Саратовский государственный университет
имени Н.Г.Чернышевского

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА XLIX ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

Саратов
2014 г

Комплект заданий подготовлен
региональной методической комиссией по физике

Координаты для связи (Савин Алексей Владимирович):
E-mail: AVSavin@rambler.ru с пометкой «Олимпиада» в теме письма
Адрес: 410012, Саратов, ул. Астраханская, 83, СГУ, ФНП, Савину А.В.

Авторы задач

7 класс	8 класс	9 класс	10 класс	11 класс
1. В.Н. Шевцов 2. А.А. Князев 3. В.Н. Шевцов	1. А.В. Савин 2. В.Н. Шевцов 3. А.В. Савин 4. В.Н. Шевцов	1. А.А. Князев 2. М.М. Стольниц 3. М.М. Стольниц 4. А.В. Савин 5. А.А. Князев	1. А.А. Князев 2. В.П. Вешнев 3. В.Н. Шевцов 4. М.Д. Матасов 5. А.А. Князев	1. М.М. Стольниц 2. В.П. Вешнев 3. А.А. Князев 4. А.В. Савин 5. А.В. Савин

Председатель методической комиссии: А.В. Савин

Члены методической комиссии: В.П. Вешнев, А.А. Князев, М.Д. Матасов, М.И. Перченко, Д.В. Савин, М.М. Стольниц, В.Н. Шевцов.

Общая редакция и подготовка оригинал-макета – А.В. Савин

Подписано в печать 4 декабря 2014 г. в 01.48

Условия задач

7 класс

1. «Гулливер в стране лилипутов»

Прибыв в страну лилипутов, Гулливер обнаружил, что рост среднего лилипута в 12 раз меньше роста самого Гулливера. Сколько весит средний лилипут, если Гулливер весит 72 кг? Считайте, что строение живых тканей лилипутов и Гулливера одинаково.

2. «Урановый куб»

Кубик массой 19 кг, изготовленный из урана, вставлен в свинцовый пенал так, что зазоры между ним и стенками пенала очень малы, и накрыт сверху крышкой. Определите толщину стенок пенала, если его наружное ребро равно 15 см, а все стенки и крышка имеют одинаковую толщину. Плотность урана 19 г/см^3.

3. «Неравномерное движение»

Из городов *A* и *B*, расстояние между которыми 240 км, одновременно стартуют два автомобиля и движутся навстречу друг другу. Их скорости изменялись со временем согласно графикам, представленным на рисунках 1 и 2. Определите, через какое время после старта они встретятся на трассе, а также за какое время каждый из автомобилей проедет расстояние между городами.

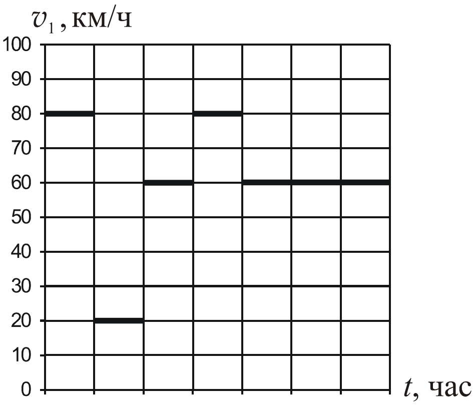


Рис. 1

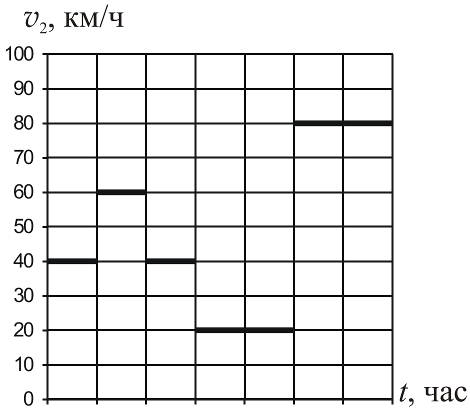


Рис. 2

8 класс

1. «Старгородский трамвай»

В Старгороде всего 3 трамвая, а единственная трамвайная линия имеет 4 остановки, две из которых конечные. Перегоны между остановками одинаковы, и каждый из них трамвай преодолевает за 5 минут. С целью экономии рельсов линия была сделана одноколейная с разъездами на остановках (см. рис. 3). а) Каков наименьший возможный интервал движения трамваев в Старгороде? Как он изменится, если б) один из трамваев сломается? в) купить еще один трамвай?

Рис. 3

Под интервалом движения *в данной задаче* будем понимать *наибольшее* время, которое жителю приходится ожидать трамвая на остановке. Считайте, что время, которое трамвай стоит на остановках, очень мало, а во избежание аварий трамвай никогда не отъезжает от остановки, если на ближайшем по ходу движения перегоне или на следующей остановке есть трамвай, движущийся ему навстречу.

2. «Стержень»

Стержень состоит из двух соединенных торцами однородных цилиндрических стержней одного и того же сечения, но разной длины и плотности, причем плотность правого стержня больше, чем левого. Если отрезать от левого стержня часть, равную половине его длины, то масса всего стержня уменьшится на 10%. Как изменилась бы масса всего стержня, если бы, не изменяя длины левого стержня, отрезать от правого часть, равную половине его длины?

3. «Еще раз про закон Паскаля»

На расстоянии 1 см от дна высокого цилиндрического сосуда в его боковой стенке проделана дырка площадью 1 см^2, которая заткнута пробкой. Для того, чтобы вытащить пробку, нужно приложить силу 1 Н. До какой максимальной высоты можно налить воду в этот сосуд? До какой высоты можно налить воду в такой же сосуд, в котором проделаны на этом же уровне две такие дырки? Одна дырка площади 2 см^2? Сила, которую нужно прикладывать, чтобы вытащить пробку, одинакова для всех пробок. Плотность воды 1 г/см^3.

4. «Мокрый снег»

В калориметр теплоемкостью 1254 Дж/ºС бросили 30 г мокрого снега, т.е. смеси снега с водой. Сколько было там самого снега, если после установления теплового равновесия температура в калориметре понизилась от 24 °С до 16 °С? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг ºС), удельная теплота плавления льда 340 кДж/кг.

9 класс

1. «Кольцевая трасса»

По окружности движутся две материальные точки, законы движения которых имеют вид $\varphi_1=2+2t$ и $\varphi_2=-3-4t$ (время – в секундах, угол – в радианах) Определите моменты времени, соответствующие трем первым встречам этих точек. Считайте, что при встрече точки проходят мимо друг друга, не изменяя скорости.

Указание: 2π радиан = 360º.

2. «Автоколонна на плохой дороге»

Колонна машин длиной 1010 метров движется по шоссе со скоростью 72 км/ч. Длина каждого автомобиля 10 метров. Как только передний бампер каждого автомобиля поравняется со знаком, указывающим начало аварийного участка дороги длиной 550 м, автомобиль начинает тормозить и в течение 10 секунд сбрасывает скорость вдвое. Когда же его задний бампер поравняется со знаком, указывающим конец этого участка, автомобиль так же в течение 10 секунд восстанавливает прежнюю скорость движения. Определите минимальную длину колонны и момент времени (считая от начала торможения первого автомобиля), в который она достигается.

Длиной автомобиля будем считать расстояние от переднего до заднего бампера, длиной колонны – расстояние от переднего бампера первого автомобиля до заднего бампера последнего. Считайте, что автомобили тормозят и ускоряются с постоянным ускорением, а интервалы между ними достаточно велики, чтобы автомобили могли затормозить, не столкнувшись.

3. «Гидростатические весы»

Рычажные весы закреплены на штативе (см. рис. 4). Длина каждого плеча весов 10 см, стрелка жёстко связана с рычагом, который может свободно вращаться вокруг оси. Точку крепления весов можно перемещать вдоль штатива и фиксировать на различной высоте. К концам рычага подвешены два одинаковых груза, представляющих собой цилиндры высотой 40 см, плотность которых больше плотности воды. На подставке стоят два высоких цилиндрических сосуда, площади оснований которых в 2 и 4 раза больше площади основания груза. В сосуды налита вода до такого уровня, что цилиндры могут в нее полностью погрузиться и при этом вода из сосудов не выльется. Точку крепления рычага начинают очень медленно (так, что новое равновесие каждый раз успевает установиться) опускать до тех пор, пока цилиндры не погрузятся в воду полностью. На какой максимальный угол и в какую сторону отклонится стрелка?

Указание: для тонкого рычага условие его равновесия не зависит от того, на какой угол относительно горизонтали он повернут.

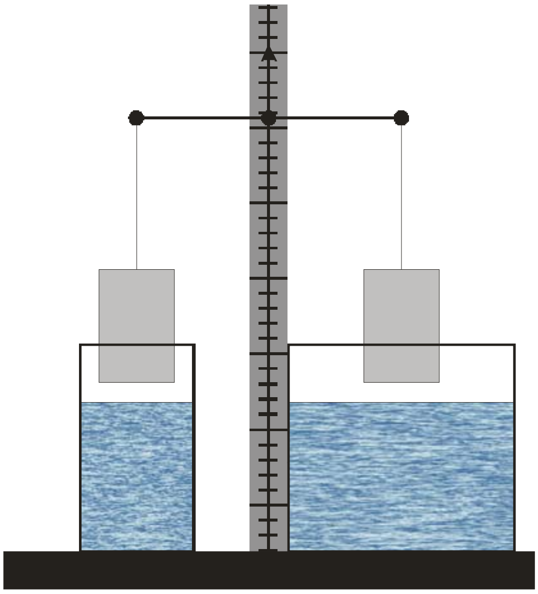


Рис. 4

4. «Три чайника»

В три абсолютно одинаковых электрочайника налили 0,5 л, 1 л и 2 л воды при комнатной температуре и одновременно включили их. Первый чайник закипел через 180 с, а второй – через 340 с. Через какое время закипит третий чайник? Считайте, что мощность чайников постоянна, а потерями тепла в окружающую среду можно пренебречь.

5. «Фрагмент цепи»

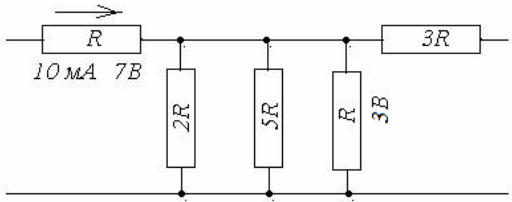


Рис. 5

На рис. 5 приведен фрагмент электрической схемы, состоящей из резисторов. Стрелкой указано направление тока через резистор R, значения тока и напряжения, подписанные около резистора, соответствуют текущему через него току и падающему на нем напряжению. Рассчитайте токи в каждом из параллельных резисторов. Какое напряжение покажет идеальный вольтметр, подключенный к резистору с сопротивлением $3R$? Величина R заданной не считается!

10 класс

1. «Блоки на плоскости»

На рис. 6 изображен вид сверху на систему трёх грузов, расположенных на поверхности гладкого горизонтального стола. Грузы соединены невесомой нерастяжимой нитью с использованием невесомого блока. Массы грузов подписаны на рисунке, к первому грузу приложена сила 20 Н. Определите ускорения каждого груза на начальном участке движения. Трения в блоке нет.

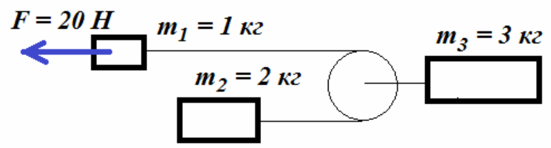


Рис. 6

2. «Скольжение по столу»

Тело массой m привязано невесомой нерастяжимой натянутой нитью к стенке и покоится на столе. Расстояние между столом и стенкой равно a (см. рис. 7). На середине этого расстояния на невесомом блоке подвешивают груз массой M. При опускании груза на высоту h вся система останавливается. Коэффициент трения тела о стол равен μ, трением в блоках пренебречь, в начальный момент нить горизонтальна. Определите длину пути, на котором тело движется замедленно. Считайте, что тело останавливается, не дойдя до края стола.

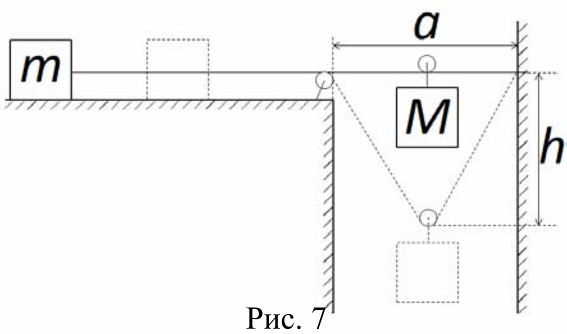


Рис. 7

3. «Две пружины»

Горизонтальная трубка сечением S, открытая с двух концов, закреплена неподвижно. В ней находятся два поршня, один из которых соединен пружиной жесткостью k с неподвижной стенкой (рис. 8). В исходном состоянии давление воздуха между поршнями равно атмосферному давлению p_0, пружина не деформирована, расстояние между поршнями равно l. Правый поршень медленно переместили вправо на расстояние l. Какое дав-

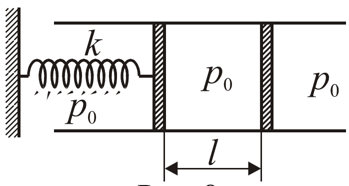


Рис. 8

ление воздуха установилось при этом между поршнями? Температуру воздуха считать постоянной, трением пренебречь.

4. «Потенциометр»

Потенциометр, или делитель напряжения, используется для регулировки напряжения на нагрузке: перемещая ползунок реостата, можно изменять его при неизменном напряжении источника. В приведенной на рис.9 схеме положение движка потенциометра отрегулировано так, что при напряжении источника 100 В и разомкнутом ключе К идеальный вольтметр показывает 30 В. Каковы будут показания вольтметра, если замкнуть ключ? Сопротивление нагрузки 20 кОм, полное сопротивление реостата 10 кОм.

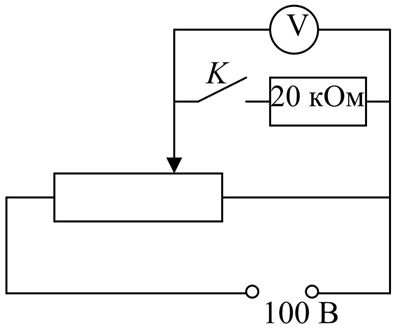
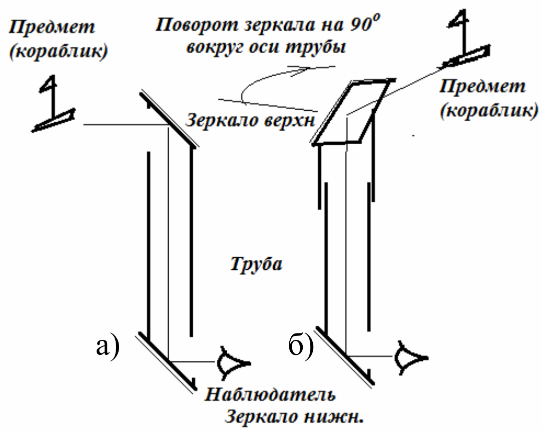


Рис. 9

5. «Перископ»

Для визуальных наблюдений из укрытия или из под воды используют перископ. Простейшая форма перископа – труба, на обоих концах которой закреплены зеркала, наклоненные относительно оси трубы на 45° (см. рис. 10а). В обычном перископе при необходимости увидеть расположенные сбоку объекты вся конструкция (вместе с наблюдателем) поворачивается вокруг вертикальной оси, проходящей через центры зеркал.



В лаборатории проф. А.А. Выбегалло разработан модернизированный перископ: теперь поворачивается вокруг той же вертикальной оси только верхнее зеркало перископа, а вся остальная конструкция вместе с наблюдателем остается неподвижной (рис. 10б). Капитан подводной лодки рассматривает кораблик в модернизированный перископ, повернув верхнее зеркало на 90° относительно исходного положения. Изобразите схематически наблюдаемую капитаном картину и поясните, каким образом она получается.

11 класс

1. «2014 шариков»

В длинную горизонтальную трубу помещены 2014 одинаковых шариков, диаметром 1 см каждый. В начальный момент времени расстояние между любыми двумя соседними шариками равно 6 см. Про начальные скорости шариков v_i ($i = 1, 2, \ldots, N$) известно, что: 1) по модулю они равны 0 или 11 см/с; 2) их проекции на ось, направленную вдоль трубы, могут быть как положительными, так и отрицательными; 3) модули скоростей шариков, расположенных симметрично относительно центра системы, равны ($|v_i|=|v_{N+1-i}|$); 4) сумма проекций скоростей всех шариков равна нулю, а сумма квадратов скоростей всех шариков равна 242 см^2/с^2.

Через 2013 с после начала движения расстояние между двумя крайними шариками утроилось. Через какое время (после начала движения) оно станет в пять раз больше, чем начальное? Шарики движутся без трения, сопротивление воздуха отсутствует, соударения между шариками абсолютно упругие и «мгновенные» (т.е. время столкновения пренебрежимо мало), при столкновениях шариков их энергия трубе не передается. Под расстоянием между любыми двумя шариками в данной задаче понимается расстояние между их центрами, внутренний диаметр трубы чуть больше 1 см.

2. «Чудо-пластина»

Умелец изобрёл чудо-пластину, обладающую следующим чудесным свойством: 98% падающих на неё молекул с одной (синей) стороны она упруго отражает, а остальные свободно пропускает. При падении же молекул на вторую (красную) сторону пластина свободно пропускает лишь 1% частиц, упруго отражая остальные. На основе обнаруженного свойства плёнки он решил сделать летательный аппарат. Рассчитайте минимальную площадь чудо-пластины, которая понадобится умельцу массой 60 кг, чтобы подняться над землёй при нормальных атмосферных условиях. Считайте, что масса самой пластины пренебрежимо мала. Какая сторона пластины должна быть сверху, а какая – снизу?

3. «Почти цикл Дизеля»

На рис. 11 представлен график для упрощенной модели одного из циклов, используемых в современных двигателях – цикла Дизеля. Процессы 1–2 и 3–4 адиабатические, объем газа в процессе 1–2 уменьшается в 12 раз, температуры в т. 1, 3 и 4 подписаны на рис. 11. Считая, что рабочим телом является воздух, вычислите КПД этого цикла.

Комментарий: в реальном цикле Дизеля в т.2 в систему впрыскивается топливо, возгорание которого и приводит к расширению, а в т.1 продукты сгорания топлива удаляются из рабочей камеры и замещаются воздухом. В данной задаче будем пренебрегать влиянием этих процессов на КПД.

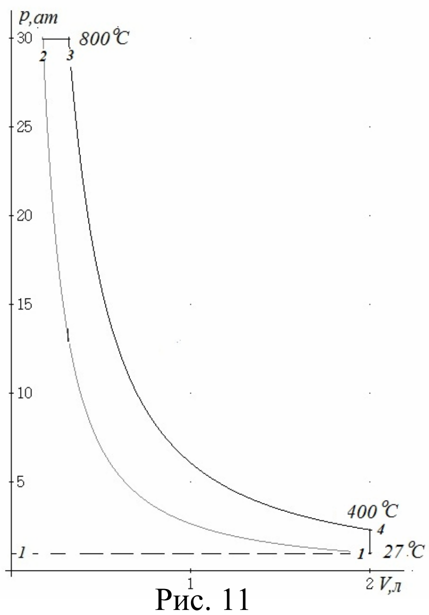


Рис. 11

4. «Диполь-дипольное индуцированное взаимодействие»

Металлический параллелепипед имеет размеры $a{\times}a{\times}b$, причем $a \ll b$. На прямой, соединяющей центры его малых граней, на расстоянии $r \gg b$ от него расположен диполь, дипольный момент которого равен p, а ось совпадает с указанной прямой. Оцените силу, действующую на параллелепипед со стороны диполя.

Примечание: диполем называются два точечных заряда одинаковой величины, но разного знака, расположенные на небольшом расстоянии друг от друга. Его дипольным моментом называется произведение величины зарядов на расстояние между ними.

5. «Стакан вместо лупы»

Однажды экспериментатор Глюк приобрел редкую монету и решил ее рассмотреть поподробнее. Обнаружив, что у него под рукой нет никаких оптических приборов, Глюк взял узкий прямой цилиндрический тонкостенный стакан, положил на его дно монету и стал наливать воду. Оцените, какого наибольшего увеличения сможет добиться Глюк, если показатель преломления воды 1,33, а высота стакана 20 см. До какой высоты придется налить воду? Считайте, что во избежание искажений Глюк смотрит на стакан точно сверху.

Решения задач

7 класс

7-1. Масса любого тела равна его средней плотности, умноженной на объем $m = \rho \cdot V$. Как изменяется объем тела при уменьшении его размеров? Рассмотрим куб с ребром *a*. Его объем равен a^3. Если ребро уменьшить в *n* раз, то новый объем будет $V' = \left(\frac{a}{n}\right)^3 = \frac{a^3}{n^3} = \frac{V}{n^3}$. Таким образом, объем куба уменьшается в n^3 раз. Так как тело любой формы можно мысленно представить состоящим из очень большого числа мельчайших кубиков, то наш вывод об уменьшении объема верен для любого тела. Следовательно, масса среднего лилипута будет меньше массы Гулливера в 12^3=1728 раз и составит 72/1728=1/24≈0,042 кг или 42 г.

Ответ: 42 грамма.

Критерии оценивания

Запись уравнения связи между плотностью, объемом и массой тел	2
Идея о том, что объем тела пропорционален кубу линейного размера (не обязательно с обоснованием)	4
Запись соотношения между массой Гулливера и массой среднего лилипута	2
Вычисление массы лилипута	2

7-2. Масса уранового кубика *M*= ρ*V*, отсюда найдем объем кубика *V*=1000см^3. Тогда его сторона равна 10см. (Это можно сообразить, и не зная операции извлечения кубического корня.) Для определения толщины стенок нарисуем сечение всей конструкции плоскостью, проходящей через центр кубика параллельно его грани (рис.13). Из рисунка видно, что толщину стенок пенала можно вычислить как *x*=(15–10)/2=2,5 см.

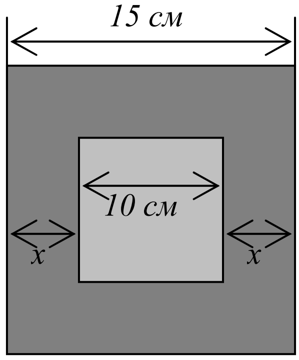


Рис. 13

Ответ: 2,5 см.

Критерии оценивания

Определен объем уранового кубика	2
Определено ребро уранового кубика	2
Описана методика вычисления толщины стенки или приведен соответствующий рисунок	4
Вычислена толщина стенки	2

7-3. Из приведенных графиков следует, что в первый час движения автомобили сближаются со скоростью 80 + 40 = 120 км/ч., во второй час 20 + 60 = 80 км/ч., в третий 60 + 40 = 100 км/ч. Поэтому через два часа расстояние между ними составит 240–120–80=40 км. Это расстояние они преодолеют за время, равное 40/100 = 0,4 часа =24 минуты. Следовательно, автомобили встретятся через 2 часа и 24 минуты.

Теперь рассмотрим движение первого автомобиля. За три часа он проедет 80 + 20 + 60 = 160 км. Остается еще 80 км, которые он проедет за четвертый час. Таким образом, первый автомобиль проедет 240 км за 4 часа.

Второй автомобиль за 5 часов проедет 40 + 60 + 40 + 20 + 20 = 180 км. Оставшиеся 60 км он проедет со скоростью 80 км/ч за 60/80 = 3/4 часа = 45 минут. Следовательно, он затратит на движение между городами 5 часов и 45 минут.

Ответ: встретятся через 2 ч 24 минуты, первый автомобиль проедет расстояние между городами за 4 часа, а второй – за 5 ч 45 минут.

Критерии оценивания

Идея подсчета скорости сближения автомобилей	2
Расчет времени встречи автомобилей	3
Расчет времени движения первого автомобиля	2
Расчет времени движения второго автомобиля	3

8 класс

8-1. Понятно, что для обеспечения наименьшего интервала движения расстояния между трамваями должны быть как можно ближе друг к другу (в идеале – равными). Т.к. на линии (на пути туда и обратно) всего 6 одинаковых перегонов, то при трех трамваях наименьший интервал будет обеспечен при расстоянии между соседними трамваями (движущимися в одну сторону) в два перегона, что при пересчете во временной масштаб дает 10 минут. Несложно убедиться (проще всего это сделать, нарисовав график движения, см. рис. 14), что при этом можно организовать движение, не нарушая указанных в условии правил разъездов.

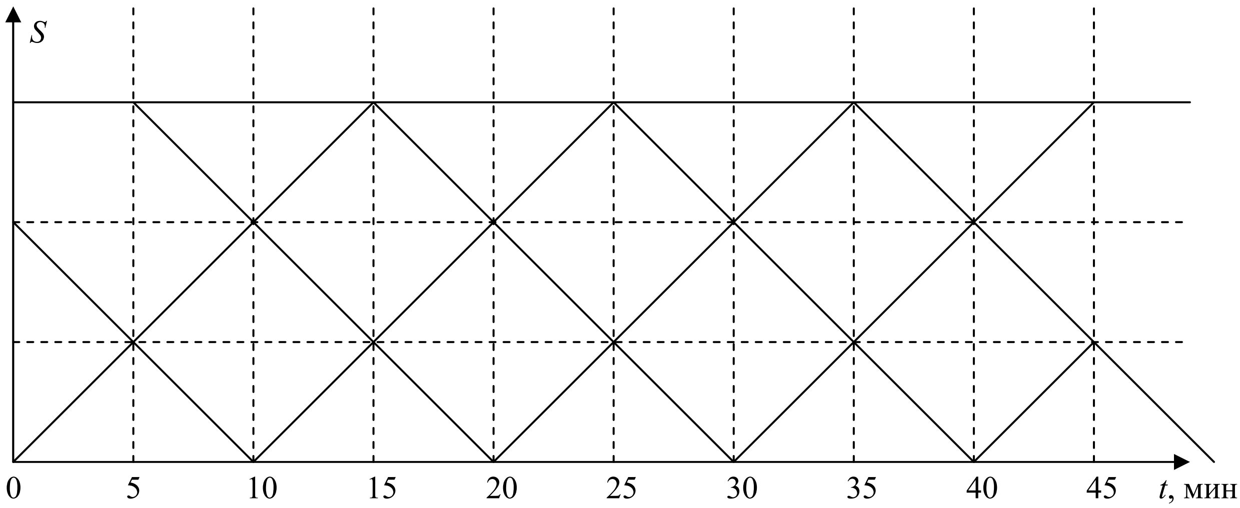


Рис. 14

Если один из трамваев сломается, то наилучшее расстояние между соседними трамваями увеличится до 3 перегонов. Однако, попытавшись построить график, аналогичный рис. 14, несложно понять, что в этом случае два трамвая одновременно подъедут к одному и тому же перегону с разных сторон и одному из них придется ждать (рис. 15). Это изменит весь дальнейший график, и интервал движения увеличится до 20 минут (например, между отмеченными на рис. 15 точками), а не 15-ти, как можно было бы ожидать. Заметим, что теперь между разными трамваями разные интервалы, но по условию нас интересует наибольший из них.

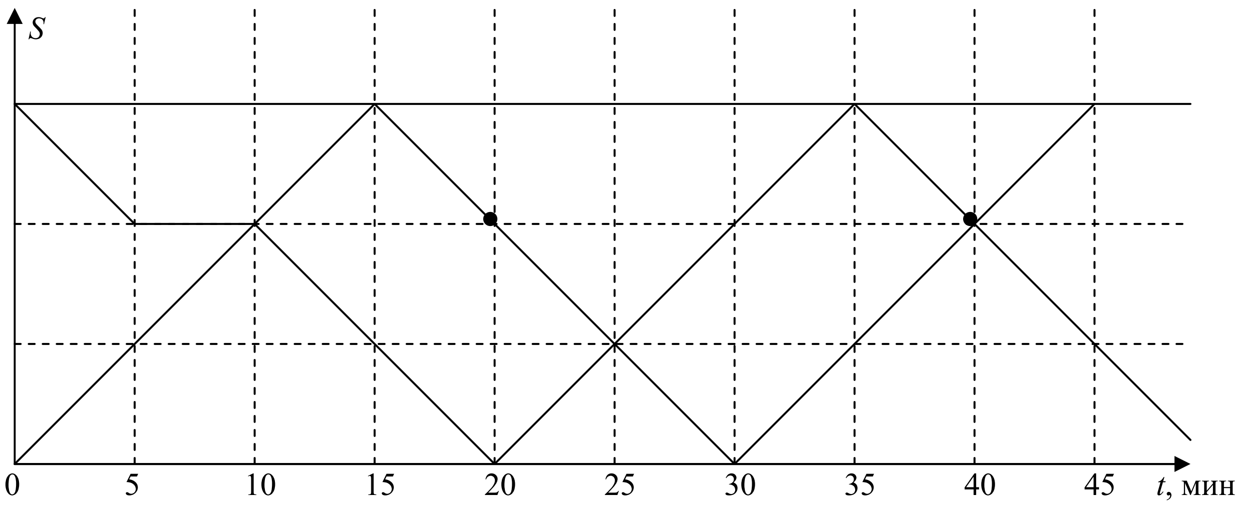


Рис. 15

Поскольку на линии всего три перегона, а на каждом из них может находиться только один трамвай, то одновременно на линии может находиться только три трамвая. Поэтому покупка четвертого не изменит интервала движения.

Ответ: а) 10 минут; б) 20 минут; в) 10 минут.

Критерии оценивания

Определен интервал движения для трех трамваев	2
Показано (любым способом), что при таком интервале организовать движение можно	3
Определен интервал движения для двух трамваев	3
Показано (любым способом), что добавление еще одного трамвая интервал не изменит	2

8-2. Пусть плотности и длины частей стержня ρ_1, l_1 и ρ_2, l_2 соответственно. Первоначальная масса стержня $m = (\rho_1 l_1 + \rho_2 l_2)\cdot S$, где S — площадь поперечного сечения. Если отрезать половину первой части, то масса стержня уменьшится до величины

$$m_1 = \left(\rho_1 \frac{l_1}{2} + \rho_2 l_2\right)\cdot S \ \mathbf{(1)}.$$

Если же отрезать половину второй части, то масса составит

$$m_2 = \left(\rho_1 l_1 + \rho_2 \frac{l_2}{2}\right)\cdot S \ \mathbf{(2)}.$$

По условию задачи

$$\frac{m - m_1}{m} = 0{,}1, \text{ следовательно, } m_1 = 0{,}9\cdot m \ \mathbf{(3)}$$

Тогда $\left(\rho_1 \frac{l_1}{2} + \rho_2 l_2\right)\cdot S = 0{,}9(\rho_1 l_1 + \rho_2 l_2)\cdot S, \Rightarrow \left(\rho_1 \frac{l_1}{2} + \rho_2 l_2\right) = 0{,}9(\rho_1 l_1 + \rho_2 l_2)$, откуда $0{,}9\rho_1 l_1 - \rho_1 \frac{l_1}{2} = 0{,}1\rho_2 l_2, \Rightarrow \frac{0{,}8}{2}\rho_1 l_1 = 0{,}1\rho_2 l_2, \Rightarrow 4\rho_1 l_1 = \rho_2 l_2$.

Следовательно

$$m = (\rho_1 l_1 + 4\rho_1 l_1)\cdot S = 5\rho_1 l_1 \cdot S, \text{ а } m_2 = (\rho_1 l_1 + 2\rho_1 l_1)\cdot S = 3\rho_1 l_1 \cdot S \ (4).$$

А нам нужно найти $x = \dfrac{m - m_2}{m} = 1 - \dfrac{m_2}{m}$. Поэтому $x = 1 - \dfrac{m_2}{m} = 1 - \dfrac{3}{5} = 0{,}4$, что соответствует 40%.

Ответ: уменьшилась бы на 40%

Критерии оценивания

Записано выражение (1)	2
Записано выражение (2)	2
Записано выражение (3)	1
Решена система уравнений, т.е. получено соотношение (4) или эквивалентное ему	3
Получен числовой ответ	2

8-3. Если налить в сосуд воду до высоты *H* над пробкой, то гидростатическое давление на уровне пробки будет равно ρgH. По закону Паскаля оно передается во все стороны, поэтому на пробку действует сила гидростатического давления ρgHS (*S* – площадь пробки, которая совпадает с площадью дырки), выталкивающая ее из сосуда. Тогда для одной пробки получаем $H=F/\rho gS=1$ м. В случае двух одинаковых пробок на каждую из них будет действовать одинаковая сила, поэтому ответ не изменится. В случае же пробки с большей площадью потребуется меньшая высота, рассчитываемая по той же формуле: 0,5 м.

Заметим, что полученная высота значительно превышает как расстояние от пробки до дна сосуда, так и характерный размер пробки (очевидно, он порядка 1 см). Поэтому изменением гидростатического давления в разных частях пробки можно пренебречь, а на вопросы участников «От дна или пробки отсчитывать высоту?» следует отвечать, что это не принципиально).

Ответ: в первом и втором случаях – 1 м, в третьем – 0,5 м.

Критерии оценивания

Связь гидростатического давления с высотой столба жидкости	2
Упоминание закона Паскаля	1
Связь давления и силы	1
Расчет высоты для трех случаев	по 2 балла, всего 6

8-4. Пусть x — масса льда в составе мокрого снега. Из условия задачи ясно, что весь мокрый снег превратился в воду при температуре $t_2 = 16$ °С. Это произошло за счет остывания калориметра на 8 °С, т.е.

$$C(t_1 - t_2) = m \cdot c_2 \cdot t_2 + x \cdot \lambda .$$

Отсюда $x = \dfrac{C(t_1 - t_2) - m \cdot c_2 \cdot t_2}{\lambda} = \dfrac{1254 \cdot 8 - 30 \cdot 10^{-3} \cdot 4{,}2 \cdot 10^3 \cdot 16}{340 \cdot 10^3} \approx 23{,}6$ г

Ответ: 23,6 г.

Критерии оценивания

Записана энергия, отданная калориметром	2
Записана энергия, полученная мокрым снегом	4
Записано уравнение теплового баланса	2
Получен численный ответ	2

9 класс

9-1. Основная сложность в задаче – корректно учесть тот факт, что отличающиеся на полный угол (т.е. 2π) значения переменной φ соответствуют одной точке. Для этого при вычислениях к значениям φ необходимо прибавлять величину $2\pi n$, подбирая n так, чтобы результат оказывался в интервале [0, 2π) (или в любом другом интервале длиной 2π. Наиболее наглядный (но не единственный!) способ понять, сколько нужно прибавить – это изобразить графики движения (рис. 16).

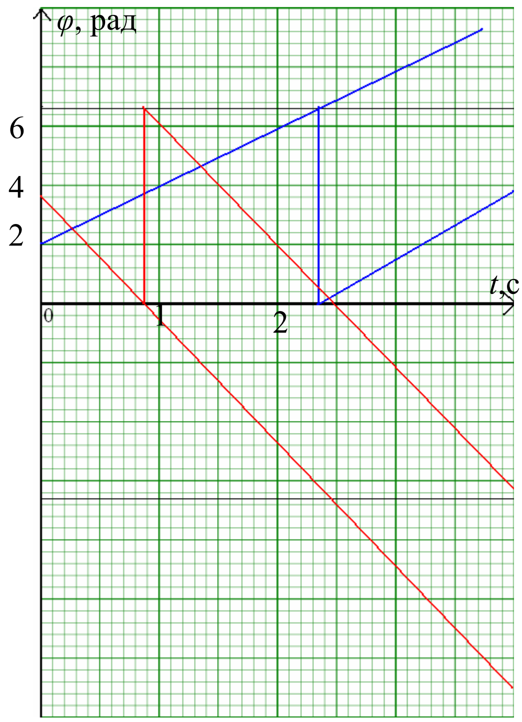


Рис. 16

Из них, в частности, видно, что момент первой встречи нужно искать из соотношения

$$2+2t_1=2\pi-3-4t_1, \quad (1)$$

что дает $t_1=(2\pi-5)/6\approx0{,}21$ с;

момент второй встречи – из соотношения

$$2+2t_2=4\pi-3-4t_2, \quad (2)$$

что дает $t_2=(4\pi-5)/6\approx1{,}26$ с,

а момент третьей встречи – из соотношения

$$-2\pi+2+2t_3=4\pi-3-4t_3, \quad (3)$$

что дает $t_3=(6\pi-5)/6\approx2{,}31$ с

Ответ: 0,23 с, 1,26 с, 2,31 с.

Критерии оценивания

Описание процедуры нормировки угла или построение графика	3
Записаны уравнения (1) и (2)	3
Записано уравнение (3)	2
Получены численные значения	2

9-2. Сначала проделаем некоторые вспомогательные вычисления: определим путь, который проходит один автомобиль за время торможения (или разгона): $s_0=\dfrac{v_0^2-(v/2)_0^2}{2a}=\dfrac{v_0^2-(v_0/2)^2}{2(v_0-v_0/2)}\tau=150$ м (здесь v_0=20 м/с и τ=10 с – начальная скорость автомобиля и время торможения), а также время, в течение которого автомобили движутся с пониженной скоростью 36 км/ч:

$$\tau_1=(550\text{ м} - 150\text{ м}+10\text{ м})/10\text{ м/с}=41\text{ с}.$$

По определению, длина колонны определяется положением первого и последнего автомобиля, поэтому можно записать

$$L(t)=L_0+S_f(t)-S_l(t),$$

где L_0 –длина колонны в начальный момент времени, S_f и S_l – пути, пройденные первым и последним автомобилем за время t. Поэтому мгновенная скорость изменения длины колонны определяется мгновенными скоростями изменения S_f и S_l, т.е. мгновенными скоростями первого и последнего автомобилей. Очевидно, что длина колонны будет уменьшаться до тех пор, пока скорость первого автомобиля меньше, чем скорость последнего. Поэтому **минимальная длина колонны будет достигнута в тот момент, когда скорости первого и последнего автомобиля совпадут.**

Поскольку время, в течение которого первый автомобиль преодолевает аварийный участок, равно 41+10=51 с и больше, чем время, которое проходит до начала торможения последнего автомобиля (1000 м/20м/с=50 с), то описанная ситуация возникнет в тот момент, когда первый автомобиль разгоняется, а второй – тормозит. Учитывая, что разгон начинается на 1 с позже, чем торможение, запишем $v_0–at=v_0/2+a(t–t_0)$, где $a=v_0/2\tau=1$ м/с^2, t_0=1с. Из этого уравнения находим $t= v_0/2a+t_0/2=5{,}5$ с, т.е. минимальная длина колонны будет достигнута через 5,5 с после начала торможения последнего автомобиля, или через 55,5 с от начала торможения первого автомобиля.

Теперь несложно найти и саму минимальную длину: за эти 5,5 с последний автомобиль пройдет по аварийному участку $20\cdot5{,}5–5{,}5^2/2=94{,}875$ м, а первый отъедет от аварийного участка на $10\cdot4{,}5+4{,}5^2/2=55{,}125$ м. Таким образом, с учетом длины первого и последнего автомобиля, минимальная длина колонны составит 550+55,125–94,875+10+10=530,25 м.

Ответ: 530,25 м (допускается округление до целых метров), через 55,5 с.

Критерии оценивания

Вычислены s_0 и τ_1 (возможно, в неявном виде)	2
Сформулировано условие минимальности длины колонны	2
Определен момент времени, в который скорости первого и последнего автомобилей равны	3
Вычислена минимальная длина колонны	3

9-3. Если бы при погружении рычаг оставался горизонтальным, то расстояние от дна сосудов до цилиндров было бы одинаковым. Но поскольку сосуды имеют конечные и различные площади основания, то уровень воды в меньшем сосуде при этом был бы выше, чем в большем, поэтому сила Архимеда, действующая на левый груз, была бы больше, чем на правый, и правый груз начал бы опускаться; поэтому стрелка будет отклоняться вправо.

Условием равновесия рычага будет равенство разностей сил тяжести и Архимеда, действующих на цилиндры. Поскольку цилиндры одинаковые, то для этого должны быть равны действующие на них силы Архимеда. Сила Архимеда, действующая на частично погруженный в воду цилиндр (обозначения понятны из рис. 17, h_0 – высота воды в сосуде до погружения цилиндра, S – площадь основания цилиндра), определяется как $F_A=g\rho h_{погр}S$. Поэтому для равенства сил Архимеда необходимо равенство погруженных в воду частей цилиндров.

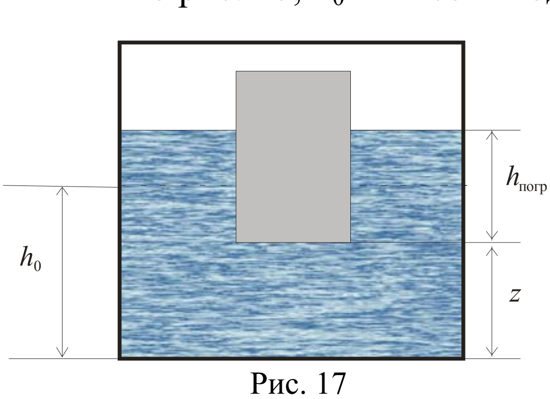


Рис. 17

Вытесненный цилиндром объем воды $V_{выт}=(h_0–z)S$. Этот объем распределяется между стенками цилиндра и боковыми стенками сосуда, в результате чего уровень воды оказывается выше первоначального на

$h_{выт}= V_{выт}/(S_{1,2}–S)$, где $S_{1,2}$ – площадь дна левого либо правого сосуда соответственно. Тогда

$$h_{погр}=h_0+ h_{выт}–z=(h_0–z_{1,2})(1+ S/(S_{1,2}–S)).\ (1)$$

Отсюда получаем $z_{1,2}=h_0– h_{погр}/(1–S_{1,2}/S)$.

Из рис. 18 видно, что угол отклонения стрелки определяется по формуле $\sin\varphi = \frac{\delta z}{l} = \frac{z_1 - z_2}{2l}$ (2), что с учетом полученного ранее дает

$$\sin\varphi = \frac{h_{погр}}{2l}\left(\frac{S}{S_1} - \frac{S}{S_2}\right).\ (2)$$

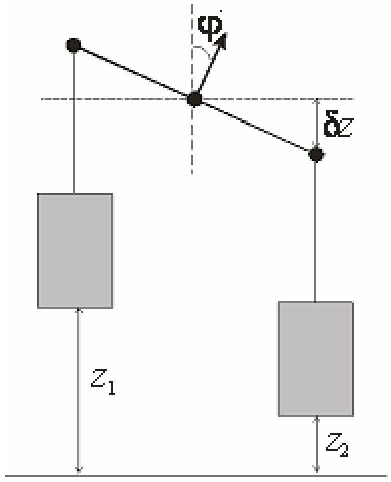


Рис. 18

Требуемое максимальное значение угла будет достигнуто при максимальном $h_{погр}$, равном высоте цилиндров. Подставляя числовые значения, получаем $\sin\varphi=0{,}5$, $\varphi=30^o$.

Ответ: на 30^o вправо.

Критерии оценивания

Показано, что стрелка отклоняется вправо	2
Обосновано, что в равновесии равны погруженные объемы цилиндров	2
Получена формула (1)	3
Получена формула (2)	2
Получен ответ	1

9-4. Если бы вся энергия шла только на нагрев воды, то время закипания второго чайника превышало бы время закипания первого в два раза. Поскольку это не так, то энергия идет не только на нагрев воды, а т.к. потерями мы пренебрегаем по условию, то остается единственная возможность – теплоемкостью чайника в этой задаче пренебречь нельзя.

Пусть Q – количество тепла, которые нужно для нагрева до кипения 0,5 л. воды, а q – для нагрева на эту же температуру чайника. Тогда уравнения теплового баланса для двух первых чайников будут иметь вид $Pt_1=Q+q$ и $Pt_2=2Q+q$, откуда находим $Q/P=160$ с и $q/P=20$ с. Тогда несложно найти время закипания третьего чайника $160\cdot4+20=660$ с

Ответ: 660 с.

Критерии оценивания

Идея о необходимости учета теплоемкости чайника (не обязательно с обоснованием)	3
Запись уравнений теплового баланса для двух первых чайников	4
Получение численного ответа	3

9-5. Для левого резистора R по закону Ома R=7В/10мА=700 Ом.

Резисторы $2R$, $5R$ и R подключены параллельно друг другу, поэтому падения напряжения на всех них равны 3 В. Тогда токи через них равны 3В/1400 Ом=2,14 мА, 3В/3500 Ом =0,86 мА и 3В/700 Ом =4,29 мА.

Поскольку заряд нигде не накапливается, то ток через резистор $3R$ есть разность входного тока 10 мА и токов через остальные резисторы: 10–2,14–0,86–4,29=2,71 мА, тогда падение напряжения на нем 2,71мА·2100 Ом=5,7 В.
Ответ: в ответе целесообразно полученные значения округлить до десятых.

Критерии оценивания

Определено R	2
Вычислены токи в параллельных резисторах	3 (по одному за каждый)
Вычислен ток в правом резисторе	3
Вычислено падение напряжения на правом резисторе	2

10 класс

10-1. Пусть ускорения первого и третьего грузов направлены влево, а второго – вправо (такой выбор никак не умаляет общности решения, поскольку если в действительности ускорения направлены по-другому, они окажутся отрицательными).

Запишем второй закон Ньютона для каждого груза (см. рис. 19):

$$m_1a_1=F-T$$
$$-m_2a_2=-T$$
$$m_3a_3=2T,$$

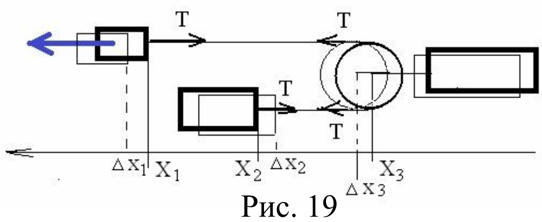


Рис. 19

где T – сила натяжения нити, она одинакова вдоль всей нити, поскольку нить нерастяжима, а блоки невесомы.

В этой системе 4 неизвестных и только 3 уравнения. Чтобы получить четвертое, нужно записать условие постоянства длины нити:

$$(X_1 - X_3) + (X_2 - X_3) = \left[(X_1 + \Delta x_1) - (X_3 + \Delta x_3)\right] + \left[(X_2 - \Delta x_2) - (X_3 + \Delta x_3)\right]$$

(здесь X – координаты грузов в начальный момент, а ΔX – их смещения за некоторый малый интервал времени Δt, см. рис. 19). Из этого уравнения находим $\Delta x_1 - \Delta x_2 - 2\Delta x_3 = 0$. Поделив это соотношение на Δt, находим, что аналогичному соотношению удовлетворяют и скорости: $\Delta v_1 - \Delta v_2 + 2\Delta v_3 = 0$. Повторив эту процедуру еще раз, получим соотношение для ускорений: $a_1 - a_2 - 2a_3 = 0$.

Решая с учетом этого соотношения исходную систему, найдем искомые ускорения: a_1=12,93 м/с^2, a_2=3,53 м/с^2, a_3=4,70 м/с^2

Ответ: a_1=12,93 м/с^2, a_2=3,53 м/с^2, a_3=4,70 м/с^2

Критерии оценивания

Записан второй закон Ньютона для всех грузов	3
Получена связь между ускорениями грузов	4
Вычислены ускорения грузов	3

10-2. Пусть S – путь, пройденный телом m до остановки. Изменение потенциальной энергии груза M при этом было затрачено на работу против сил трения

$$Mgh = \mu mgS. \quad (1)$$

Пусть x – путь, пройденный телом к моменту начала замедленного движения. Это состояние характерно тем, что сумма действующих на тело сил равна нулю. Поскольку тело и груз связаны нерастяжимой нитью, то равна нулю и сумма сил, действующих на груз, откуда

$$Mg\cos\alpha = \mu mg\,, \tag{2}$$

где α – угол между нитью и вертикалью в точке подвеса груза, находящейся благодаря блоку в середине нити между столом и стенкой и имеющей в данный момент длину $(x + a)$. Тогда

$$\sin\alpha = \frac{a}{x+a} \tag{3}$$

Выражая из (1) S, а из (2) и (3) x, найдем искомое расстояние:

$$S - x = \frac{M}{\mu m}h + a\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{\mu m}{M}\right)^2}}\right).$$

Ответ: $\frac{M}{\mu m}h + a\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{\mu m}{M}\right)^2}}\right)$.

Критерии оценивания

Записано уравнение (1)	2
Сформулировано условие равенства нулю суммы сил в момент начала замедленного движения	2
Записано уравнение (2)	2
Записана формула (3)	2
Получен ответ	2

10-3. При перемещении правого поршня вправо на расстояние l левый поршень переместится в ту же сторону на некоторое расстояние x. Условие равновесия левого поршня имеет вид: $p_0S - kx - p_1S = 0$ (1)

Отсюда давление воздуха между поршнями

$$p_1 = p_0 - \frac{kx}{S}.$$

Из закона Бойля–Мариотта следует равенство

$$p_0 l = p_1(2l - x) \quad (2)$$

Исключая из этих соотношений x, получаем квадратное уравнение относительно p_1:

$$p_1^2 - \left(p_0 - \frac{2kl}{S}\right)p_1 - \frac{p_0 kl}{S} = 0.$$

Выбирая положительный корень этого уравнения, получаем ответ:

$$p_1 = \frac{p_0}{2} - \frac{kl}{S} + \sqrt{\frac{p_0^2}{4} + \left(\frac{2kl}{S}\right)^2}.$$

Ответ: $p_1 = \dfrac{p_0}{2} - \dfrac{kl}{S} + \sqrt{\dfrac{p_0^2}{4} + \left(\dfrac{2kl}{S}\right)^2}$

Критерии оценивания

Записано условие равновесия левого поршня после перемещения правого (1)	3
Записано соотношение (2)	3
Получено и сведено к квадратному уравнение относительно p_1	3
Получен ответ	1

10-4. Обозначим U_0=100 В напряжение источника, U=30 В – показания вольтметра при разомкнутом ключе, R_1 и R_2 – сопротивления частей реостата, находящихся слева и справа от ползунка. До замыкания ключа они подключены последовательно, поэтому $R_1/R_2=(U_0–U)/U=7/3$, откуда R_2=3 кОм, R_1=7 кОм. После замыкания ключа последовательно подключены сопротивления R_1 и $R' = R_2R_н/(R_2+R_н)$=2,6 кОм. Тогда показания вольтметра определятся как $U' = U_0 R'/(R_1+R')$=27 В.

Ответ: 27 В.

Критерии оценивания

Определены сопротивления частей реостата	3
Определено эквивалентное сопротивление R'	3
Записана формула для новых показаний вольтметра	3
Получен числовой ответ	1

10-5. *1 вариант*: нужно построить ход лучей, исходящих из характерных точек кораблика (A, B и C) и идущих параллельно поверхности воды (см. рис. 20). Из рисунка видно, что изображение будет повернуто на 90° относительно горизонтальной оси, т.е. кораблик «ляжет на бок» (а горизонт станет вертикальным).

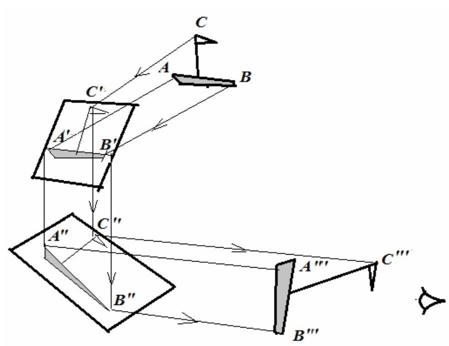


Рис. 20

2 вариант: Возможен и более формальный вариант решения, не требующий хорошего пространственного воображения.

Для простоты обозначим основание мачты точкой D и далее будем строить изображение двух перпендикулярных отрезков AB и CD в зеркалах (рис. 21). На рис. 21а изображен сам объект. Плоскостью рис. 21б является вертикальная плоскость, содержащая отрезок CD, эта плоскость перпендикулярна плоскости первого зеркала. Отрезок AB перпендикулярен этой плоскости и параллелен плоскости первого зеркала, поэтому его изображение имеет такую же ориентацию, что и сам отрезок. А отрезок CD расположен под углом 45° к плоскости зеркала, поэтому его изображение окажется повернуто на 90°, т.е. после отражения в первом зеркале изображение мачты станет горизонтальным, а

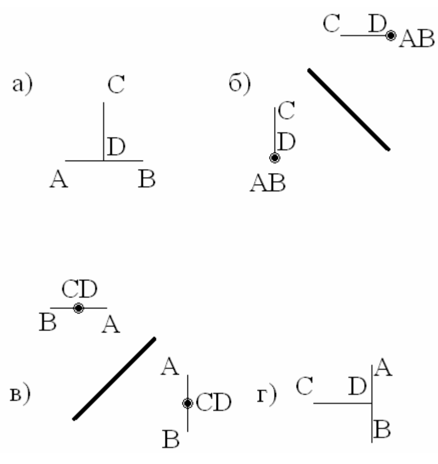


Рис. 21

изображение корпуса останется горизонтальным (кораблик «лег на бок»).

Плоскость рис. 21в является вертикальной плоскостью, перпендикулярной второму зеркалу, следовательно, она повернута на 90° относительно плоскости рис. 21б. Теперь отрезок CD параллелен зеркалу и при отражении не меняет своей ориентации, а отрезок AB, напротив, образует с зеркалом угол 45° и после отражения поворачивается на 90°, т.е. становится вертикальным (корпус кораблика «встает на нос»). Таким образом, после двух отражений кораблик поворачивается на 90° по часовой стрелке (естественно, вместе с линией горизонта), именно эту картину и видит наблюдатель (рис. 21г).

Ответ: изображение будет повернуто на 90° по часовой стрелке, т.е. кораблик «встанет на нос».

Критерии оценивания

При первом способе

Идея о построении характерных лучей	3
Правильно построен ход лучей	5
Построено изображение	2

При втором способе

Построено изображение в первом зеркале (с обозначением характерных точек)	4
Построено изображение во втором зеркале	4
Описана наблюдаемая картина	2

11 класс

11-1. Во-первых, обратим внимание, что сумма квадратов скоростей всех шариков равна удвоенному квадрату скорости шарика. Это означает, что в начальный момент времени отличную от нуля скорость имеют только два шарика, причем вследствие равенства нулю суммарного импульса направления скорости у них различны.

Из условия следует, что импульс и энергия всей системы сохраняются. Поскольку массы всех шариков равны, то при столкновениях друг с другом шарики «обмениваются» скоростями: при столкновении движущегося шарика с неподвижным первый останавливается, а второй начинает двигаться; после столкновения шариков, движущихся навстречу друг другу, каждый движется в обратном направлении с прежней скоростью, поэтому в любой момент времени в системе будет двигаться только два шарика. (В общем случае возможны и «тройные» столкновения, при которых два шарика одновременно с разных сторон налетают на покоящийся третий, однако при выполнении условия 3 и четном числе шариков такой вариант невозможен.)

Из условий задачи следует, что в начальный момент скорости крайних шариков системы были либо а) направлены от ее центра, либо б) направлены к ее центру, либо в) равны нулю.

В начальный момент расстояние между крайними шариками равно 2013·6=12078 см. Тогда в варианте а) на его утроение потребуется 12078·2/22=1098 с, что не совпадает с указанным в условии временем.

Для анализа вариантов б) и в) рассмотрим процесс соударения шариков. При столкновении движущихся навстречу друг другу шариков каждый из них сначала проходит расстояние $l–d$ (l – расстояние между шариками, d – диаметр шарика), а затем мгновенно меняет скорость, что можно (поскольку шарики одинаковые) интерпретировать как мгновенное «перемещение» шарика на расстояние d. Поэтому кинематически получается, что каждый шарик проходит расстояние l за время $(l–d)/v$.

При столкновении шарика с неподвижным рассуждения относительно движущегося шарика совпадают с изложенными выше, однако при этом неподвижный шарик мгновенно перемещается на расстояние d. Однако вследствие условия 3 любому столкновению движущегося, например, влево шарика с неподвижным через некоторое время будет соответствовать столкновение движущегося вправо шарика с этим же неподвижным, в результате которого он переместится обратно. Таким образом, можно считать, что при движении шариков они, не сталкиваясь, проходят сквозь друг друга, но при этом движутся со скоростями $vl/(l–d)$=13,2 см/с.

Тогда в случае б) крайние шарики проходят всю систему «насквозь» за 12078/13,2=915 с. Далее они движутся со скоростями 11 м/с, и расстояние между ними утроится за 915+12078/11=2013 с, что соответствует условию. Увеличится же в пять раз оно еще за 12078/11=1098 с, т.е. всего за 3111 с от начала движения.

В случае в) при любом начальном положении движущихся шариков им нужно пройти меньший путь, чтобы «запустить» крайние шарики, следовательно, разлет начнется раньше и время утроения расстояния окажется меньше, что не соответствует условию.

Ответ: через 3111 с после начала движения.

Критерии оценивания

Обосновано, что в любой момент движутся ровно два шарика	3
Анализ варианта а)	1
Идея о «прохождении» шариков друг через друга при соударениях	1
Расчет эффективной скорости движения с соударениями	2
Анализ варианта б), в том числе получение ответа	2
Отклонение варианта в)	1

11-2. В соответствии с молекулярно-кинетической теорией, давление газа на поверхность создается за счет упругого отражения молекул от нее и прямо пропорционально концентрации молекул газа: $p=\alpha n$ (для идеального газа $\alpha=kT$, однако для решения этой задачи конкретное выражение для α неважно).

Если же некоторая доля ε молекул проходит через поверхность, то давление газа станет в $(1–\varepsilon)$ раз меньше, т.к. эти молекулы с поверхностью не взаимодействуют. Тогда давление газа на синюю и красную поверхности вычисляются как $p_{син}=\alpha(1-\varepsilon_{син})n=(1-\varepsilon_{син})p_0$; $p_{кр}=(1-\varepsilon_{кр})p_0$, где p_0 – нормальное атмосферное давление, $\varepsilon_{син}$=0,02; $\varepsilon_{кр}$=0,01 – доли молекул, пропускаемых соответствующими поверхностями.

Тогда разность давлений Δp=($\varepsilon_{син}$– $\varepsilon_{кр}$)p_0, причем давление на красную поверхность больше, поэтому она должна располагаться снизу. Теперь несложно найти и необходимую площадь пластины: $S_{\min} = \dfrac{mg}{p_0(\varepsilon_{син} - \varepsilon_{кр})}$=0,6 м^2.

Ответ: 0,6 м^2, красной стороной вниз.

Критерии оценивания

Записана связь давления газа с концентрацией молекул	2
Получены формулы для давления на синюю и красную стороны	4
Подсчитана разность давлений и указано, какая сторона должна быть снизу	2
Получен ответ	2

11-3. Для определения КПД воспользуемся формулой $\eta = \dfrac{Q^+ - Q^-}{Q^+}$, где Q^+ и Q^- – количества теплоты, полученные от нагревателя и отданные холодильнику соответственно.

В указанном цикле газ получает тепло только на участке 2–3, а отдает его только на участке 4–1.

Количество вещества газа можно вычислить по данным, соответствующим т.1: $\nu = \dfrac{p_1V_1}{RT_1} = 0{,}08$ моль.

Поскольку процесс 4-1– изохорный, то Q^-=2,5$R\nu(T_4–T_1)$=620 Дж (воздух – практически полностью состоит из двухатомных газов).

Процесс 2–3 изобарный, поэтому Q^+=3,5$R\nu(T_3–T_2)$. Температуру в т. 2 можно определить из уравнения состояния: $\dfrac{p_1V_1}{T_1} = \dfrac{p_2V_2}{T_2}$, откуда

$T_2 = T_1\dfrac{30}{1}\dfrac{1}{12} = 750$ К =477ºС. Тогда Q^+=752 Дж, и η=17,5%.

Ответ: 17,5 %

Критерии оценивания

Записана формула для КПД через теплоты нагревателя и холодильника	2
Определено количество вещества	1
Вычислено Q^-	2
Вычислено Q^+	4
Получен ответ	1

11-4. Пусть заряды, входящие в диполь, равны $+q$ и $–q$, а расстояние между ними d ($p=qd$). Тогда поле на оси диполя на расстоянии r от него определится как суперпозиция полей образующих диполь зарядов:

$$E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r+d)^2}\right) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(r+d)^2 - r^2}{r^2(r+d)^2} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2rd + d^2}{r^2(r+d)^2} \approx \frac{qd}{2\pi\varepsilon_0 r^3} = \frac{p}{2\pi\varepsilon_0 r^3}$$

(Вместо вычисления допускается запись известного участнику выражения для поля диполя.) Поскольку $r>>b$, изменением величины этого поля в пределах проводника пренебрежем.

Появление поля приводит к появлению на торцах проводника индуцированных зарядов Q, таких, что суммарное поле внутри проводника оказывается равным нулю. Рассчитывая (для оценки) поле, создаваемое этими зарядами, как поле плоского конденсатора, получаем $E=\frac{qd}{2\pi\varepsilon_0 r^3}=\frac{Q}{a^2\varepsilon_0}$, откуда $Q=q\frac{da^2}{2\pi r^3}$, причем отрицательный заряд расположен на ближнем к диполю конце. Тогда сила взаимодействия диполя с наведенными зарядами определится как $F=Q(E(r)-E(r+b))=q^2\frac{da^2}{2\pi r^3}\frac{d}{2\pi\varepsilon_0}(\frac{1}{r^3}-\frac{1}{(r+b)^3})\approx\frac{3p^2a^2b}{2\pi^2r^7}$, причем это сила притяжения.

Ответ: $\frac{3p^2a^2b}{2\pi^2r^7}$

Комментарий: полученная формула хорошо описывает силы притяжения, возникающие между неполярными молекулами при довольно больших расстояниях между ними, и соответствует второму слагаемому т.н. потенциала Леннард-Джонса $U(r)=\frac{a}{r^{12}}-\frac{b}{r^6}$, широко используемому для моделирования молекулярной динамики.

Критерии оценивания

Расчет поля диполя либо запись правильной формулы для него	3
Расчет величины наведенных зарядов	3
Запись исходной формулы для силы взаимодействия	1
Корректный учет малых величин и получение правильного ответа	3

Рекомендации проверяющему: 1. при оценке правильности ответа решающее значение должен иметь закон зависимости силы от r. Если он отличается от r^{-7}, за ответ рекомендуется выставлять 0 баллов, в случае правильной степени, но ошибки в числовом коэффициенте можно выставить 1 или 2 балла.

2. Также допустимы и иные способы оценки поля наведенных зарядов, если они приводят к совпадающему по порядку величины результату.

11-5. Построим ход лучей в сосуде с водой (рис. 22). С учетом малости углов падения α и преломления β закон преломления имеет вид $n\alpha=\beta$.

На основе рисунка несложно записать следующие геометрические соотношения: $r=(H-h)\beta+h\alpha$, $R=H\beta$. Тогда коэффициент увеличения

$$k=\frac{R}{r}=\frac{n}{n-\frac{h}{H}(n-1)}.$$

Несложно сообразить, что максимальное значение k достигается при $h=H$ (т.е. когда глаз Глюка расположен прямо у поверхности воды) и равно n. Очевидно, что для этого стакан надо заполнить водой полностью, т.е. до высоты 20 см.

Ответ: 1,33 раза; до высоты 20 см.

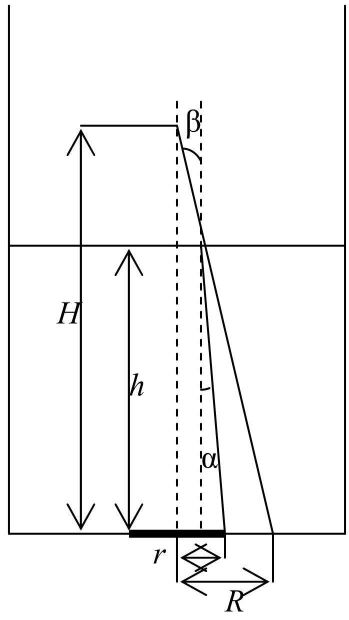


Рис. 22

Критерии оценивания

Построен ход лучей в системе, объясняющий эффект увеличения монеты	4
Записан закон преломления с учетом малости углов	1
Получена формула для коэффициента увеличения	2
Получено условие его максимальности	2
Получен числовой ответ	1

Рекомендации
по организации и проведению олимпиады

1. Продолжительность олимпиады: 7 класс – 120 минут, 8 класс – 180 минут, 9–11 класс – 240 минут. Время начала олимпиады – 10^{00} 7 декабря.
2. Условия задач необходимо предварительно размножить в количестве, достаточном для раздачи каждому участнику. По окончании олимпиады участник может забрать свой экземпляр условий с собой.
3. Необходимо, чтобы хотя бы один член жюри каждой параллели заблаговременно ознакомился с решениями задач. Это даст возможность адекватно отвечать на вопросы участников. Если при знакомстве с решениями остаются неясные моменты, необходимо выяснить их у методической комиссии (контакты см. на с.2), желательно до начала олимпиады.
4. Желательно, чтобы участники олимпиады имели при себе непрограммируемый научный калькулятор. Желательно также иметь в аудитории один такой калькулятор «общего пользования», особенно если в задачах данной параллели требуется вычисление тригонометрических функций, корней и т.п. Использование любых средств связи, в т.ч. встроенных в них калькуляторов, компьютеров, а также учебных пособий, таблиц, справочников и т.п. запрещается. **Все необходимые для решения табличные данные приведены в условии задач.** Исключение могут составлять лишь общеизвестные константы (плотность воды, универсальная газовая постоянная, ускорение свободного падения на Земле, нормальное атмосферное давление и т.п.), знание которых, вообще говоря, обязательно для хорошо знающего физику ученика, поэтому просьбы подсказать какие-либо табличные данные следует игнорировать.
5. Во время проведения олимпиады в аудитории должна соблюдаться тишина, при этом желательно, чтобы каждый участник олимпиады сидел за отдельным столом.
6. Необходимо проконтролировать, чтобы участники подписали работы до начала олимпиады. Необходимо предупредить участников, что по истечении времени тура дополнительного времени для подписи работы предоставлено не будет.
7. Участники имеют право задавать вопросы по условиям задач членам жюри. Если участники одного класса располагаются в нескольких аудиториях, то существенные вопросы и ответы на них должны быть озвучены во всех аудиториях данного класса сразу после возникновения.

8. За 1 час, 30 минут и 10 минут до окончания времени олимпиады необходимо объявить об этом всем участникам. По истечении времени олимпиады участники должны сдать работы. Участник, отказывающийся по окончании времени олимпиады сдать работу, дисквалифицируется, его работа не проверяется.
9. Участник имеет право сдать работу ранее окончания полного времени олимпиады, после чего обязан немедленно покинуть аудиторию. Сразу после окончания олимпиады необходимо провести разбор заданий. Информацию о времени и месте проведения разбора, а также времени и способе объявления результатов, времени и месте проведения апелляции необходимо довести до сведения участников во время олимпиады.

Рекомендации по проверке работ

1. Рекомендуется организовать проверку так, чтобы одну и ту же задачу во всех работах проверял один и тот же человек, в этом случае уверенность в том, что одинаковые решения будут оценены одинаковым числом баллов (а это основное требование к проверке), существенно выше. Идеальный вариант достигается, если каждый член жюри проверяет только одну задачу. Такая система не исключает, однако, обсуждения отдельных решений (как правило, нестандартных) всеми членами жюри.

2. При оценивании следует помнить, что **олимпиада не контрольная работа и не ЕГЭ**, она имеет целью выявить учеников, способных творчески применять полученные знания, а не аккуратно записывать известные формулы. Поэтому основное внимание следует уделить оцениванию сути решения, а не его оформления. **Категорически запрещается** снимать баллы за отсутствие записи краткого условия, перевода величин в систему СИ, вычисления «в числах», а не в общем виде, отсутствие рисунка (если это не мешает пониманию сути решения). Также не следует снимать баллы за отсутствие пояснений общеизвестных вещей (например, если участник пишет условие равенства суммы всех сил нулю, но не указывает, что это второй закон Ньютона для покоящегося тела), интуитивно понятных обозначений (если, например, в задаче всего два тела, движущихся равномерно, то не требуют специального пояснения обозначения v_1 и v_2), пропуск тривиальных этапов в решении (если второй закон Ньютона пишется сразу в проекциях на наклонную плоскость). Вообще рекомендуется не требовать чересчур подробных пояснений: если Вы поняли, о чем идет речь и почему участник пишет эти формулы, не надо придираться к тому, что они недостаточно пояснены.

3. Поскольку состав участников регионального этапа будет сформирован на основании общего рейтинга по всем районам, необходимо постараться, чтобы оценка работы не зависела от места проведения олимпиады. Для этого **при проверке необходимо придерживаться указанных после решения задачи критериев.** При этом:

а) При оценке по критериям допускается выставление не полного балла, если соответствующий пункт выполнен не полностью. Например, если за запись некоторой формулы ставится 3 балла, а участник записывает ее неверно, допускается поставить ему 2, 1 или 0 баллов в зависимости от того, сколь существенна, по мнению проверяющего, ошибка в формуле.

б). Помимо указанных после каждой задачи частных критериев, необходимо использовать два универсальных:

если участник приступил к решению задачи, но *связанных с ней* здравых идей не предложил, то ставится *1 балл*. Рекомендуется так же оценивать решения, ограничившиеся сделанным рисунком (если иное явное не указано в критериях к задаче), а также сколь угодно длинные перечисления формул, не относящихся к данной задаче;

если участник не приступал к решению, либо написал только ответ, пусть даже и правильный, ставится *0 баллов.*

в). Если решение участника значительно отличается от авторского, и применить рекомендуемые критерии не представляется возможным, проверяющий должен разработать собственные критерии, по возможности совпадающие с авторскими в ключевых точках решения. Если же невозможно и это (большая просьба информировать методическую комиссию о столь нестандартных решениях), следует ориентироваться на следующие общие правила:

10 – задача решена правильно и все существенные моменты решения корректно объяснены.

8-9 – задача решена правильно, но некоторые существенные моменты решения объяснены недостаточно корректно, *либо* имеется числовая ошибка, не приведшая к очевидно неверному ответу[1].

6-7 – задача в целом решена правильно, но имеется алгебраическая ошибка, не приведшая к очевидно неверному ответу, *либо* явно недостаточны пояснения к решению, *либо* не рассмотрена одна из возможных ситуаций, оказавшаяся несущественной для решения.

[1] То есть к ответу, неправильность которого очевидна без специальной проверки (скорость пули сравнима со скоростью света, или скорость пешехода превышает скорость автобуса, или размер зерна сравним с размером атома и т.п.), а также несовпадающему с искомой величиной по размерности.

4-5 – основная идея решения верна, но имеется ошибка, не позволившая ее развить, *либо* не рассмотрена одна из существенных для решения ситуаций, *либо* введены некорректные предположения, упростившие задачу, *либо* в правильном решении допущена арифметическая или алгебраическая ошибка, приведшая к очевидно неверному ответу.

2-3 – имеются правильные рассуждения, которые не могут привести к верному решению без использования дополнительных соображений.

1 – участник приступил к решению задачи, но *связанных с ней* здравых идей не предложил. Рекомендуется сюда же относить решения, ограничившиеся сделанным рисунком, а также сколь угодно длинные перечисления формул, не относящихся к данной задаче.

0 – участник не приступал к решению. Сюда же относится указание **только** ответа, пусть даже и правильного.

4. Любое полное правильное решение, независимо от способа (возможно, нерационального) должно быть оценено в 10 баллов. Снижение баллов за нерациональный способ решения не допускается.

5. Любые записи, относительно которых ясно, что участник считает их неверными (например, зачеркнутые), не оцениваются, даже если они верны.

Если в работе содержится несколько решений одной и той же задачи, то следует придерживаться следующих правил:

А. Если комментарии участника позволяют определить, какое из решений он считает верным (например, все другие зачеркнуты), то оценивается именно оно, даже если оно неверно.

Б. Если все решения верны (например, приведено несколько верных способов решения), то оценивается наилучшее из них.

В. Если есть как верные, так и неверные решения, и при этом комментарии участника не позволяют определить, какое из них он считает верным, то оценивается наихудшее решение.

6. По решению жюри черновики работ могут проверяться либо не проверяться, при этом принятое решение должно быть объявлено участникам до начала олимпиады. Если принято решение проверять черновики, то рекомендуется придерживаться следующих правил:

А. Если в чистовике имеется завершенное (неважно, верное или нет) решение задачи, то черновик этой задачи не оценивается, даже если бы в нем содержалось верное решение

Б. Если решение в чистовике не завершено, а в черновике содержится его продолжение, то оно оценивается как если бы оно было изложено в чистовике. При этом другие версии решения, содержащиеся в черновике, не оцениваются.

В. Если в чистовике решение задачи отсутствует, то проверяется черновик. Если при этом в черновике содержится несколько принципиально различных решений, то следует придерживаться приведенных выше для чистовика правил.

Программа II (муниципального) этапа
Всероссийской олимпиады школьников по физике (Саратовская область)

Составлена региональной методической комиссией на основании рекомендаций методической комиссии по физике Всероссийской олимпиады школьников

Вводные замечания

1. Поскольку без привлечения соответствующего математического аппарата невозможно не только решение задач, но часто и понимание сути происходящих явлений, то для каждого класса указан, помимо «физических» сведений, необходимый уровень математической подготовки и культуры, которым должен обладать участник олимпиады.

2. Программа каждого класса, помимо перечисленных тем, полностью включает программы всех младших классов

7 класс

Общие представления

1. Измерение физических величин. Единицы физических величин. Цена деления. Погрешность измерения – общие представления. Абсолютная и относительная погрешность.

Механика

2. Механическое движение. Путь. Перемещение. Равномерное движение. Скорость. Средняя скорость. Построение графиков движения и работа с ними. Сложение скоростей для тел, движущихся вдоль одной прямой.
3. Инерция. Взаимодействие тел – на качественном уровне. Масса. Плотность.

Математические умения: проведение арифметических вычислений, в том числе с числами в стандартной форме.

8 класс

Механика

1. Силы в природе (упругости, трения – на качественном уровне, тяжести). Сложение сил, направленных вдоль одной прямой. Равнодействующая.
2. Механическая работа, мощность, энергия. Давление.
3. Простые механизмы: блок, рычаг. Момент силы. Правило моментов для сил, направленных вдоль параллельных прямых. Золотое правило механики. КПД простых механизмов.
4. Основы гидростатики. Закон Паскаля. Атмосферное давление. Гидравлический пресс. Сообщающиеся сосуды. Закон Архимеда. Плавание тел. Воздухоплавание.

Тепловые явления

6. Тепловое движение. Температура, внутренняя энергия, теплопроводность, конвекция, излучение (все – на качественном уровне). Количество теплоты. Удельная теплоемкость вещества. Удельная теплота сгорания.
7. Агрегатные состояния вещества. Плавление и отвердевание кристаллических тел. Удельная теплота плавления. Испарение. Кипение. Удельная теплота парообразования. Составление теплового баланса.

Математические умения: проведение простейших преобразований алгебраических выражений, проведение операций с квадратным корнем, построение графиков линейных функций. Решение линейных и квадратных уравнений.

9 класс

Механика

1.**Кинематика.** Материальная точка. Системы отсчёта. Равномерное прямолинейное движение. Мгновенная скорость. Средняя скорость. Ускорение. Равнопеременное движение. Свободное падение. Графики движения (пути, перемещения, координаты от времени; скорости, ускорения и их проекций от времени и координат). Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Движение по окружности. Угловое перемещение и угловая скорость. Центростремительное (нормальное) и тангенциальное (касательное) ускорение. Относительность движения. Закон сложения скоростей.

Тепловые явления

2. Общее уравнение теплового баланса. КПД нагревателей.

Электрические явления

3. Электрический ток. Источники электрического тока. Электрическая цепь и ее составные части. Действие электрического тока. Сила тока. Электрическое напряжение. Электрическое сопротивление проводников. Закон Ома для участка цепи. Удельное сопротивление. Последовательное и параллельное соединение проводников. Расчет простых цепей постоянного тока. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля – Ленца. Амперметр и вольтметр, их сопротивление. Шунтирование электроизмерительных приборов.

Математические умения: проведение тождественных преобразований алгебраических выражений, работа с целыми и дробными степенями, представление об основных тригонометрических функциях, работа с графиками функций: построение графиков квадратичных функций, построение графиков более сложных функций «по точкам», расчет площади под графиком функции «по клеточкам» и ее физический смысл, графическое решение уравнений.

10 класс

Механика

1. **Динамика**. Силы. Векторное сложение сил. Масса. Центр масс. Законы Ньютона. Динамика систем с кинематическими связями. Блоки, скольжение по наклонной плоскости. Закон всемирного тяготения. Гравитация. Искусственные спутники. Движение по круговой орбите. Первая космическая скорость. Перегрузки и невесомость. Силы трения. Силы сопротивления при движении в жидкости и газе. Силы упругости. Закон Гука.

2. **Импульс, энергия и законы сохранения.** Импульс. Закон сохранения импульса. Движение центра масс. Реактивное движение. Работа. Мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия в однородном поле силы тяжести Земли, потенциальная энергия деформированной пружины. Закон сохранения энергии. Упругие и неупругие взаимодействия. Диссипация энергии. Определение выделившегося количества теплоты.

3.**Статика.** Момент силы относительно неподвижной оси. Условия равновесия твердого тела. Устойчивое и неустойчивое равновесие.

Термодинамика и молекулярная физика

4. Газовые законы. Изопроцессы. Законы Дальтона и Авогадро. Молекулярно-кинетическая теория. Основное уравнение МКТ. Температура.

Электрические явления

5. Нелинейные элементы в цепях постоянного тока. Расчет сопротивления сложных цепей с использованием соображений симметрии.

Геометрическая оптика

6. Источники света. Распространение света. Тень и полутень. Камера-обскура. Отражение света. Законы отражения света. Плоское зеркало. Преломление света. Законы преломления света. Линзы. Построение изображений в тонких линзах. Оптическая сила линзы. Фотоаппарат. Глаз и зрение. Близорукость и дальнозоркость. Очки.

Математические умения: решение треугольников, преобразование тригонометрических выражений, работа с экспонентой и логарифмами, основные операции с векторами: сложение, вычитание, скалярное произведение, проекция вектора на ось; понятие о производной как о скорости изменения величины, геометрический смысл производной как тангенса угла наклона графика функции, правила вычисления производных простейших функций (x^{α}, $\sin x$, $\cos x$).

11 класс

Механика

1. **Механические колебания**. Маятник. Гармонические колебания. Период колебаний математического и пружинного маятника. Расчет частоты малых колебаний механических систем. Волны: основные понятия, связь между длиной волны, скоростью и периодом.

Термодинамика и молекулярная физика

2. Термодинамика. Внутренняя энергия газов. Количество теплоты. 1-е начало термодинамики. Теплоемкость. Адиабатические процессы. Цикл Карно. Вычисление КПД циклов.
3. Насыщенные пары, влажность. Абсолютная и относительная влажность. Качественное представление о зависимости давления насыщенного пара от температуры.
4. Поверхностное натяжение. Смачивание и несмачивание. Капилляры. Формула для высоты подъема жидкости в капилляре. Формула Лапласа.

Электрические явления

5. **Электростатика**. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность. Потенциал. Напряженность и потенциал точечного заряда, равномерно заряженной сферы, равномерно заряженной плоскости. Проводники и диэлектрики в электростатических полях – на качественном уровне. Конденсаторы. Емкость конденсатора. Емкость плоского конденсатора.
6. **Постоянный ток**. ЭДС. Цепи постоянного тока. Закон Ома для полной цепи. Законы Кирхгофа. Работа и мощность электрического тока. Электрический ток в средах – на качественном уровне. Магнитное поле постоянного тока. Силы

Лоренца и Ампера.

7. Электромагнитное поле. Закон индукции Фарадея. Вихревое поле. Индуктивность, катушки, RLC-цепи.

Математические умения: приближенные вычисления с малыми величинами ($(1+x)^{\alpha} \approx 1+\alpha x$, $\sin x \approx x$, $\cos x \approx 1 - x^2/2$); вычисление производных от элементарных функций произвольного вида, в том числе сложных функций; нахождение экстремумов, асимптот и точек перегиба функций и построение графиков произвольных элементарных функций с использованием этих понятий; вычисление простейших неопределенных и определенных интегралов (вида $\int x^{\alpha} dx$, $\int \sin x dx$ и т.п.), представление о геометрическом смысле определенного интеграла.

Программа и задания муниципального этапа олимпиад прошлых лет доступны на сайте sarphys.narod.ru

Составители настоящего пособия надеются, что им удалось избежать опечаток в *условиях* задач. В то же время они уверены, что в *решениях* задач опечатки, к сожалению, остались, и будут благодарны за указание на них. Эти сведения, а также любые вопросы по условиям и решениям задач авторы просят присылать Савину Алексею Владимировичу (см. контакты на с. 2).