	10	7	10	2	6	7	42	3 ст.
9	Макаров	Александр	9	Сыктывкар	ГАОУ ОШИ "КР ФМЛИ"	10	8	10	1	7	6	42	3 ст.
10	Сахно	Денис	9	С.-Петербург	ГБОУ «ПФМЛ № 239»	10	6	10	0	6	10	42	3 ст.
11	Семенский	Иван	9	Вологда	БОУВО "ВМЛ"	10	8	8	-	5	10	41	3 ст.
12	Измествев	Иван	9	Киров	МБОУ «СОШ № 51»	10	7	8	3	5	7	40	3 ст.
13	Андреев	Яков	9	С.-Петербург	ГБОУ «ПФМЛ № 239»	10	0	8	5	8	8	39	ПГ
14	Никитин	Олег	9	Н. Новгород	МАОУ Лицей № 82	10	8	10	0	7	3	38	ПГ
15	Сивцев	Игорь	9	Якутск	ГБОУ ЛИ "РЛ"	10	7	10	0	5	6	38	ПГ
16	Афремов	Вениамин	9	С.-Петербург	ГБОУ «ПФМЛ № 239»	10	8	8	-	6	6	38	ПГ
17	Чернобровкин	Евгений	9	Киров	КОГОАУ «КФМЛ»	10	7	4	-	9	7	37	ПГ