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

**ФИЗИКА, 2019**

# ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ

# И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по проверке и оценке решений
муниципального этапа
всероссийской олимпиады школьников
**по физике**

в Кировской области
в 2019/2020 учебном году

**Киров**
**2019**

Печатается по решению региональной предметно-методической комиссии всероссийской олимпиады школьников по физике

Задания, решения и методические указания по проверке и оценке решений муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по физике в Кировской области в 2019/2020 учебном году. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2019. – 19 с.

Адрес для переписки: center@extedu.kirov.ru

**Авторы и источники задач**
*Кантор П. Я.*: 8.4, 9.1, 9.5
*Коханов К. А. (сост.)*: 10.1, 10.2, 10.5, 11.1, 11.2, 11.4, 11.5, 11.6
*Минина О. В.*: 7.4
*Уварова М. П.*: 7.1, 8.3, 11.3
*Сорокин А. П.*: 7.2, 7.3, 7.5, 8.1, 8.2, 8.5, 9.2, 9.3, 9.4, 9.6, 10.3, 10.4, 10.6
**Научное редактирование**
*Кантор П. Я.,* канд. физ.-мат. наук, доцент
*Перевощиков Д. В.*

Подписано в печать 21.10.2019
Формат $60 \times 84^1/_{16}$. Бумага типографская. Усл. печ. л. 1,2
Тираж 1300 экз.

## ОРГКОМИТЕТУ И ЖЮРИ

1. На муниципальном этапе установлена следующая продолжительность олимпиады: для учащихся **VII-VIII классов – 3 часа,** для учащихся **IX–XI классов – 3 часа 30 минут**, не считая времени, потраченного на заполнение титульных листов.

2. Работы муниципального этапа *шифруются*. **Поэтому перед началом олимпиады следует предупредить всех участников, что в работе нельзя делать никаких пометок, которые бы указывали на авторство работы. Необходимые персональные сведения участники вносят только на титульный лист, не скреплённый с работой. После сдачи** участником работы представитель оргкомитета на каждом листе работы (включая титульный) пишет номер шифра (например, указывающий № класса и № работы (7–01, 7–02,…, 11–01,11–02,…). Затем шифрованные работы (без титульных листов) передаются для проверки в жюри.

Дешифровка работ осуществляется после окончания проверки.

3. Если в работе приведено несколько решений, то жюри оценивает *худшее* из них. Проверяющие также 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 на 1/5 времени, отведённого на выполнение олимпиадной работы (учащиеся VII-VIII классов – на 30 мин, IX-XI классов – на 40 мин.)

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

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

7. Предложенная разбалловка решений задач применяется для решений, приведённых в рекомендациях. При отличных решениях для оценивания работ может членами жюри быть разработана своя разбалловка с аналогичным соотношением баллов за идеи, формулы и численные результаты. При этом следует учитывать, что максимальная оценка за решение каждой задачи не может превышать *10 баллов*: то есть максимальное количество баллов в VII-VIII классах равно 50, в IX-XI – 60.

8. В процессе показа работ учащиеся знакомятся со своими результатами, и, в случае несогласия с оценкой жюри, имеют право подать апелляцию, в ходе которой обосновать своё решение. По результатам апелляции *жюри может оценку изменить или оставить её без изменения*.

Желаем успеха!

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

### VII КЛАСС

Объём большой гайки необходимо заранее измерить, а во время олимпиады написать на доске.

### VIII КЛАСС

Массу большой гайки необходимо заранее измерить, а во время олимпиады написать на доске.

### IX КЛАСС

Плотность большой гайки необходимо заранее измерить, а во время олимпиады написать на доске.

### X КЛАСС

В качестве металлического стержня можно взять обрезок алюминиевого провода, гвоздь без шляпки. Стержень должен свободно помещаться внутрь пластиковой трубочки.

## УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VII КЛАССА

*Рис.* 7.1

7.1. *«Летняя дорога»*. После небольшого дождя на асфальтированной дороге можно заметить участки, высыхающие быстрее других (рис. 7.1). Обычно они возникают вдоль линий, по которым движутся колёса автомобилей, и напоминают колею. Укажите причины, с которыми может быть связано более быстрое высыхание этих участков дороги.

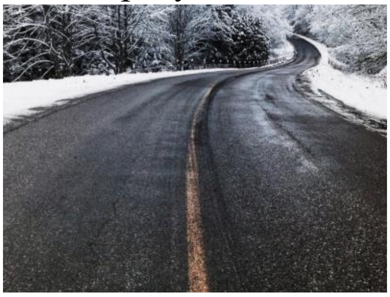

*Рис.* 7.2

7.2. *«Зимняя дорога»*. Снегоуборочная машина расчищает дорогу от снега между двумя населёнными пунктами, расположенными на расстоянии $L = 30$ км друг от друга. При расчистке машина движется с постоянной скоростью $\upsilon = 36$ км/ч и освобождает от снега только одну полосу.

Определите:

1) за какое время будет расчищена вся проезжая часть между двумя населенными пунктами, состоящая из двух полос (рис. 7.2);

2) за какое время была бы расчищена эта же проезжая часть, если через 1/3 пути машине пришлось бы вернуться обратно для дозаправки топливом, попутно расчищая вторую полосу. Скорость движения машины по расчищенному участку проезжей части составляет $\upsilon_1 = 54$ км/ч. На заправку автомобиля уходит 10 минут.

7.3. *«Смешивание жидкостей»*. В один из двух одинаковых сосудов налили $V_1 = 5$ л жидкости плотностью $\rho_1 = 800$ кг/м$^3$, а во второй – $m_2 = 3$ кг воды плотностью $\rho_2 = 1$ г/см$^3$. Какой объём жидкости плотностью $\rho_3 = 1200$ кг/м$^3$ и в какой сосуд надо долить, чтобы масса содержимого сосудов стала одинаковой?

7.4. *«Рука к руке…»* В 1958 году студенты Массачусетского технологического университета провели необычное измерение длины Гарвардского моста: рост студента по фамилии Смут был выбран в качестве единицы длины. В результате измерений длины Гарвардского моста получилось значение 364 смута.

Определите, какое максимальное количество семиклассников смогли бы встать вдоль Гарвардского моста на расстоянии вытянутых рук, рука к руке, если известно, что средний размах рук семиклассника составляет 152 см, а рост студента Смута равен 1,7 м.

7.5. *Экспериментальная задача «Объём маленькой гайки».* Определите объём гайки меньшего размера. Измерения сделайте не менее трёх раз и найдите среднее значение объёма малой гайки.

*Оборудование*: по две одинаковых гайки малого и большого размеров, линейка.

*Указание:* 1) объём большей по размерам гайки написан на доске;

2) маленькая гайка является точной уменьшенной копией большой, то есть все её линейные размеры отличаются от линейных размеров большой в одинаковое число раз.

3) плотности большой и малой гаек неизвестны.

## УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VIII КЛАССА

8.1. *«Стадион»*. На беговой дорожке стадиона длиной $L = 400$ м три четверти длины составляет участок хорошей дороги, а остальную часть – требующий ремонта (рис. 8.1). Два спортсмена встали в т. $A$ на стадионе и одновременно побежали в противоположные стороны. Найдите время, спустя которое они после старта в первый раз встретятся. Известно, что по участку хорошей дороги каждый из них бежит с постоянной скоростью $\upsilon_1 = 7$ м/с, а по требующему ремонта – $\upsilon_2 = 5$ м/с.

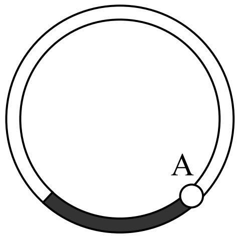


*Рис.* 8.1

8.2. *«Пружинки»*. Если одну пружинку растягивать с силой $F_1 = 5$ Н, то она удлинится на 5 см. На сколько удлинится цепочка из трёх пружинок, соединённых последовательно (рис. 8.2), если их растягивать за концы $A$ и $B$ с такой же силой? На сколько удлинится система из пружинок, соединённых так, как показано на рис. 8.3, если их растягивать за концы $C$ и $D$ с удвоенной силой?


*Рис.* 8.2

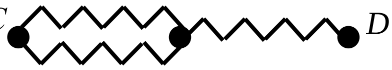


*Рис.* 8.3

Считать, что все пружинки невесомы и имеют равные коэффициенты жёсткости.

8.3. *«Провод»*. Для изготовления провода используется медная жила плотностью $\rho_м = 8{,}96$ г/см$^3$ и изолирующая оболочка плотностью $\rho_0 = 1{,}40$ г/см$^3$ (рис. 8.4). На рис. 8.5 представлено поперечное сечение такого провода на фоне миллиметровой бумаги (ширина одной клетки равна 1 мм). Определите среднюю плотность провода длиной $L = 100$ м.

Известно, что площадь круга радиусом $R$ можно посчитать по формуле: $S = 3{,}14 \cdot R^2$, а объём провода длиной $L$ так: $V = S \cdot L$.


*Рис.* 8.4

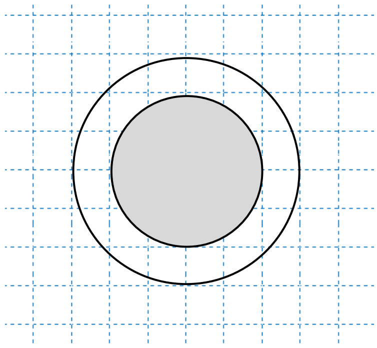

*Рис.* 8.5

8.4. «*Прогрессия*». Автомобильный расходомер показывает средний объём бензина, затраченного на 100 км пути, т. е. величину $r = 100V/s$, где $V$ – объём в литрах, $s$ – путь в километрах. Если автомобиль эксплуатируется только в зимний период, то расходометр показывает значение $r_з = 9{,}5$, если только в летний – то $r_л$. Начало эксплуатации автомобиля совпало с началом зимнего периода, который длится $N = 90$ дней. Через $N_1 = 10$ дней после возобновления эксплуатации в летний период расходомер показал $r_1 = 9{,}4$. Определите расход бензина в летний период $r_л$.

Считайте, что в зимний и летний периоды автомобиль ездит каждый день по одному и тому же маршруту, а в межсезонье не эксплуатируется.

8.5. *Экспериментальная задача «Масса маленькой гайки»*. Определите массу гайки меньшего размера. Проведите опыт не менее трёх раз и найдите среднее значение массы меньшей гайки.

*Оборудование*: две разные гайки, масса большей по размерам гайки написана на доске, линейка.

# УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ IX КЛАССА

9.1. «*Колонна*». Колонна из 4 автомобилей длиной 26 м выстроилась перед перекрёстком. На разрешающий сигнал светофора колонна тронулась, причём каждый следующий автомобиль стартовал через 0,3 с после находящегося впереди. Определите длину колонны через 10 с после начала движения, если все автомобили ехали с одинаковым ускорением 2 м/с$^2$.

9.2. *«Плавают и тонут»*. Цилиндрическая бочка частично заполнена жидкостью с плотностью $\rho_ж$ = 800 кг/м$^3$. Когда в неё погрузили 10 одинаковых шариков с плотностью $\rho_ш$, они утонули, а уровень жидкости в бочке поднялся на $h$. Когда в жидкость отпустили 12 одинаковых кубиков с плотностью $\rho_к$, они стали плавать на поверхности, а уровень в бочке поднялся ещё на $2h$. Определите плотность $\rho_ш$, если известно, что масса 4 шариков равна массе 8 кубиков, жидкость через края бочки не переливалась.

9.3. *«Две кастрюли»*. В две одинаковых кастрюли налили воду объёмами $V_1$ = 1 л и $V_2$ = 2 л соответственно при температуре $t$ = 0°C и поставили на электрические плитки одинаковой мощности. Какая часть воды останется во второй кастрюле после того, как в первой она полностью выкипит?

Удельная теплоёмкость воды $c_в$ = 4200 Дж/(кг·°C), удельная теплота парообразования воды $L = 2{,}3 \cdot 10^6$ Дж/кг, плотность воды $\rho_в$ = 1000 кг/м$^3$. Теплопотерями в окружающую среду и теплоёмкостью кастрюль пренебречь.

9.4. *«Катушка с проводом»*. Однородный провод постоянной площади сечения $S$ = 2,5 мм$^2$ и покрытый изоляцией разматывают с катушки (рис. 9.1) с постоянной линейной скоростью $v$. Спустя время $t_0$ = 150 с после начала разматывания провода начали периодически снимать зависимость сопротивления оставшегося на катушке провода $R$ от времени. График зависимости сопротивления оставшегося провода от времени $t$ изображён на рис. 9.2. Используя график, определите:

*Рис.* 9.1

1) начальное сопротивление провода;

2) время, через которое будет размотан весь провод;

3) время, через которое длина размотанной части провода будет равна $l$ = 500 м, если удельное сопротивление провода $\rho = 1{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ом · м.

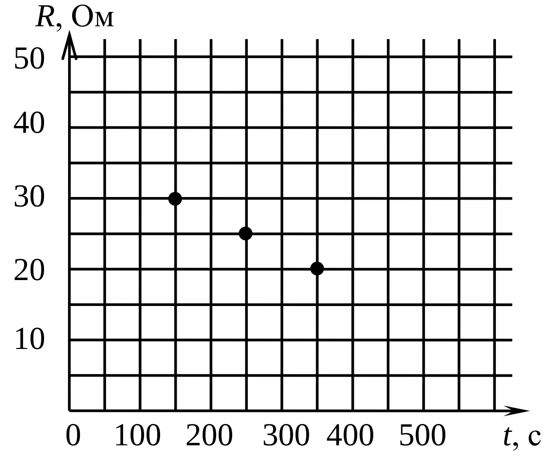


*Рис.* 9.2

9.5. *«Двухсезонье».* Многие современные автомобили снабжены электронным измерителем расхода топлива $r$, который вычисляется по формуле $r = V \cdot 100/s$, где $V$ – объём затраченного топлива в литрах, $s$ – пройденный путь в километрах. Известно, что расход топлива в зимний период $r_з$ ощутимо больше летнего расхода $r_л$.

Пусть автомобиль начал эксплуатироваться в зимний период; через $\tau$ = 90 дней после начала эксплуатации расходомер показал значение $r_з$ = 9,5. Весной автомобиль не ездил; через $\tau_1$ = 10 дней после возобновления эксплуатации в летний период показание уменьшилось до $r_1$ = 9,4, а спустя ещё $\tau_2$ дней – до $r_2$ = 9,3.

1) Определите летний расход топлива $r_л$.

2) Найдите, чему равно значение $\tau_2$.

Считайте, что в период эксплуатации автомобиль каждый день проходит один и тот же путь.

9.6. *Экспериментальная задача «Плотность маленькой гайки».* Определите плотность гайки меньшего размера.

*Оборудование*: по две одинаковых гайки малого и большого размеров, линейка.

*Указание:* 1) плотность гаек бóльшего размера написана на доске;

2) маленькая гайка является точной уменьшенной копией большой, то есть все её линейные размеры отличаются от соответствующих линейных размеров большой в одинаковое число раз.

# УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ X КЛАССА

10.1. *«Точное попадание»*. Железнодорожный вагон для перевозки грузов не имеет крыши и движется с некоторой постоянной скоростью. Спустя известное время $\tau$ после того, как вагон проехал над т. $A$, находящейся на шпалах, из неё был запущен вдогонку вагона мячик под углом $\alpha$ к горизонту (рис. 10.1). Какова скорость движения вагона $\upsilon$, если мячик попал внутрь него, пролетев при этом над ближней стенкой вагона, едва коснувшись её в верхней точке своей траектории движения?

*Рис.* 10.1

Высота верхнего борта вагона от поверхности земли равна $h$, ускорение свободного падения $g$. Начальная скорость мячика $u$ неизвестна.

10.2. *«Неправильная тележка»*. Поверхность тележки массой $3m$ наклонена под небольшим углом $\alpha$ к горизонту. По ней начинает подниматься человек массой $m$ со скоростью $\upsilon$ относительно тележки (рис. 10.2). Определите скорость тележки $u$.

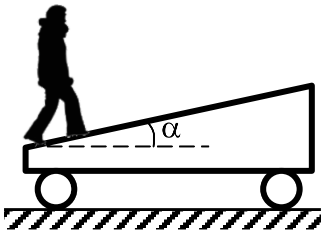

*Рис.* 10.2

10.3. *«Тянем-потянем…»*. К верхней пружине, показанной на рис. 10.3, прикладывают медленно увеличивающуюся силу, направленную вверх. Определите силу реакции опоры, действующую на брусок со стороны горизонтальной поверхности стола, в тот момент, когда к верхней пружине приложена сила $F_1 = 2$ Н. Известно, что брусок отрывается от стола в момент, когда сила упругости, возникающая в нижней пружине, равна $F_2 = 2{,}6$ Н. Коэффициенты жёсткости пружин неизвестны.

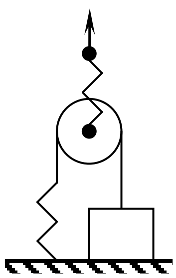
*Рис.* 10.3

10.4. *«Нагревание воды»*. В чайник налили воду объёмом $V = 1$ л и температурой $t_0 = 15$°С и начали нагревать. Зависимость температуры воды в чайнике от времени изображена на рис. 10.4. Затем в некоторый момент времени из чайника вылили часть воды, а в другой – долили свежую воду.

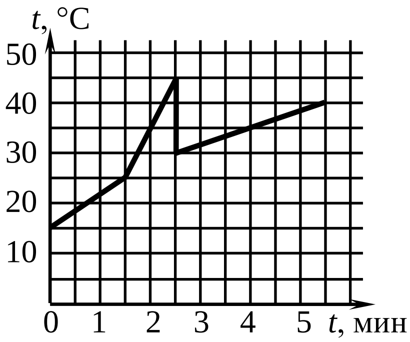

*Рис.* 10.4

Определите:

1) в какой момент времени и сколько воды вылили из чайника;

2) в какой момент времени и сколько воды долили в чайник;

3) температуру воды, добавленной в чайник.

Мощность нагревания чайника с водой остаётся постоянной. Теплопотерями в окружающую среду и теплоёмкостью чайника пренебречь.

10.5. *«Элементарная схема»*. На схеме рис. 10.5 определите полное сопротивление всей электрической цепи, а также показания амперметра и вольтметра после замыкания ключа $K$. Приборы считать идеальными, $U_0 = 4$ В, $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 3$ Ом, $R_4 = 4$ Ом.

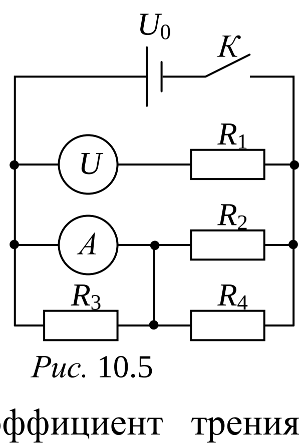

*Рис.* 10.5

10.6. *Экспериментальная задача «Трение».* Определите коэффициент трения между поверхностями металлического стержня и пластиковой трубочки.

*Оборудование*: пластиковая трубочка, металлический стержень, линейка.

## УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ XI КЛАССА

11.1. *«Двое на платформе»*. По платформе массой $4m$ и длиной $L$ = 18,7 м одновременно начинают двигаться навстречу друг к другу два человека с одинаковыми массами $m$ (рис. 11.1). Скорость первого человека относительно платформы равна $\upsilon$ = 0,5 м/с, а второго относительно поверхности земли $3\upsilon$ = 1,5 м/с. Определите скорость платформы $u$, а также перемещение платформы в моменты времени, когда люди встретятся друг с другом и когда кто-нибудь из них (первым) дойдёт до противоположного края.

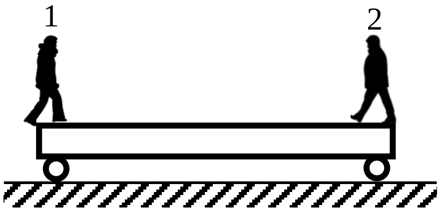

*Рис.* 11.1

Считать, что при движении люди не мешают друг другу.

11.2. *«Неправильный блок»*. Два тела с массами $m_1 > m_2$ соединены нитью, перекинутой через эллиптический невесомый блок. Расстояния от оси блока до точек свисания нитей равны $r_1$ и $r_2$ соответственно (рис. 11.2). Система удерживается в состоянии покоя. Определите ускорения грузов сразу после их отпускания, если нить не проскальзывает по блоку.

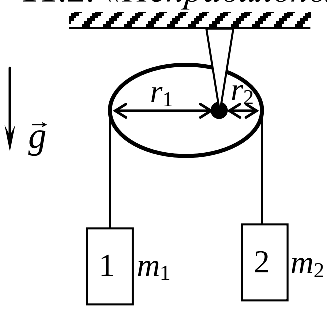

*Рис.* 11.2

11.3. *«Канистра на солнце»*. Рассчитайте давление газа в закрытой десятилитровой канистре при температуре $t_1$ = 80 °C, если после того, как из неё выпустили $n$ = 0,2 массы газа и понизили температуру на $\Delta t$ = 7 °C, давление в ней оказалось равным $p_2$ = 0,10 МПа.

Газ в канистре считать идеальным.

11.4. *«На зарядке»*. До замыкания ключа заряд на всех конденсаторах, показанных на рис. 11.3, равен нулю.

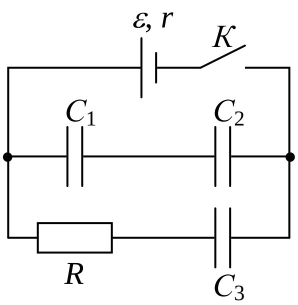

*Рис.* 11.3

Определите:

1) ток через источник тока сразу после замыкания ключа;

2) конечный заряд на каждом конденсаторе;

3) суммарную энергию, полученную конденсаторами при зарядке.

Считать, что $C_1 = C_2 = C_3 = C$ = 2 мкФ, $\varepsilon$ = 10 В, $r$ = 5 Ом, $R$ = 10 Ом.

11.5. «*Сближение*». Два незакреплённых точечных положительных заряда $q_1$ и $q_2$ с массами $m_1$ и $m_2$ соответственно находятся на расстоянии $l$ друг от друга. Первому заряду сообщили скорость $\upsilon$ в направлении второго заряда. Определите, на какое минимальное расстояние $s$ сблизятся заряды, если при движении их скорости направлены по одной прямой.

11.6. *Экспериментальная задача «Влажность воздуха»*. Определите плотность водяных паров, содержащихся в воздухе.

*Оборудование:* термометр, стаканчик с водой при комнатной температуре, кусок ваты.

*Указание:* плотность ртути принять равной 13600 кг/м$^3$.

*Психрометрическая таблица*

| **Показания сухого термометра, °C** | **Разность показаний сухого и влажного термометров, °C** | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| | **Относительная влажность, %** | | | | | | | | | | |
| 0 | 100 | 81 | 63 | 45 | 28 | 11 | - | - | - | - | - |
| 2 | 100 | 84 | 68 | 51 | 35 | 20 | - | - | - | - | - |
| 4 | 100 | 85 | 70 | 56 | 42 | 28 | 14 | - | - | - | - |
| 6 | 100 | 86 | 73 | 60 | 47 | 35 | 23 | 10 | - | - | - |
| 8 | 100 | 87 | 75 | 63 | 51 | 40 | 28 | 18 | 7 | - | - |
| 10 | 100 | 88 | 76 | 65 | 54 | 44 | 34 | 24 | 14 | 5 | - |
| 12 | 100 | 89 | 78 | 68 | 57 | 48 | 38 | 29 | 20 | 11 | - |
| 14 | 100 | 89 | 79 | 70 | 60 | 51 | 42 | 34 | 25 | 17 | 9 |
| 16 | 100 | 90 | 81 | 71 | 62 | 54 | 45 | 37 | 30 | 22 | 15 |
| 18 | 100 | 91 | 82 | 73 | 65 | 56 | 49 | 41 | 34 | 27 | 20 |
| 20 | 100 | 91 | 83 | 74 | 66 | 59 | 51 | 44 | 37 | 30 | 24 |
| 22 | 100 | 92 | 83 | 76 | 68 | 61 | 54 | 47 | 40 | 34 | 28 |
| 24 | 100 | 92 | 84 | 77 | 69 | 62 | 56 | 49 | 43 | 37 | 31 |
| 26 | 100 | 92 | 85 | 78 | 71 | 64 | 58 | 51 | 46 | 40 | 34 |
| 28 | 100 | 93 | 85 | 78 | 72 | 65 | 59 | 53 | 48 | 42 | 37 |
| 30 | 100 | 93 | 86 | 79 | 73 | 67 | 61 | 55 | 50 | 44 | 39 |

*Давление насыщенного водяного пара*
*при разных температурах*

| ***t*, °C** | ***p*, мм рт. ст.** |
|---|---|
| 0 | 4,58 |
| 1 | 4,93 |
| 2 | 5,29 |
| 3 | 5,60 |
| 4 | 6,10 |
| 5 | 6,54 |
| 6 | 7,01 |
| 7 | 7,51 |
| 8 | 8,05 |
| 9 | 8,61 |
| 10 | 9,21 |
| 11 | 9,84 |
| 12 | 10,52 |
| 13 | 11,23 |
| 14 | 11,99 |
| 15 | 12,79 |
| 16 | 13,63 |
| 17 | 14,53 |
| 18 | 15,48 |
| 19 | 16,48 |
| 20 | 17,54 |
| 21 | 18,65 |
| 22 | 19,83 |
| 23 | 21,07 |
| 24 | 22,38 |
| 25 | 23,76 |
| 26 | 25,21 |
| 27 | 26,74 |
| 28 | 28,35 |
| 29 | 30,04 |
| 30 | 31,82 |
| 31 | 33,70 |
| 32 | 35,66 |
| 33 | 37,73 |
| 34 | 39,90 |
| 35 | 42,18 |
| 36 | 44,56 |

# РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VII КЛАССА

7.1. *«Летняя дорога»*. При качении колёс по асфальту они нагреваются, поэтому вода на определённых участках соприкосновения колёс и дороги высыхает быстрее (1). Кроме того, на шинах автомобиля имеется протектор (выступы и углубления на поверхности), благодаря которому часть воды выдавливается (разбрызгивается) из-под колёс (2). Часть воды также увлекается движущимся колесом и при его движении разлетается в разные стороны (3). Может играть роль и поток воздуха, обдувающий колесо и способствующий его высыханию, а значит и высыханию соответствующих участков дороги (4).

*Критерии оценивания*

Каждая правильная причина оценивается в 5 баллов. Но общая оценка не должна превышать 10 баллов.

7.2. *«Зимняя дорога»*. 1) В первом случае вся проезжая часть будет расчищена за время $t_1 = 2L/\upsilon$ (1), численно $t_1$ = 5/3 ч = 100 мин = 6000 с.

2) Во втором случае вся проезжая часть будет расчищена за время

$$t_2 = 2\frac{L}{3\upsilon} + \frac{1}{6}\text{ч} + \frac{L}{3\upsilon_1} + 2\frac{2L}{3\upsilon} \text{ (2), численно}$$

$$t_2 = 2\frac{30}{3\cdot 36} + \frac{1}{6} + \frac{30}{3\cdot 54} + \frac{4\cdot 30}{3\cdot 36} = \frac{109}{54}(\text{ч}) \cong 121(\text{мин}) = 7267(\text{с}).$$

*Критерии оценивания*

Формула (1) или соответствующие рассуждения ........ 2
Ответ на первый вопрос задачи ........ 2
Формула (2) или соответствующие рассуждения ........ 4
Ответ на второй вопрос задачи ........ 2

7.3. *«Смешивание жидкостей»*. Масса жидкости в первом сосуде $m_1 = \rho_1 V_1 = 4$ кг (1). Так как $m_1 > m_2$, жидкость плотностью $\rho_3$ следует долить во второй сосуд (2). Из формулы $m_1 - m_2 = \rho_3 V_3$ (3) объём долитой жидкости $V_3 = \dfrac{m_1 - m_2}{\rho_3} \approx 0{,}83$ (л) (4).

*Критерии оценивания*

Результат (1) ........ 3
Вывод (2) ........ 2
Формула (3) или соответствующие рассуждения ........ 2
Результат (4) ........ 3

7.4. *«Рука к руке…»*. Длина моста в метрах составляет $L = 364 \cdot 1{,}7 = 618{,}8$ м (1). Тогда необходимое количество семиклассников $n = 618{,}8 / 1{,}52 = 407{,}1$ (2).

Учитывая то, что количество семиклассников $n$ может быть только целым, получаем, что всего потребуется 408 учеников (3).

*Критерии оценивания*

Результат (1) ........ 3
Результат (2) ........ 3
Рассуждения и вывод (3) ........ 4

7.5. *Экспериментальная задача «Объём маленькой гайки»*. По условию, маленькая гайка является точной уменьшенной копией большой гайки. Следовательно, если один из линейных размеров маленькой гайки в $k$ раз меньше, то её объем будет меньше в $k^3$ раз (1).

Для сравнения размеров гаек воспользуемся методом рядов. Совместим «начало» маленькой гайки с нулевым делением на шкале линейки. Будем перекладывать две маленькие гайки вдоль шкалы линейки, прислоняя плотно друг к другу, до тех пор, пока «окончание» одной из гаек не совпадёт с целым делением на шкале линейки. Вычислим толщину маленькой гайки $h$. Аналогично найдём толщину большой гайки $H$. Толщина маленькой гайки меньше, чем большой в $k = H / h$ раз, а объём в $k^3 = H^3 / h^3$ раз. Следовательно, если объём большой гайки $V_2$, то объём маленькой гайки $V_1 = V_2/k^3$.

Возможен вариант сравнения размеров гаек без использования линейки. В этом случае следует измерить, какое количество малых гаек $N_1$ укладывается на той же длине, что и количество больших гаек $N_2$.

*Критерии оценивания*

Рассуждение (1) ........ 2
Описание метода рядов ........ 2
Нахождение толщины маленькой гайки $h$ ........ 2
Нахождение толщины большой гайки $H$ ........ 2
Нахождение искомого объёма ........ 1
Проведение трёх и более опытов и нахождение среднего значения искомой величины ........ 1
Если сравнение размеров гаек выполнено без использования метода рядов, то метод нахождения размеров гаек оценивается в 0 баллов, нахождение толщины каждой гайки оценивается не более, чем по 1 баллу, нахождение средних значений не учитывается, то есть общая оценка не превышает четырёх баллов.

## РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VIII КЛАССА

8.1. *«Стадион»*. По требующему ремонта участку стадиона спортсмен пробежит за время $t_2 = L/4\upsilon_2 = 20$ с (1). За это время другой спортсмен по хорошему участку стадиона пробежит расстояние $L_1 = \upsilon_1 t_2 = 140$ м (2). На оставшемся хорошем участке стадиона они будут сближаться со скоростью $2\upsilon_1$ (3) и пробегут его за время $t_1 = (L - L_1 - L/4)/(2\upsilon_1) = 11{,}4$ с. После старта спортсмены встретятся спустя время $t = t_1 + t_2 = 31{,}4$ с (5).

*Критерии оценивания*

Результат (1) ........ 2
Результат (2) ........ 2
Формула (3) ........ 2
Результат (4) ........ 2
Ответ (5) ........ 2

8.2. *«Пружинки»*. Удлинение каждой пружинки может быть найдено по формуле $\Delta l = F_1 / k$ (1), где $F_1$ – сила, действующая на каждую пружинку (2), $k$ – коэффициент жёсткости каждой пружинки. Следовательно, три пружинки, соединённые друг за другом, растянутся на $\Delta L_1 = 3\Delta l = 15$ см (3).

Во втором случае правая пружинка под действием удвоенной силы $F_2 = 2F_1$ (4) растянется на $\Delta l_1 = 10$ см (5). На каждую из двух параллельно соединённых пружинок будет действовать сила $F_2/2 = F_1$, следовательно, удлинение этого участка составит $\Delta l_2 = 5$ см (6). Суммарное удлинение во втором случае будет равно $\Delta L_2 = \Delta l_1 + \Delta l_2 = 15$ см (7).

*Критерии оценивания*

Формула (1) ........ 1
Рассуждение (2) ........ 2

Ответ (3)......................................................................................................................1
Формула (4) или соответствующие рассуждения.........................................................2
Результат (5)..............................................................................................................2
Результат (6)..............................................................................................................1
Ответ (7)......................................................................................................................1

8.3. *«Провод».* Средняя плотность провода рассчитывается по формуле $\rho_{ср} = (m_м + m_о) / (V_м + V_о)$ (1). Здесь $V_м = 3{,}14 \cdot R_м^2 \cdot L = 1256$ см$^3$ – объём меди в проводе (2), $V_п = 2826$ см$^3$ – объём всего провода (3), $V_о = V_п – V_м = 1570$ см$^3$ – объём оболочки провода (4); масса меди $m_м = \rho_м \cdot V_м \cong 11254$ г (5), масса оболочки $m_о = \rho_о \cdot V_о = 2198$ г (6). Тогда средняя плотность провода равна $\rho_{ср} = 4{,}76$ г/см$^3$ (7).

*Критерии оценивания*

Использование формулы (1) ............................................................................................2
Результат (2)..............................................................................................................1
Результат (3)..............................................................................................................1
Результат (4)..............................................................................................................2
Результат (5)..............................................................................................................1
Результат (6) .............................................................................................................1
Ответ (7) ....................................................................................................................2

8.4. «*Прогрессия*». Объём бензина, потраченного в зимний период и 10 дней летнего периода, составляет $r_зNS + r_лN_1S = r_1S(N + N_1)$ (1), где $S$ – ежедневный путь автомобиля, измеренный в сотнях км. Отсюда $r_л = (r_1(N + N_1) – r_зN)/N_1$, $r_л = (9{,}4 \cdot 100 – 9{,}5 \cdot 90)/10 = 8{,}5$ (2).

*Критерии оценивания*

Равенство (1) ……………………………………………………………………..…..…………5
Результат (2) ……………………………………………………………………...…..…………5

8.5. *Экспериментальная задача «Масса маленькой гайки».* Сделаем из линейки рычаг, уравновесив её на краю стола. Важно, чтобы при проведении опытов середина линейки (точнее, её центр масс) приходился именно на край стола (1). Поместим на её противоположные концы маленькую и большую гайки и, перемещая тела, добьёмся того, чтобы система пришла в равновесие. Запишем условие равновесия рычага: $m_м g l_м = m_б g l_б$ (2), откуда найдём массу меньшей гайки: $m_м = \dfrac{m_б l_б}{l_м}$ (3).

При проведении разных опытов необходимо изменять соотношение длин $l_б$ и $l_м$ (4).

*Критерии оценивания*

Описание (использование) условия (1) ......................................................................1
Использование правила рычага (2) ............................................................................1
Нахождение массы из формулы (3) ...........................................................................1
Выполнение условия (4)..............................................................................................2
Верный результат в однократном измерении ............................................................2
Верный результат в остальных измерениях...............................................................1
Верное определение среднего значения......................................................................2

# РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ IX КЛАССА

9.1. «*Колонна*». Введём обозначения: $t = 10$ с – время движения первого автомобиля, $\tau = 0{,}9$ с – промежуток времени между моментами старта 1-го и 4-го автомобилей, $a = 2$ м/с$^2$ – ускорение, $l_0 = 26$ м – начальная длина колонны. К моменту времени $t$ 1-й автомобиль преодолел путь $s_1 = at^2/2$ (1), а 4-й – $s_4 = a(t-\tau)^2/2$ (2). Длина колонны через 10 с после начала движения $l = l_0 + s_1 - s_4 = l_0 + at^2/2 - a(t-\tau)^2/2$ (3).

Численно: $l = 26 + 2 \cdot 10^2/2 - 2 \cdot 9{,}1^2/2 = 43{,}2$ (м) (4).

*Критерии оценивания*

Выражение (1) .......... 2
Выражение (2) .......... 3
Вывод или рассуждение (3) .......... 3
Результат (4) .......... 2

9.2. *«Плавают и тонут»*. Обозначим массу шарика и массу кубика $m_ш$ и $m_к$ соответственно. По условию $4m_ш = 8m_к$, тогда $m_ш = 2m_к$ (1). Посчитаем вытесненный в первом и втором случае объём жидкости. Шарики тонут, следовательно, объём вытесненной в первом случае жидкости может быть рассчитан по формуле $V_1 = Sh = 10m_ш/\rho_ш = 20m_к/\rho_ш$ (2), где $S$ – площадь поперечного сечения бочки. Кубики плавают, следовательно, объём вытесненной во втором случае жидкости может быть рассчитан с учётом закона Архимеда $F_A = \rho_{ж} g V_2$ (3) по формуле $V_2 = 2Sh = 12m_k/\rho_{ж}$ (4). Решая совместно уравнения (2) и (4), получаем, что плотность шарика $\rho_ш = 10\rho_{ж}/3 = 2667$ кг/м$^3$ (5).

*Критерии оценивания*

Вывод (1) .......... 1
Формула (2) .......... 2
Закон (3) .......... 2
Результат (4) .......... 2
Ответ (5) .......... 3

9.3. *«Две кастрюли»*. Для того, чтобы выкипела вся вода в кастрюле объёмом $V_1 = 1$ л, необходимо подвести количество теплоты $Q_1 = c\rho_в V_1(t_к - t) + L\rho_в V_1 = 2{,}72 \cdot 10^6$ Дж (1), где $t_к$ – температура кипения воды. Так как мощности электрических плиток одинаковые, то к моменту времени, когда в первой кастрюле вся вода выкипит, вода во второй кастрюле получит такое же количество теплоты (2). Посчитаем, какой объём воды выкипит во второй кастрюле. Для этого из формулы $Q_2 = Q_1 = c\rho_в V_2(t_к - t) + L\rho_в V_2'$ выразим объём выкипевшей воды $V_2' = (Q_1 - c\rho_в V_2(t_к - t))/L\rho_в$ (3) $\cong 0{,}82$ л (3). Объём оставшейся воды равен $V_2 - V_2' \approx 1{,}18$ л (4), что составляет $k = 1{,}18/2 = 0{,}59$ исходного объёма (5).

*Критерии оценивания*

Результат (1) или соответствующие рассуждения .......... 2
Рассуждение (2) .......... 2
Результат (3) .......... 2
Результат (4) .......... 2
Ответ (5) .......... 2

9.4. *«Катушка с проводом»*. Сопротивление однородного провода постоянной площади сечения линейно зависит от его длины. Так как провод разматывают с постоянной скоростью, зависимость сопротивления от времени будет линейной (1). Из графика получаем уравнение зависимости сопротивления оставшегося на катушке провода от времени: $R(t) = -0{,}05t + 37{,}5$ (2). С учётом (2)

1) начальное сопротивление провода $R_0$ = 37,5 Ом (3);

2) весь провод будет размотан спустя время $t_0$ = 750 с (4).

3) Поскольку сопротивление проводника с удельным сопротивлением ρ длиной $l$ и площадью поперечного сечения $S$ можно найти по формуле $R = \rho l / S$ (5), то сопротивление размотанной части провода длиной $l$ = 500 м равно $R_1 = 1{,}7 \cdot 10^{-8} \cdot 500/(2{,}5 \cdot 10^{-6}) = 3{,}4$ Ом (6). Сопротивление оставшегося провода $R_2 = R_0 - R_1 = 34{,}1$ Ом (7). Из формулы (2) длина размотанной части провода будет равна $l$ = 500 м спустя время $t_1$ = 68 с (8).

*Критерии оценивания*

| | |
|---|---|
| Рассуждение (1) | 1 |
| Уравнение (2) или соответствующие рассуждения | 1 |
| Результат (3) | 1 |
| Результат (4) | 2 |
| Формула (5) | 1 |
| Результат (6) | 2 |
| Результат (7) | 1 |
| Ответ (8) | 1 |

9.5. *«Двухсезонье».* 1) Объём топлива, затраченного за зимний период и 10 дней летнего периода, составляет $r_з\tau S + r_л\tau_1 S = r_1 S(\tau + \tau_1)$ (1), где $S$ – ежедневный путь автомобиля, измеренный в сотнях км. Отсюда $r_л = (r_1(\tau + \tau_1) - r_з\tau)/\tau_1$ (2). Численно $r_л = (9{,}4 \cdot 100 - 9{,}5 \cdot 90)/10 = 8{,}5$ (3). 2) Аналогично, за зимний период и $\tau_1 + \tau_2$ дней летнего периода затрачивается $r_з\tau S + r_л\tau_1 S + r_л\tau_2 S = r_2 S(\tau + \tau_1 + \tau_2)$ (4) топлива. Отсюда $\tau_2 = (r_з\tau + r_л\tau_1 - r_2(\tau + \tau_1))/(r_2 - r_л)$ (5).

Численно $\tau_2 = (9{,}5 \cdot 90 + 8{,}5 \cdot 10 - 9{,}3 \cdot 100)/(9{,}3 - 8{,}5) = 12{,}5$ дней (6).

*Критерии оценивания*

| | |
|---|---|
| Равенство (1) | 2 |
| Выражение (2) | 2 |
| Результат (3) | 1 |
| Равенство (4) | 2 |
| Выражение (5) | 2 |
| Результат (6) | 1 |

9.6. *Экспериментальная задача «Плотность маленькой гайки».* Используем в решении индекс 1 для обозначения величин, связанных с маленькой гайкой, индекс 2 – связанных с большой гайкой.

Уравновесив линейку на краю стола, поместим на её противоположные концы маленькую и большую гайки и, перемещая их, добьёмся того, чтобы система пришла в равновесие. Запишем правило моментов: $m_1 g l_1 = m_2 g l_2$ (1), а с учётом, что $m = \rho V$ (2), получим $\rho_1 V_1 g l_1 = \rho_2 V_2 g l_2$ (3).

Найдем соотношение объёмов гаек. Так как маленькая гайка является точной уменьшенной копией большой, то если один из линейных размеров маленькой гайки в $k$ раз меньше, чем у большой, то её объём будет меньше в $k^3$ раз (4).

Для сравнения толщины маленькой гайки воспользуемся методом рядов. Совместим «начало» маленькой гайки с нулевым делением на шкале линейки. Будем перекладывать две маленькие гайки вдоль шкалы линейки, прислоняя плотно друг к другу, до тех пор, пока «окончание» одной из гаек не совпадёт с целым делением на шкале линейки. Вычислим толщину маленькой гайки $h$. Аналогично найдём толщину большой гайки $H$. Толщина маленькой гайки меньше, чем большой в $k = H / h$ раз, а объём – в $k^3 = H^3 / h^3$ раз. Следовательно, объёмы гаек связаны соотношением $V_2 = k^3V_1$ (5). Из формул (3) и (5) плотность маленькой гайки равна $\rho_1 = \dfrac{\rho_2 l_2 k^3}{l_1}$ (6).

*Критерии оценивания*

Описание правила моментов (с уравновешенной посредине линейкой) ........ 1
Использование формулы (1) ........ 1
Формула (2) ........ 1
Рассуждение (4) ........ 1
Использование метода рядов ........ 1
Использование формулы (5) ........ 1
Использование формулы (6) ........ 1
Ответ ........ 2
Проведение трёх и более опытов и нахождение среднего значения искомой величины ........ 1

## РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ X КЛАССА

10.1. *«Точное попадание»*. Поскольку при попадании в вагон мячик находится в верхней точки траектории, то $h = gt^2/2$, откуда время полёта мячика равно $t = \sqrt{2h/g}$ (1), а вертикальная составляющая начальной скорости мячика $u_y = gt = \sqrt{2gh}$ (2). Тогда горизонтальная составляющая скорости движения мячика составляет $u_x = u_y \text{ctg}\alpha$ (3). Поскольку время движения вагона составляет $t + \tau$, то при попадании мячика в вагон $u_x t = \upsilon(t + \tau)$ (4), а значит скорость движения вагона $\upsilon = \dfrac{u_x t}{t+\tau} = \dfrac{\sqrt{2gh}}{tg\alpha} \cdot \sqrt{\dfrac{2h}{g}} \cdot \dfrac{\sqrt{g}}{\sqrt{2h} + \sqrt{g}\tau} = \dfrac{2h\sqrt{g}}{tg\alpha\left(\sqrt{2h} + \sqrt{g}\tau\right)}$ (5).

*Критерии оценивания*

Результат (1) ........ 2
Результат (2) ........ 2
Результат (3) ........ 2
Формула (4) ........ 2
Результат (5) ........ 2

10.2. *«Неправильная тележка»*. Скорость человека относительно поверхности земли $\upsilon_0$ можно определить из векторного треугольника скоростей, показанного на рис. 10.6: $\vec{\upsilon}_0 = \vec{\upsilon} + \vec{u}$ или в проекции на горизонтальную ось: $\upsilon_{0x} = \upsilon\cos\alpha - u$ (1) (здесь учтено, что скорость человека относительно тележки направлена вдоль наклонной плоскости).

Из закона сохранения импульса $m\upsilon_{0x} = 3mu$ (2), откуда с учётом (1) $u = \dfrac{\upsilon\cos\alpha}{4}$ (3). Заметим, что на рис. 10.6 пропорции скоростей указаны неверно.

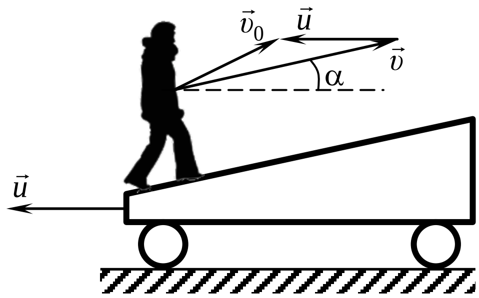

*Рис.* 10.6

*Критерии оценивания*

Объяснение, что необходимо найти скорость человека относительно поверхности земли ........ 1
Формула (1) ........ 3
Формула (2) ........ 3
Если в формуле (2) записана скорость человека относительно тележки, баллы не ставятся.
Формула (3) ........ 3

10.3. *«Тянем-потянем…»*. Сила упругости, возникающая в нижней пружине, равна силе натяжения нити $T = F_2 = 2{,}6$ Н (1), а так как при такой силе брусок отрывается от стола, то и сила тяжести, действующая на брусок, $mg = F_2 = 2{,}6$ Н (2).

Сила $F_1 = 2$ Н, приложенная к верхней пружине, равняется удвоенной силе натяжения нити $2T_1 = F_1 = 2$ Н, $T_1 = 1$ Н (3). Условие равновесия груза в данный момент $mg = T_1 + N$ (4), откуда сила реакции опоры $N = mg - T_1 = 1{,}6$ Н (5).

*Критерии оценивания*

Рассуждение (1) ........ 2
Результат (2) ........ 2
Результат (3) ........ 2
Результат (4) ........ 2
Ответ (5) ........ 2

10.4. *«Нагревание воды»*. 1) Так как угол наклона графика увеличился в момент времени $t_1 = 1{,}5$ мин, то воду из чайника вылили именно в этот момент (1). Найдём объём вылитой воды: если на первом участке графика вода нагрелась на 10°C за 1,5 мин, а на втором участке графика на 10°C за 0,5 мин, то есть в 3 раза быстрее, то нагревался в 3 раза меньший объём воды. Следовательно, объём вылитой воды составил $V_1 = 2/3$ л (2).

2) Так как температура и угол наклона графика уменьшились в момент времени $t_2 = 2{,}5$ мин, то в этот момент в чайник долили воду (3). Сравнивая первый и третий участки графика, получаем, что в чайник долили $V_2 = 2$ л $- (V - V_1) = 5/3$ л (4).

3) Температуру добавленной воды найдём из уравнения теплового баланса: $c\rho_в(V - V_1)(45°\text{C} - 30°\text{C}) = c\rho_в V_2(30°\text{C} - t_x)$ (5), откуда температура долитой воды $t_x = 27$°C (6).

*Критерии оценивания*

Вывод (1) ........ 1
Результат (2) ........ 2
Вывод (3) ........ 1
Результат (4) ........ 2
Формула (5) ........ 1
Результат (6) ........ 3

10.5. *«Элементарная схема»*. Так как приборы идеальные, то после замыкания ключа ток не пойдёт по участку с вольтметром, имеющим бесконечно большое сопротивление, и резистором $R_1$ (1), а также по резистору $R_3$, подключённому параллельно амперметру, имеющему нулевое сопротивление (2). Эквивалентная схема такой цепи показана на рис. 10.7, её полное сопротивление $R_0 = \dfrac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} = \dfrac{2 \cdot 4}{6} = 1{,}33\,(\text{Ом})$ (3).

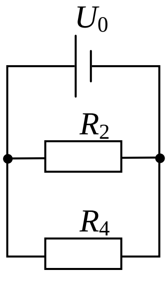

*Рис.* 10.7

В такой схеме амперметр показывает полную силу тока, то есть $I_A = \dfrac{U_0}{R_0} = \dfrac{U_0(R_2 + R_4)}{R_2 R_4} = \dfrac{4 \cdot (2 + 4)}{2 \cdot 4} = 3$ (А) (4). Вольтметр показывает общее напряжение цепи, то есть $U_0 = 4$ В (5).

*Критерии оценивания*

Вывод (1) ........ 1
Вывод (2) ........ 1
Результат (3) ........ 4
Результат (4) ........ 2
Вывод (5) ........ 2

10.6. *Экспериментальная задача «Трение».* Определим коэффициент трения, исследуя соскальзывание металлического стержня внутри пластиковой трубочки. Приподнимая трубочку за один конец, найдём положение, при котором стержень едва-едва начнёт скользить (рис. 10.8). В этом случае из второго закона Ньютона следует, что $mg\sin\alpha = \mu N$ (1), $N = mg\cos\alpha$ (2), где $\alpha$ – угол наклона внешней трубочки к поверхности стола. Из формул (1) и (2) коэффициент трения равен $\mu = \mathrm{tg}\alpha$. Величину $\mathrm{tg}\alpha$ можно найти с помощью линейки как отношение длин катетов треугольника $\mu = \mathrm{tg}\alpha = h / l$ (3).

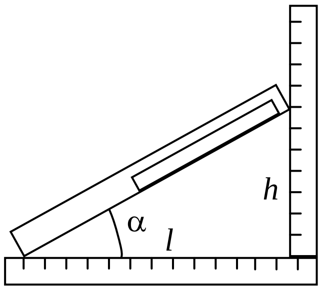

*Рис.* 10.8

*Критерии оценивания*

Описание метода ........ 2
Формула (1) ........ 2
Формула (2) ........ 2
Формула (3) ........ 2
Нахождение коэффициента трения ........ 1
Проведение трёх и более опытов и нахождение среднего значения искомой величины ........ 1

# РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ XI КЛАССА

11.1. *«Двое на платформе».* Предположим, платформа начнёт двигаться вправо со скоростью $u$ (в направлении, противоположном движению второго человека). Тогда скорость первого человека относительно поверхности земли направлена вправо и численно равна $\upsilon + u$ (1). По закону сохранения импульса $m(\upsilon + u) - m \cdot 3\upsilon + 4m \cdot u = 0$ (2), откуда $u = 2\upsilon/5$ (3), численно $u = 0{,}2$ м/с (4). Поскольку полученное значение больше нуля, значит наше предположение о направлении движения платформы правильное.

Время, через которое люди встретятся, равно $t_1 = \dfrac{L}{\upsilon + (3\upsilon + u)} = \dfrac{5L}{22\upsilon}$ (5), где $(3\upsilon + u)$ – скорость движения второго человека относительно платформы. Следовательно, платформа за это время преодолеет путь $S_1 = ut_1 = \dfrac{2\upsilon}{5} \cdot \dfrac{5L}{22\upsilon} = \dfrac{L}{11}$ (6), численно $S_1 = 1{,}7$ м (7).

Первым до противоположного края платформы дойдёт второй человек. Это произойдёт через время $t_2 = \dfrac{L}{3\upsilon + u} = \dfrac{5L}{17\upsilon}$ (8), за это время платформа переместится на расстояние $S_2 = ut_2 = \dfrac{2\upsilon}{5} \cdot \dfrac{5L}{17\upsilon} = \dfrac{2L}{17} = 2{,}2$ м (9).

*Критерии оценивания*

Вывод (1) ........ 1
Закон (2) ........ 1
Результат (3) и/или (4) ........ 2
Формула (5) ........ 1
Результат (6) и/или (7) ........ 2
Формула (8) ........ 1
Результат (9) ........ 2

11.2. *«Неправильный блок»*. При отсутствии проскальзывания между нитью и блоком для сил натяжения слева $T_1$ и справа $T_2$ от блока можно записать равенство: $T_1 r_1 = T_2 r_2$ (1). Кроме того, поскольку угловое ускорение всех точек блока одинаково, то $\frac{a_1}{r_1} = \frac{a_2}{r_2}$ (2). По второму закону Ньютона $m_1 a_1 = m_1 g - T_1$ (3), $m_2 a_2 = T_2 - m_2 g$ (4).

Из (4) с учётом (1) и (2) получаем $m_2 a_1 \frac{r_2}{r_1} = T_1 \frac{r_1}{r_2} - m_2 g$, а с учётом (3)

$$a_1 = g\frac{\left(m_1 - m_2\frac{r_2}{r_1}\right)}{m_1 + m_2\frac{r_2^2}{r_1^2}} = g\frac{m_1 r_1^2 - m_2 r_1 r_2}{m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2} \ (5),\quad a_2 = g\frac{\left(m_1 - m_2\frac{r_2}{r_1}\right)}{m_1\frac{r_1}{r_2} + m_2\frac{r_2}{r_1}} = g\frac{m_1 r_1 r_2 - m_2 r_2^2}{m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2} \ (6).$$

*Критерии оценивания*

Формула (1) .................... 2
Формула (2) .................... 2
Формула (3) .................... 1
Формула (4) .................... 1
Результат (5) .................... 2
Результат (6) .................... 2

11.3. *«Канистра на солнце»*. Запишем уравнение Менделеева – Клапейрона для двух состояний газа $p_1 V = \frac{m}{M} R T_1$ (1), $p_2 V = \frac{(1-n)m}{M} R T_2$ (2). Решая систему уравнений, получаем $p_1 = \frac{p_2 T_1}{(1-n)T_2} = \frac{p_2 T_1}{(1-n)(T_1 - \Delta t)}$ = 0,13 МПа (3).

*Критерии оценивания*

Формула (1) .................... 3
Формула (2) .................... 3
Результат (3) .................... 4

11.4. *«На зарядке»*. 1) Сразу после замыкания ключа ток пойдёт только по малому контуру, включающему источник тока и конденсаторы $C_1$ и $C_2$ (1). Поэтому из закона Ома $I_0 = \varepsilon / r = 10/5 = 2(\text{А})$ (2).

2) Когда конденсаторы будут полностью заряжены, ток через них не пойдёт (3). Конденсаторы $C_1$ и $C_2$ соединены последовательно, поэтому их общая ёмкость равна $C_{12} = C/2$, суммарное напряжение на них при отсутствии тока равно $\varepsilon$, следовательно заряд на каждом конденсаторе равен $q_1 = q_2 = q_{12} = C_{12} \cdot \varepsilon = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 10^{-5}$ (Кл) (4).

Из-за отсутствия тока напряжение на резисторе $R$ равно нулю ($U = IR$), а напряжение на конденсаторе $C_3$ равно $\varepsilon$ (5). Тогда заряд на этом конденсаторе $q_3 = C_3 \cdot \varepsilon = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 2 \cdot 10^{-5}$ (Кл) (6).

3) Учитывая, что энергия одного конденсатора $W_0 = q^2/(2C) = CU^2/2$ (7), то суммарная энергия заряженных конденсаторов равна $W = 2\frac{q_1^2}{2C} + \frac{q_3^2}{2C} = \frac{2q_1^2 + q_3^2}{2C} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 10^{-10} + 4 \cdot 10^{-10}}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 0{,}15$ (мДж) (8).

*Критерии оценивания*

Рассуждение/учёт (1) .................... 1
Результат (2) .................... 2

Рассуждение/учёт (3) ........................................................................................................ 1
Результат (4) ....................................................................................................................... 2
Результат (5) и/или (6)....................................................................................................... 1
Формула (7) ........................................................................................................................ 1
Результат (8) ....................................................................................................................... 2

11.5. *«Сближение»*. По закону сохранения энергии начальная энергия зарядов равна конечной: $\frac{m_1 v^2}{2} + k\frac{q_1 q_2}{l} = \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2} + k\frac{q_1 q_2}{s}$ (1), где $\frac{m_1 v^2}{2}$ (2) и $\frac{(m_1 + m_2)u^2}{2}$ (3) – начальная и конечная кинетические энергии зарядов, $k\frac{q_1 q_2}{l}$ (4) и $k\frac{q_1 q_2}{s}$ (5) – потенциальные энергии взаимодействия зарядов. По закону сохранения импульса $m_1 v = (m_1 + m_2)u$ (6), где $m_1 v$ (7) – начальный импульс первого заряда, $(m_1 + m_2)u$ (8) – суммарный импульс зарядов при их максимальном сближении. Выражая из (6) конечную скорость зарядов и подставляя её в формулу (1), получим: $s = \dfrac{kq_1 q_2}{\dfrac{m_1 m_2 v^2}{2(m_1 + m_2)} + \dfrac{kq_1 q_2}{l}} = \dfrac{2kq_1 q_2 l(m_1 + m_2)}{m_1 m_2 l v^2 + 2kq_1 q_2 (m_1 + m_2)}$ (9).

*Критерии оценивания*

Каждая из формул (1) – (8) ............................................................................................. 1
Результат (9) ....................................................................................................................... 2

11.6. *Экспериментальная задача «Влажность воздуха»*. Плотность водяных паров равна $\rho = \rho_0 \varphi$ (1), где $\rho_0$ – максимальная плотность водяных паров при данной температуре, $\varphi$ – относительная влажность воздуха.

Для нахождения $\varphi$ необходимо измерить температуру воздуха $t$ сухим термометром и температуру $t_1$ термометром, колбочка с жидкостью которого обмотана смоченным водой куском ваты, а затем воспользоваться психрометрической таблицей (2).

Максимальную плотность водяных паров можно определить из уравнения Менделеева–Клапейрона: $\rho_0 = \frac{p_0 \mu}{RT}$ (3), где $p_0$ – давление насыщенного водяного при комнатной температуре $t$ выбираем из таблицы, $\mu$ – молярная масса водяного пара. При расчёте учитываем, что 1 мм рт. ст. = 0,001 · 13600 · 9,8 = 133,3 Па (4).

*Критерии оценивания*

Описание (использование) метода ................................................................................. 2
Формула (1) ........................................................................................................................ 2
Рассуждение (2) .................................................................................................................. 1
Формула (3) ........................................................................................................................ 2
Связь (4) ............................................................................................................................. 1
Результат ............................................................................................................................ 2