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

ФИЗИКА, 2022

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ

И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

в Кировской области
в 2022/2023 учебном году

Киров
2022

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 2022/2023 учебном году. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2022. – 16 с.

ОРГКОМИТЕТУ И ЖЮРИ

1. На муниципальном этапе установлена следующая продолжительность олимпиады: для учащихся **VII-VIII классов – 2 часа,** для учащихся **IX–XI классов – 3 часа**, не считая времени, потраченного на заполнение титульных листов. Начало олимпиады во всех муниципалитетах – в 10:00.

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.**

3. Если в работе приведено несколько решений, то жюри оценивает *худшее* из них. Проверяющие также не должны учитывать полученные в черновике результаты.

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

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

6. Предложенная разбалловка решений задач применяется для решений, приведённых в рекомендациях. При отличных решениях для оценивания работ членами жюри может 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 во всех классах равно *50*.

7. 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 *апелляционная комиссия может изменить оценку или оставить её без изменения*.

Желаем успеха!

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VII КЛАССА

7.1. «*Умный в гору пойдёт*». Двигаясь по симметричному перевалу (рис. 7.1), турист заметил, что подъём в гору занял у него на $\Delta t = 10$ минут больше, чем спуск. Определите расстояние, которое прошёл турист по перевалу, и время, которое он затратил на его преодоление, если известно, что его скорость при подъёме была постоянной и равной $\upsilon_1 = 2$ м/с, а при спуске – $\upsilon_2 = 3$ м/с.

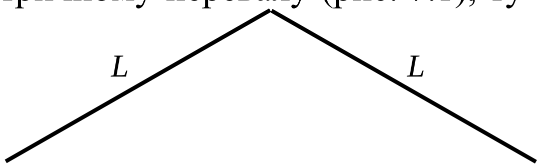


Рис. 7.1

7.2. «*Круглое – катать!*» У мальчика есть две бочки с радиусами $R_1 = 30$ см и $R_2 = 50$ см. Чтобы прокатить бочку меньшего радиуса на один полный оборот, он затрачивает время $t_1 = 2$ с, большего – $t_2 = 4$ с. Определите, какую бочку мальчик быстрее всего прокатит на расстояние $s = 40$ м и за какое время. Длина окружности вычисляется по формуле $L = 6{,}28R$, где R – её радиус.

7.3. «*Доброе утро!*». В некоторых частях Южной Африки до 1970-х годов в обиходе оставалась старинная мера площади морген. Эта мера определялась площадью поля, которую один человек может вспахать в течение рабочего дня. В Южной Африке 1 морген соответствовал 0,856 гектара.

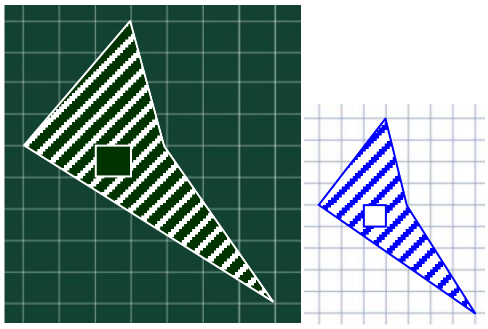
Известно, что один трудолюбивый фермер вспахал 1/5 часть своего участка за 5 рабочих дней. Определите площадь земельного участка фермера в м^2.

Указание: 1 гектар равен площади квадрата со стороной 100 м.

7.4. «*Первый раз в первый класс*». Учитель нарисовал на чёрной доске мелом фигуру, изображённую на рис. 7.2 а. Девочка Катя нарисовала в своей тетради точную копию этой фигуры (рис. 7.2 б). Известно, что длина одной клеточки в тетради равняется $l_1 = 0{,}5$ см, а на доске – $l_2 = 5$ см. Определите, во сколько раз различаются

1) площади незаштрихованных квадратиков внутри нарисованных фигур;

2) площади заштрихованных фигур.


а) *б)*
Рис. 7.2

7.5. «*Размер не имеет значения*». Стакан объёмом 1 л полностью заполнили водой и начали аккуратно опускать в него стальные шарики. Оказалось, что если поместить в стакан максимально возможное количество шариков, то из него выльется $V_1 = 0{,}7$ л воды. Определите, сколько ещё миллилитров воды выльется из стакана, в стакан добавить максимально возможное количество шариков, радиус которых в 100 раз меньше исходных.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VIII КЛАССА

8.1. «*Шкала Во!*» Изучая температурные шкалы на уроке физики, Володя решил создать свою собственную шкалу (рис. 8.1). Определите, чему равна температура тела человека (36,6°С) и температура кипения воды (100°С) в градусах Во. Результаты приведите с точностью до сотых.

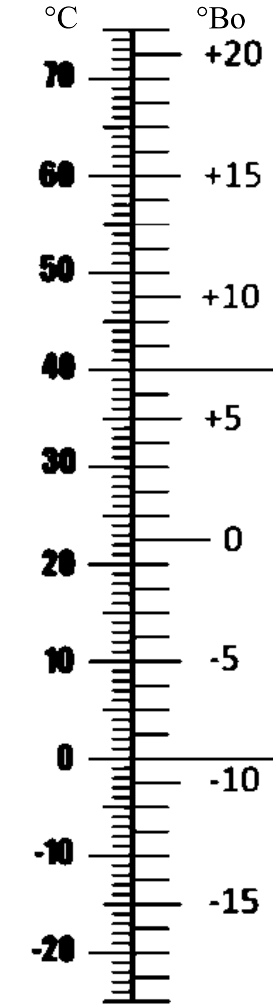


Рис. 8.1

8.2. «*Новый норматив*». На уроке физкультуры учитель придумал новый норматив – площадь квадрата, по периметру которого успевает пробежать ученик за t = 1 мин. Коля при сдаче норматива побежал с постоянной скоростью. Через 20 с он увеличил скорость в 2 раза и пробежал с этой скоростью оставшееся время. Определите, во сколько площадь квадрата, который оббежал Коля, больше той, которую он оббежал бы с начальной скоростью.

8.3. «*Большая стройка*». Два мальчика построили из глины сплошную фигуру, состоящую из двух частей – прямоугольного параллелепипеда и пирамиды массами m_1 = 60 кг и m_2 = 27 кг соответственно (рис. 8.2). При этом первый мальчик сделал 1/4 по высоте от прямоугольного параллелепипеда и 1/3 по высоте от пирамиды (считая снизу), а второй мальчик – всё остальное. Определите, сколько килограммов глины использовал для строительства каждый из мальчиков.

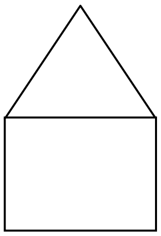


Рис. 8.2

Указание. Если две фигуры подобны, то все их размеры отличаются в одно и то же число раз n, а объёмы в n^3 раз.

8.4. «*Плавающий бутерброд*». В сосуд с водой (ρ = 1000 кг/м^3) поместили деревянный брусок в форме прямоугольного параллелепипеда объёмом V = 20 см^3; в результате погружённым в воду оказался объём V_1 = 16 см^3.

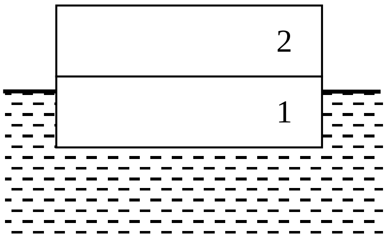


Рис. 8.3

1) Определите плотность материала, из которого изготовлен брусок.

2) На плавающий брусок положили второй точно такой же по размерам брусок, но вдвое меньшей плотности (рис. 8.3). Определите, какой суммарный объём брусков будет находиться над водой.

8.5. *«Коромысло»*. На краю стола лежит невесомый стержень длиной L = 80 см так, что со стола выступает его часть длиной l = 20 см. На самый край этой части стержня подвесили четырёхлитровое ведро массой m = 0,5 кг, а на другой конец стержня, лежащий на столе, поставили груз массой M = 2 кг. Какую массу воды можно налить в ведро, чтобы стержень не упал со стола?

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ IX КЛАССА

9.1. *«Торможение»*. Грузовой автомобиль, движущийся со скоростью $\upsilon_0 = 20$ м/с, начал торможение с постоянным ускорением $a = 4$ м/с^2. Определите, на каком расстоянии от места начала торможения окажется автомобиль спустя время $t = 6$ с с момента начала торможения.

9.2. *«Блок-рычаг»*. На блоке с радиусом $R = 10$ см удерживаются на нити два груза массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг. Чтобы предотвратить движение грузов, к блоку подвесили дополнительный груз массой m_3, как показано на рис. 9.1. Точка подвеса груза m_3 находится на расстоянии $R/2$ от центра блока по горизонтали.

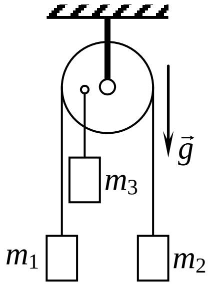


Рис. 9.1

1) Определите массу груза m_3.

2) Определите силу, с которой блок действует на подвес (потолок). Считать, что блок невесомый, нить относительно блока не проскальзывает, $g = 10$ м/с^2.

9.3. «*Тепловые банки*». В одной из двух одинаковых банок объёмом 1 л находится $m = 1$ кг горячей воды ($c_в = 4200$ Дж/(кг·°С)) при температуре $t_1 = 70$°С, а во второй – такая же масса воды с температурой $t_2 = 30$°С. Всю воду разливают в две такие же пустые банки, в результате чего в первой устанавливается температура $t_3 = 55$°С. Пренебрегая теплоёмкостью сосудов, а также тепловыми потерями, определите температуру воды во второй изначально пустой банке.

9.4. *«Плавление»*. Две одинаковые проволоки круглого сечения с диаметром $d_1 = 1$ мм^2 каждая соединили последовательно. В этом случае общее сопротивление проволок оказалось равным $R_1 = 1$ Ом. После того как проволоки переплавили и сделали из них две одинаковых с диаметрами $d_2 = 2$ мм^2 каждая, их вновь соединили, но уже параллельно. Определите эквивалентное сопротивление цепи R_2 во втором случае.

9.5. *«В зазеркалье»*. Точечный источник света S находится на некотором расстоянии от вертикального плоского зеркала *З* (рис. 9.2).

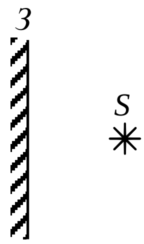


Рис. 9.2

1) Перечертите рис. 9.2 в бланк ответов и постройте изображение источника света S в зеркале, а затем область, из которой можно увидеть это изображение. В каком направлении нужно сдвинуть зеркало, чтобы размер области, из которой видно изображение источника света S в зеркале, увеличился больше всего?

2) На каком расстоянии от источника света будет находиться изображение спустя 2 с, если источник начнёт удаляться от зеркала с горизонтальной скоростью 2 м/с, а начальное расстояние между зеркалом и источником света равно 2 м?

3) С какой скоростью будет двигаться изображение источника света в зеркале по отношению к самому источнику, если зеркало будет удаляться от источника с постоянной скоростью 2 м/с вверх под углом 60° к горизонту, при этом плоскость зеркала будет оставаться вертикальной, а источник света неподвижным?

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ X КЛАССА

10.1. «*Волейбол – тоже спорт*». Волейбольная площадка имеет длину 18 м.

1) Учитывая, что мяч подают с края игрового поля, определите, с какой минимальной скоростью нужно бросить мяч при подаче, чтобы он перелетел через сетку. Точка броска мяча и верхний край сетки находятся на одной высоте h = 2,43 м.

2) Принимающая команда даже при такой скорости мяча прозевала подачу. На каком расстоянии от средней линии, находящейся в точности под сеткой, мяч упал на пол? Сопротивлением воздуха и размерами мяча пренебречь.

10.2. «*Тепловые банки*». В одной из двух одинаковых банок объёмом 1 л находится m = 1 кг горячей воды ($c_в$ = 4200 Дж/(кг ·°C)) при температуре t_1 = 70°C, а во второй – такая же масса воды с температурой t_2 = 30°C. Всю воду разливают в две такие же пустые банки, в результате чего в первой устанавливается температура t_3 = 60°C.

1) Какая температура установилась бы во второй изначально пустой банке, если бы тепловых потерь не было?

2) Вследствие тепловых потерь в одной из вновь заполненных банок устанавливается температура t_4 = 55, а во второй t_5 = 41°C. Определите, какое количество теплоты Q выделилось в окружающую среду при переливании.

Теплоёмкостью банок во всех случаях можно пренебречь.

10.3. *«Погружение»*. Когда кубик массой m плавал на поверхности жидкости с неизвестной плотностью, давление жидкости (без учёта атмосферного давления) на нижнюю грань кубика, расположенную горизонтально, было равно p_1.

1) Какова длина стороны кубика b?

2) Когда кубик полностью погрузили во вторую жидкость с плотностью ρ_2, он начал тонуть. Определите результирующую силу F_2, действующую на нижнюю грань кубика при его установившемся (равномерном) погружении в жидкость, в момент, когда нижняя грань горизонтальна и находится на глубине $h > b$ от поверхности жидкости, и сила сопротивления жидкости действует только на нижнюю грань кубика. Атмосферное давление не учитывайте.

10.4. «*Планетарная относительность*». В некоторых технических устройствах для изменения скорости вращения деталей используется планетарный механизм, подобный показанному на рис. 10.1. Установлен такой механизм и в некоторых миксерах. Здесь центральная шестерёнка соединяется с валом электродвигателя, три контактирующие с ней шестерёнки – с размешивающим венчиком, большая – с корпусом миксера.

Рис. 10.1

Если при неподвижном корпусе повернуть вал на 13 оборотов, то венчик повернётся в ту же сторону на 1 оборот. Далее зафиксируем венчик и будем вращать вал по часовой стрелке.

1) В какую сторону будет при этом поворачиваться корпус?

2) Сколько оборотов совершит корпус, если вал повернётся на 24 оборота?

10.5. *«2022»*. Схема состоит из одинаковых резисторов сопротивления r каждый (рис. 10.2). К выводам *АГ* подключают источник постоянного напряжения, а к выводам *БВ* идеальный амперметр, который показывает ток I_0. Каково напряжение источника тока?

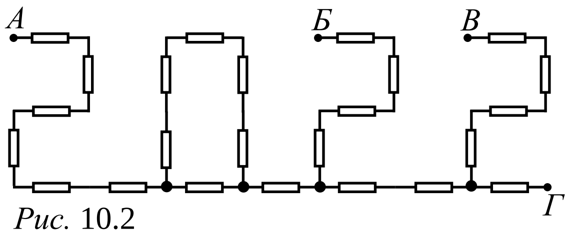


Рис. 10.2

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ XI КЛАССА

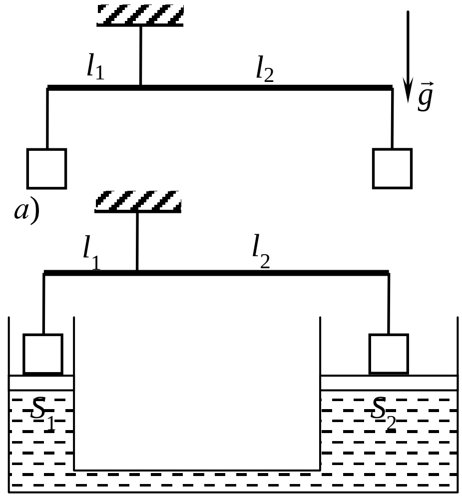
11.1. *«Кинематика»*. 1) Из вертолёта, неподвижно зависшего над землёй, бросают камень вверх под углом $\alpha = 45°$ к горизонту со скоростью $\upsilon_0 = 20$ м/с. На какое расстояние по горизонтали пролетит камень, если в момент броска он находился на высоте $h = 35$ м? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.

2) Вертолёт начал опускаться вертикально вниз с некоторой постоянной скоростью u. Из вертолёта вновь был брошен камень вверх под углом $\alpha = 45°$ к вертикали с той же начальной скоростью относительно вертолёта $\upsilon_0 = 20$ м/с. При этом наблюдатели с земли отметили, что запущенный из вертолёта камень полетел вверх под углом $\beta = 30°$ к горизонту. С какой скоростью u стал опускаться вертолёт?

11.2. *«Статика и гидростатика»*. Весы представляют собой однородный массивный стержень, к концам которого привязаны на нитях грузы с разными массами (рис. 11.1 а). При взвешивании в воздухе достигается равновесие при плечах l_1 и l_2 соответственно.

Далее грузы поместили на невесомые поршни сообщающихся сосудов так, что левый груз оказался на поршне левого сосуда, а правый груз – на поршне правого (рис. 11.1 б). Грузы стали частично опираться на поршни, но при этом поршни не сдвинулись и равновесие весов не нарушилось. При каком соотношении площадей поршней S_2/S_1 это возможно?

Считайте, что стержень все время остаётся горизонтальным, а нити вертикальными и натянутыми.



б)
Рис. 11.1

11.3. *«МКТ»*. В прочном сосуде находится идеальный газ и завязанный резиновый шар с таким же газом внутри. Количество вещества и температуры газов внутри и снаружи шара одинаковы. Как изменится объём шара (увеличится или уменьшится), если оба газа нагреть на одинаковую температуру? Известно, что объём сосуда больше объёма шара. Разность давлений внутри p_1 и снаружи p_2 резинового шара связана с радиусом шара r соотношением $p_1 - p_2 = a/r$, где $a > 0$ – известная константа.

11.4. *«Электростатика»*. Четыре точечных заряда величиной $q_1 = 1$ нКл, $q_2 = 2$ нКл, $q_3 = 3$ нКл и $q_4 = 4$ нКл (рис 11.2) удерживаются в вершинах квадрата со стороной $a = 10$ см. При этом заряды q_1 и q_2, q_3 и q_4 попарно связаны нитями.

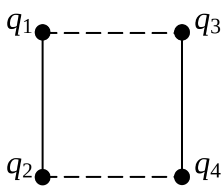


Рис. 11.2

1) Определите величину суммарной электростатической силы, с которой заряды q_1 и q_2 действуют на заряды q_3 и q_4.

2) Определите полную энергию зарядов через 5 с после того, как они будут освобождены. Гравитационным взаимодействием зарядов пренебречь.

11.5. *«География»*. Город Киров расположен на широте $\varphi_{Kr} = 58°36'$, а посёлок Коктебель – на «золотой параллели» $\varphi_{Kl} = 45°$. Обозначим J мощность солнечного излучения, приходящуюся на единичную площадку в месте измерения (Вт/м^2).

1) Пусть освещённые солнцем площадки в указанных населённых пунктах расположены горизонтально. В каком из населённых пунктов в солнечный полдень 22 июня величина J принимает наименьшее значение (обозначим J_1), а в каком – наибольше (обозначим J_2)? Определите отношение $\eta = (J_2 - J_1)/J_2$.

2) Определите это же отношение, если площадки ориентированы перпендикулярно солнечному лучу. Рассеянием излучения в атмосфере пренебречь.

Радиус Земли равен 6370 км, расстояние от Земли до Солнца составляет $150 \cdot 10^6$ км. Плоскость земного экватора наклонена к плоскости эклиптики под углом $\varepsilon = 23°26'$.

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VII КЛАССА

7.1. «*Умный в гору пойдёт*». Время движения на подъёме $t_1 = L/\upsilon_1$ (1), на спуске – $t_2 = L/\upsilon_2$ (2). Вычитая почленно из первого уравнения второе, получаем $\Delta t = t_1 - t_2 = L/\upsilon_1 - L/\upsilon_2$ (3), откуда $L = \Delta t/(1/\upsilon_1 - 1/\upsilon_2)$ (4). Турист прошёл по перевалу расстояние $2L = 7200$ м (5). На преодоление перевала турист затратил время $t_0 = L/\upsilon_1 + L/\upsilon_2$, численно $t_0 = 50$ мин (6).

Критерии оценивания

Формула (1) 1
Формула (2) 1
Преобразования подобные (3) 2
Формула (4) или аналогичные рассуждения 2
Результат (5) 1
Результат (6) 3

7.2. *«Круглое – катать!»* Чтобы докатить бочку меньшего радиуса, надо сделать $n_1 = s/(6{,}28R_1) = 40/(6{,}28 \cdot 0{,}3) \cong 21{,}2$ оборота (1) и затратить на это время $T_1 = n_1 t_1 = 42{,}4$ с (2). Количество оборотов второй бочки составит $n_2 = s/(6{,}28R_2) = 40/(6{,}28 \cdot 0{,}5) = 12{,}7$ (3), время $T_2 = n_2 t_2 = 51{,}0$ с (4). Таким образом, мальчик быстрее прокатит первую бочку (5).

Критерии оценивания

Формула (1) и/или численный результат 2
Результат (2) 2
Формула (3) и/или численный результат 2
Результат (4) 2
Вывод (5) 2

7.3. «*Доброе утро!*». Весь участок фермер вспахал бы за 25 дней, то есть площадь его земельного участка составляет 25 моргенов (1). 25 моргенов = 25 · 0,856 га = 21,4 га (2), 21,4 га = 21,4 · 10000 м^2 = 214 000 м^2 (3).

Критерии оценивания

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

7.4. *«Первый раз в первый класс»*. 1) Длины клеточек различаются в $k = l_2/l_1 = 5/0{,}5 = 10$ раз (1). Площади квадратиков различаются в k^2 = 100 раз (2). 2) Так как Катя нарисовала точную копию меловой фигуры, то количество занятых клеточек на обоих рисунках одинаково, а значит и площади фигур также отличаются в 100 раз (3).

Критерии оценивания

Рассуждение (1) 3
Результат (2) 3
Вывод (1) 4

7.5. *«Размер имеет значение»*. По условию, после того, как в стакан поместили стальные шарики, вылилось V_1 = 0,7 л воды. Следовательно, объём стальных шариков равен V_1 (1). Так как объём сосуда V_0 = 1 л, то стальные шарики занимают 70% объёма сосуда (2). При уменьшении радиуса шариков в 100 раз процент заполнения объёма, свободного от больших шариков, не изменится (3). Следовательно, из сосуда выльется ещё $V_2 = 0{,}7(V_0 - V_1)$ (4) воды, численно $V_2 = 0{,}21$ л (5).

Критерии оценивания

Рассуждение (1) 2
Рассуждение (2) 2
Рассуждение (3) 4
Формула (4) или результат (5) 2

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VIII КЛАССА

8.1. *«Шкала Во!»* Определим скольким градусам Цельсия соответствует один градус по шкале Во. Заметим, что 30°C = 3°Во и 50°C = 11°Во, тогда 1°Во=2,5°C (1). Тогда температура тела человека 5,64°Во (2), а температура кипения воды 31,00°Во (3).

Критерии оценивания

Рассуждение (1) 4
Результат (2) 4
Результат (3) 2

8.2. *«Новый норматив»*. Изначально Коля планировал бежать со скоростью υ, тогда за время t он пробежал бы расстояние $s = t\upsilon = 4a$ (1), где a – сторона квадрата. Тогда площадь квадрата, которую планировал оббежать Коля, равна $S = a^2 = t^2\upsilon^2/16$ (2). Увеличив через 20 с скорость в два раза, Коля пробежал расстояние $s_1 = \upsilon t/3 + 2\upsilon \cdot 2t/3 = 5\upsilon t/3 = 4a_1$ (3). Тогда площадь квадрата, которую он оббежал, равна $S_1 = a_1^2 = 25\upsilon^2 t^2/144$ (4). Из формул 2 и 4 отношение площадей $S_1/S \approx 2{,}78$ (5).

Критерии оценивания

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

8.3. *«Большая стройка»*. Плотность глины одинаковая, следовательно, масса использованной глины будет пропорциональна объёму построенной части (1).

Первый мальчик сделал 1/4 по высоте от прямоугольного параллелепипеда, что эквивалентно 1/4 по объёму, так как площадь поперечного сечения фигуры постоянная (2). Тогда для строительства нижней части фигуры первый мальчик использовал 15 кг глины, а второй – 45 кг (3).

Пирамида сужается кверху, поэтому если первый мальчик построил снизу 1/3 часть высоты, то второй сверху 2/3 части, а по объёму $(2/3)^3$ = 8/27 часть; тогда первый построил 1 – 8/27 = 19/27 часть объёма(4). Значит, для строительства верхней части фигуры первый мальчик использовал 19 кг глины, а второй – 8 кг (5).

Суммарно первый мальчик использовал 34 кг глины, второй – 53 кг (6).

Критерии оценивания

Рассуждение (1) 1
Рассуждение (2) 2
Результат (3) 1
Рассуждение (4) 3
Результат (5) 2
Результат (6) 1

8.4. *«Плавающий бутерброд»*. 1) При плавании бруска $mg = F_{арх}$ или $\rho_1 Vg = \rho_в g V_1$ (1), откуда плотность первого бруска $\rho_1 = \rho_в V_1/V$ (2), численно $\rho_1 = 800$ кг/м^3 (3).

2) По условию плотность второго бруска в два раза меньше, следовательно, она равна $\rho_2 = 400$ кг/м^3 (4). Запишем условие плавания для второй ситуации $\rho_1 Vg + \rho_2 Vhg = \rho_в g V_2$ (5), откуда погружённый объем равен $V_2 = \dfrac{\rho_1 V + \rho_2 V}{\rho_в}$ (6), численно $V_2 = 0{,}24$ см^3 (7). Следовательно, не погружённая в воду часть брусков будет иметь объём $V_3 = 2V - V_2 = 0{,}16$ (см^3) (8).

Критерии оценивания

Формула (1) 2
Результат (3) 3
Результат (4) 1
Формула (5) 2
Формула (6) или результат (7) 1
Результат (8) 1

8.5. *«Коромысло»*. Запишем правило рычага $Mg(L-l) = (m+m_0)gl$ (1), откуда допустимая масса воды может быть равна $m_0 = \dfrac{M(L-l)-ml}{l}$ (2), численно $m_0 = (2\cdot 0{,}6 - 0{,}5\cdot 0{,}2)/0{,}2 = 5{,}5$ (кг) (3). По условию ведро четырёхлитровое, следовательно, в него можно будет налить не больше $m_в = 4$ кг воды (4).

Критерии оценивания

Формула (1) 3
Формула (2) 2
Значение (3) 3
Вывод (4) 2

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ IX КЛАССА

9.1. *«Торможение»*. Определим время, через которое грузовой автомобиль остановится: $t_0 = \upsilon_0 / a = 20/4 = 5$ (с) (1). Найденное время меньше данного в условии t (2). Спустя это время автомобиль окажется на расстоянии $S = \upsilon_0 t_0 - a t_0^2/2 = 20\cdot 5 - 4\cdot 25/2 = 50$ (м) (3).

Критерии оценивания

Расчет времени t_0 (1) 3
Учёт (2) 2
Результат (3) 5

9.2. *«Блок-рычаг»*. 1) При равновесии системы по правилу рычага $m_1 gR + m_3 gR/2 = m_2 gR$ (1), откуда $m_3 = 2(m_2 - m_1) = 2$ (кг) (2).

2) Сила, с которой блок действует на подвес, равна суммарному весу всех грузов (3), то есть $F = m_1 g + m_2 g + m_3 g = 10 + 20 + 20 = 50$ (Н) (4).

Критерии оценивания

Использование правила рычага (например, в виде (1)) 3
Результат (2) 3
Вывод (3) 2
Результат (4) 2

9.3. *«Тепловые банки»*. Если в первую банку наливают некоторую массу m_1 горячей воды и m_2 – холодной, то во вторую m_1 – холодной и m_2 – горячей (1). Тогда уравнение теплового баланса при смешивании жидкостей в обеих банках будет иметь вид: $cmt_1 + cmt_2 = cm_1t_3 + cm_2t_3 + cm_2t_4 + cm_1t_4$ (2), откуда $t_4 = t_1 + t_2 - t_3 = 45°C$ (3).

Критерии оценивания

Рассуждение (1) 2
Формула (2) или иные необходимые формулы 4
Результат (3) 4

9.4. *«Плавление»*. Так как проволоки до переплавки соединены последовательно, то сопротивление каждой них равно $r_1 = R_1/2 = 0{,}5$ Ом (1). При этом из формулы $r_1 = \rho\dfrac{l_1}{S_1}$ (2) длина каждой проволоки равна $l_1 = \dfrac{r_1S_1}{\rho}$, где $S_1 = \dfrac{\pi d_1^2}{4}$ (3) – площадь поперечного сечения проволоки, ρ – удельное сопротивление материала проволок. После переплавки сопротивление каждой проволоки станет равным $r_2 = \rho\dfrac{l_2}{S_2}$ (4); здесь для нахождения длины проволок l_2 нужно учесть, что объём проволок при переплавке не меняется: $V_1 = V_2$ (5), $\dfrac{\pi d_1^2}{4}\cdot l_1 = \dfrac{\pi d_2^2}{4}\cdot l_2$, тогда $l_2 = l_1\dfrac{d_1^2}{d_2^2} = l_1\dfrac{1^2}{2^2} = \dfrac{l_1}{4}$ (6). Из формул (4)–(6), получаем, что $r_2 = \rho\dfrac{l_1}{4}\cdot\dfrac{1}{S_2} = \rho\dfrac{l_1}{4}\cdot\dfrac{4}{\pi d_2^2} = \rho\dfrac{l_1}{4}\cdot\dfrac{4}{\pi(2d_1)^2} = \dfrac{r_1}{16}$ (7). При параллельном соединении проволок общее сопротивление будет равно $R_2 = 0{,}5\cdot r/16 = 0{,}0156$ (Ом) (8).

Критерии оценивания

Использование утверждения (1).. 1
Использование формулы (2), (4) ....1+1= 2
Использование формулы (3)... 1
Использование (5)... 1
Результат (6) 1
Результат (7) 2
Результат (8) 2

9.5. *«В зазеркалье»*. 1) Для нахождения области наблюдения в зеркале следует построить изображение S' источника света S, а затем от него провести граничные лучи (область, из которой можно увидеть изображение источника, показана на рис. 9.4 горизонтальной штриховкой) (1). Чтобы размер области наблюдения увеличился больше всего, зеркало нужно придвинуть к источнику света (2).

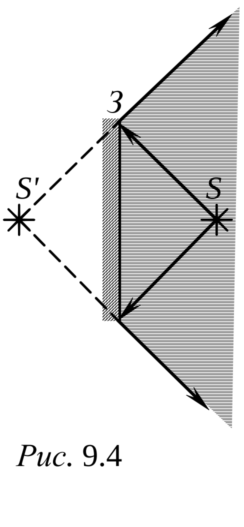


Рис. 9.4

2) За 2 с источник света отдалится от зеркала на расстояние 2 м/с · 2 с= 4 м, то есть окажется на расстоянии 2 м + 4 м = 6 м (3) от зеркала. На таком же расстоянии от поверхности зеркала окажется и изображение (4). Тогда искомое расстояние между источником и изображением будет равно 2 · 6 м = 12 м. (5)

3) Изображение будет двигаться относительно зеркала с горизонтальной скоростью $\upsilon_x = \upsilon\cos\alpha = 2\cdot\cos 60° = 2\cdot 0{,}5 = 1$ (м/с) (6) и с вертикальной $\upsilon_y = \upsilon\sin\alpha$. Изображение будет двигаться в зеркале со скоростью $\upsilon_з = 2\upsilon_x = 2\cdot 1 = 2$ (м/с) относительно неподвижного источника (7).

Критерии оценивания

Построения (1) 1
Ответ (2) 2
Результат (3) 1
Утверждение (4) 1
Результат (5) 2
Формула и/или результат (6) 1
Результат (7) 2

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ X КЛАССА

10.1. «*Волейбол – тоже спорт*». 1) Горизонтальное смещение точки, брошенной со скоростью υ_0 под углом α к горизонту, равно $\upsilon_0\cos\alpha \cdot 2\upsilon_0\sin\alpha/g = \upsilon_0^2\sin2\alpha/g$ (1) и достигает максимума, равного υ_0^2/g (2) при $\alpha = 45°$ (3). Поскольку точка броска и верхний край сетки находятся на одном уровне, расстояние (2) должно быть не меньше половины длины площадки $l = 9$ м. Таким образом, минимальная скорость находится из условия $\upsilon_0^2/g = l$, откуда $\upsilon_{\min} = (gl)^{1/2}$ (4). Численно $\upsilon_{\min} = 9{,}4$ м/с (5). 2) Время движения мяча от сетки до пола находится из кинематического уравнения $\upsilon_{\min}\sin\alpha\, t + gt^2/2 = h$ (6): $t = -\upsilon_{\min}\sin\alpha/g + \sqrt{(\upsilon_{\min}\sin\alpha/g)^2 + 2h/g}$ (7). Искомое расстояние $s = \upsilon_{\min}\cos\alpha t$ (8). С учётом того, что $\cos\alpha = \sin\alpha = 1/\sqrt{2}$, и результата (4) получаем $s = \sqrt{l^2/4 + hl} - l/2 = 2{,}0\,(\text{м})$ (9).

Критерии оценивания:

Формула (1) 1
Формула (2) 1
Утверждение (3) 1
Формула (4) 1
Результат (5) 1
Уравнение (6) 1
Результат (7) 1
Формула (8) 1
Результат (9) 2

Примечание. 1) Если результат (2) приведён сразу как известный с надлежащим комментарием, за него следует поставить 2 балла. 2) Альтернативно формула (9) может быть получена в результате анализа уравнения траектории мяча.

10.2. *«Тепловые банки»*. 1) Если в первую банку наливают некоторую массу m_1 горячей воды и m_2 – холодной, то во вторую m_1 – холодной и m_2 – горячей (1). Тогда уравнение теплового баланса при смешивании жидкостей в обеих банках будет иметь вид: $cmt_1 + cmt_2 = cm_1t_3 + cm_2t_3 + cm_2t_4 + cm_1t_4$ (2), откуда $t_4 = t_1 + t_2 - t_3 = 40$°C (3).

2) Чтобы найти количество теплоты Q, выделившееся в окружающую среду, запишем уравнение теплового баланса при смешивании жидкостей в обеих банках: $cmt_1 + cmt_2 = cmt_4 + cmt_5 + Q$ (4), откуда $Q = cm(t_1 + t_2 - t_4 - t_5) = 25200$ Дж (5).

Критерии оценивания

Рассуждение (1) 2
Формула (2) 2
Формула (3) или ответ 2
Формула (4) 2
Формула (5) или ответ 2

10.3. *«Погружение»*. При плавании кубика давление жидкости на нижнюю грань кубика можно определить по формуле: $p_1 = \frac{mg}{S}$ (1), откуда площадь каждой грани кубика равна $S = \frac{mg}{p_1}$, а длина стороны $b = \sqrt{S} = \sqrt{\frac{mg}{p_1}}$ (2).

При погружении кубика во вторую жидкость второй закон Ньютона можно записать в виде: $ma = 0 = mg - F_A - F_{сопр}$ (3). Здесь $F_A = F_{нижн} - F_{верх}$ (4) – сила Архимеда, действующая на кубик, $F_{нижн}$ и $F_{верх}$ – силы гидростатического давления жидкости на кубик, $F_{сопр}$ – сила сопротивления жидкости. Из формул (3) и (4) результирующая сила, с которой жидкость действует на кубик, равна $F_2 = F_{нижн} + F_{сопр} = mg + F_{верх}$ (5). В этом случае $F_2 = mg + \rho_2 gS(h - b) = mg + \rho_2 \frac{mg^2}{p_1}\left(h - \sqrt{\frac{mg}{p_1}}\right)$ (6).

Критерии оценивания

Формула (1) 1
Результат (2) 2
Использование второго закона Ньютона (3) 1
Связь силы Архимеда с силами, действующими на грани (4) 1
Рассуждение (5) 2
Результат (6) 3

10.4. «*Планетарная относительность*». 1) Так как венчик относительно корпуса вращается в ту же сторону, куда и вал, – по часовой стрелке, то корпус относительно венчика повернётся в противоположную сторону. То есть корпус вращается против часовой стрелки (1).

2) Согласно условию венчик поворачивается на 1 оборот, если вал совершает 13 оборотов относительно корпуса или 13 – 1 = 12 оборотов относительно венчика (2). Следовательно, при повороте вала на 24 оборота корпус повернется на 24/12 = 2 оборота (3).

Критерии оценивания

Вывод (1) 4
Результат (2) или иное правильное рассуждение 4
Результат (3) 2

10.5. *«2022»*. Найдем общее сопротивление цепи между точками *А* и *Г*: $R_1 = r + \frac{5}{6}r + r + \frac{2 \cdot 8r}{10} + r = \frac{313}{30}r$ (1), тогда общий ток в цепи равен $I_1 = \frac{30U_0}{313r}$ (2).

Ток через амперметр связан с найденным так: $I_0 = \frac{I_1}{5} = \frac{6U_0}{313r}$ (3). Тогда $U_0 = \frac{I_1}{5} = \frac{313}{6}I_0 r$ (4).

Критерии оценивания

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

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ XI КЛАССА

11.1. *«Кинематика»*. 1) Время движения камня до земли найдём из уравнения движения вдоль вертикальной оси: $0 = h + \upsilon_0 \sin\alpha t - gt^2/2$ (1). Решая квадратное уравнение, получим $t = \dfrac{\upsilon_0 \sin\alpha + \sqrt{\upsilon_0^2 \sin^2\alpha + 2gh}}{g}$, численно $t = \left(20 \cdot 0{,}707 + \sqrt{200 + 2 \cdot 10 \cdot 35}\right)/10 = 4{,}41$ (с) (2). Дальность полёта камня составит $S = \upsilon_0 \cos\alpha t = 20 \cdot 0{,}707 \cdot 4{,}4 = 62{,}4$ (м) (3).

2) Горизонтальная составляющая скорости камня равна $\upsilon_0 \cdot \cos\alpha$ (4), тогда, из рис. 11.3 начальная скорость камня относительно земли может быть найдена так: $\upsilon = \upsilon_0 \cdot \cos\alpha / \cos\beta$ = 16,3 (м/с) (5). Разность вертикальных составляющих скоростей камня относительно двух СО равна скорости вертолёта $u = \upsilon_0 \sin\alpha - \upsilon \sin\beta = \upsilon_0 (\sin\alpha - \cos\alpha \operatorname{tg}\beta)$, численно $u = 20 \cdot \dfrac{\sqrt{2}}{2}\left(1 - \dfrac{1}{\sqrt{3}}\right) = 20 \cdot 0{,}707 \cdot (1 - 0{,}577) \cong 6$ (м/с) (6).

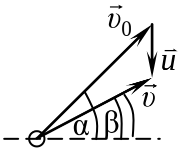


Рис. 11.3

Критерии оценивания

Формула (1)	2
Формула или результат (2)	2
Результат (3)	2
Формула (4)	1
Результат (5)	1
Результат (6)	2

11.2. *«Статика и гидростатика»*. Запишем уравнение моментов для стержня относительно точки подвеса в первом случае: $m_1 g l_1 = m_2 g l_2 + MgL$ (1), где m_1, m_2, M, l_1, l_2 и L – массы грузов и плечи соответствующих сил.

Запишем уравнение моментов для стержня относительно точки подвеса во втором случае: $(m_1 g - N_1) l_1 = (m_2 g - N_2) l_2 + MgL$ (2), где N_1 и N_2 – силы, с которыми поршни действуют на грузы. Используя условие равновесия (1), получим, что $N_1 l_1 = N_2 l_2$ (3). Теперь запишем условие равенства давлений в сообщающихся сосудах: $\dfrac{N_1}{S_1} = \dfrac{N_2}{S_2}$ (4). С учётом равенств (3) и (4) получим, что $\dfrac{S_2}{S_1} = \dfrac{N_2}{N_1} = \dfrac{l_1}{l_2}$ (5).

Критерии оценивания

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

11.3. *«МКТ»*. Пусть V – объём сосуда, r – радиус шара. Тогда условие $p_1 - p_2 = a/r$ с учётом уравнения Клапейрона–Менделеева запишется в виде:

$\nu RT \left(\dfrac{1}{\frac{4}{3}\pi r^3} - \dfrac{1}{V - \frac{4}{3}\pi r^3} \right) = \dfrac{a}{r}$ (1). Отсюда температура газа $T = \dfrac{4a\pi r^2}{3\nu R}\left(1 + \dfrac{1}{\frac{3V}{4\pi r^3} - 2}\right)$ (2). Из (2) видно, что температура является монотонно возрастающей функцией радиуса r. Следовательно, с ростом температуры радиус и объём шара должны увеличиваться (3).

Критерии оценивания

Формула (1) 3
Формула (2) 5
Правильный ответ (3) 2

11.4. *«Электростатика»*. 1) Заряд q_1 действует на заряд q_3 с силой $F_{13} = kq_1q_3/a^2$ (1), q_1 на q_4 $F_{14} = kq_1q_4/a^2$ (2), q_2 на q_3 $F_{23} = kq_2q_3/a^2$ (3), q_2 на q_4 $F_{24} = kq_2q_3/a^2$(4). При этом горизонтальная составляющая результирующей силы, с которой заряды q_1 и q_2 действуют на заряды q_3 и q_4, равна $R_г = F_{13} + F_{24} + (F_{14} + F_{23})\cos 45°$ (5), а вертикальная составляющая $R_в = (F_{14} - F_{23})\cos 45°$ (6). Тогда искомая сила равна $R = \sqrt{R_г^2 + R_в^2}$ (7) $R = \dfrac{k}{a^2}\sqrt{\left(q_1q_3 + q_2q_4 + \dfrac{q_1q_4 + q_2q_3}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\dfrac{q_1q_4 - q_2q_3}{\sqrt{2}}\right)^2}$, численно $R = \dfrac{9\cdot 10^9}{10^{-2}}\sqrt{\left(3 + 8 + \dfrac{4+6}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\dfrac{4-6}{\sqrt{2}}\right)^2}\cdot 10^{-18} = 16{,}3$ (мкН) (8).

2) Полная энергия зарядов в любой момент времени равна начальной потенциальной энергии зарядов (9), то есть $W = k\dfrac{q_1(q_2 + q_3 + q_4) + q_2(q_3 + q_4) + q_3q_4}{a}$ (10), численно $W = \dfrac{9\cdot 10^9}{10^{-1}}(1\cdot(2+3+4) + 2\cdot(3+4) + 3\cdot 4)\cdot 10^{-18} = 3{,}15$ (мкДж) (12).

Критерии оценивания

Использование формул (1)–(4) .... 0,5+0,5+0,5+0,5 = 2
Нахождение $F_г$ (в виде формулы (5) или числа) 1
Нахождение $F_в$ (в виде формулы (6) или числа) 1
Использование выражения (7) 1
Результат (8) 2
Рассуждение (9) 1
Выражение (10) 1
Результат (11) 1

11.5. *«География»*. 1) Обозначим солнечную постоянную величиной q. Угол между лучом и нормалью к поверхности равен $\alpha = \varphi - \varepsilon$ (1) (рис. 11.4), а $J = q\cos\alpha$ (2). Для Кирова и для Коктебеля $\alpha_{Kr} = \varphi_{Kr} - \varepsilon = 35°10'$ и $\alpha_{Kl} = \varphi_{Kl} - \varepsilon = 21°34'$ (3) соответственно. Тогда наименьшая освещённость будет в Кирове (J_1), а наибольшая – в Коктебеле (J_2) (4).

$\eta = (\cos 21°34' - \cos 35°10')/\cos 21°34' = 0{,}121$. (5)

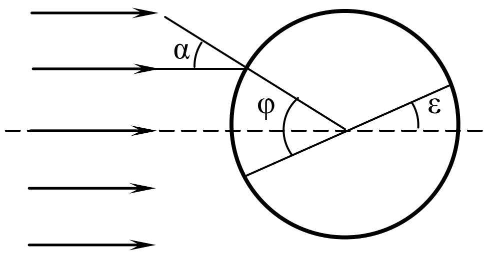


Рис. 11.4

2) Поскольку радиус Земли значительно меньше расстояния до Солнца, значения J_2 и J_1 практически одинаковы (и равны солнечной постоянной). $\eta = 0$ (6).

Критерии оценивания

Результат (1) 2
Формула (2) 2
Результат (3) 1
Вывод (4) 1
Результат (5) 2
Результат с обоснованием (6) 2

Адрес для переписки: center@extedu.kirov.ru
Авторы и источники задач
Коханов К. А. (сост.): 9.1, 9.2, 9.4, 9.5, 10.3, 11.1, 11.4
Кантор П. Я.: 10.1, 10.4, 11.5
Минина О.В.: 7.3
Перевощиков Д. В.: 10.5, 11.2
Сорокин А. П.: 7.1, 7.2, 7.4, 7.5, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 9.3, 10.2
Коханов В. К.: 11.3
Научное редактирование
Кантор П. Я., канд. физ.-мат. наук, доцент
Подписано в печать 27.10.2022
Формат $60{\times}84^{1}/_{16}$. Бумага типографская. Усл. печ. л. 0,5
Тираж 300 экз.