



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

ФИЗИКА, 2024

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

в Кировской области
в 2024/2025 учебном году

**Киров
2024**

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 2024/2025 учебном году. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2024. – 23 с.

Авторы задач

Кантор П. Я.: 11.2, 11.3, 11.5

Коханов К. А. (сост.): 9.1, 9.2, 9.5, 10.2, 10.4, 11.1, 11.4

Минина О. В.: 7.1, 7.5

Первоионов Д. В.: 10.1, 10.3,

Сорокин А. П.: 7.2, 7.3, 7.4, 7.6, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 9.3, 9.4, 9.6, 10.5, 10.6, 11.6

Научное редактирование

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

Первоионов Д. В., канд. пед. наук

Подписано в печать 01.11.2024

Формат 60×84¹/₁₆. Усл. печ. л. 1,5

ОРГКОМИТЕТУ И ЖЮРИ

1. На муниципальном этапе установлена следующая продолжительность олимпиады: для учащихся **VII–VIII классов – 2 часа 20 минут**, 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. До проверки члены жюри должны решить все задачи, изучить предлагаемые решения и указания по проверке и оценке решений задач своего класса.

5. 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 за все задачи равно 60. Жюри вправе снизить баллы за решённую задачу при отсутствии в решении достаточных пояснений к используемым физическим величинам.

6. 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!

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одарённых школьников», Киров, 2024

© Коллектив авторов, редакторов, 2024

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VII КЛАССА

7.1. «Крепкий мороз». В России на рубеже XIX – XX столетий широко применялись термометры, имеющие одновременно шкалы Реомюра и Цельсия. На рис. 7.1 приведена фотография термометра, установленного в учебном помещении одной из гимназий. На термометре слева нанесена шкала Реомюра, справа – шкала Цельсия.

Из архивных документов известно, что педагогический совет этой гимназии принял решение закрывать классы в те дни, когда мороз по шкале Реомюра достигал -28°R . Определите, при какой температуре по шкале Цельсия прекращались уроки в гимназии.

7.2. «Опознанный летающий объект». Девочка Аглая играет с собакой, кидая ей летающий диск фрисби. Если собака бежит за диском с постоянной скоростью $v_1 = 3$ м/с, то добегают до него через $t_1 = 7$ с после его падения на землю. Если собака бежит с постоянной скоростью $v_2 = 5$ м/с, то добегают спустя $t_2 = 3$ с после падения. Определите время полета фрисби t , если известно, что собака начинает бежать одновременно с запуском диска.

Примечание: диск фрисби запускают всегда с одной и той же скоростью, он движется равномерно строго по прямой, собака в момент запуска диска находится рядом с девочкой.

7.3. «Кто-то с горочки спустился...». Никита и Андрей катаются на лыжах с горки длиной $S = 70$ м. Когда один из мальчиков начинает скатываться с горки, другой тут же начинает пеший подъём в горку рядом с лыжнёй. Если Никита спускается с горки, а Андрей поднимается, то их встреча происходит на расстоянии $S_1 = 7$ м от основания горки. Если с горки спускается Андрей, а Никита поднимается, то встреча происходит на расстоянии $S_2 = 10$ м от основания горки. Определите, во сколько раз средняя скорость движения с горки Никиты v_H больше, чем средняя скорость движения с горки Андрея v_A , если скорость пешего движения мальчиков v_n в горку одинакова.

7.4. «Шарики». Коля купил в магазине два набора шариков. В одном наборе были одинаковые шарики диаметром d_1 , в другом – d_2 . Мальчик решил сравнить, во сколько раз различаются диаметры шариков, для этого он выложил их в два ряда одинаковой длины. В одном ряду оказалось $n_1 = 12$ шариков диаметром d_1 , во втором – $n_2 = 18$ шариков диаметром d_2 .

1) Определите, во сколько раз различаются диаметры шариков.

2) К своему удивлению Коля обнаружил, что совпали не только длины рядов, но и суммарные массы шариков, которые он использовал в эксперименте.

Сравните, во сколько раз различаются плотности шариков.



Рис. 7.1

Примечание: плотность тела массой m вычисляется по формуле $\rho = \frac{m}{V}$, объём шара вычисляется по формуле $V = \frac{\pi d^3}{6}$, где d – его диаметр.

7.5. «Переливашки». Цилиндрический сосуд поставили на весы и стали наливать в него воду. Затем в этот же сосуд стали доливать неизвестную жидкость. По результатам эксперимента построили график зависимости массы сосуда с жидкостями от общей высоты жидкостей в сосуде (рис. 7.2). Используя график, определите:

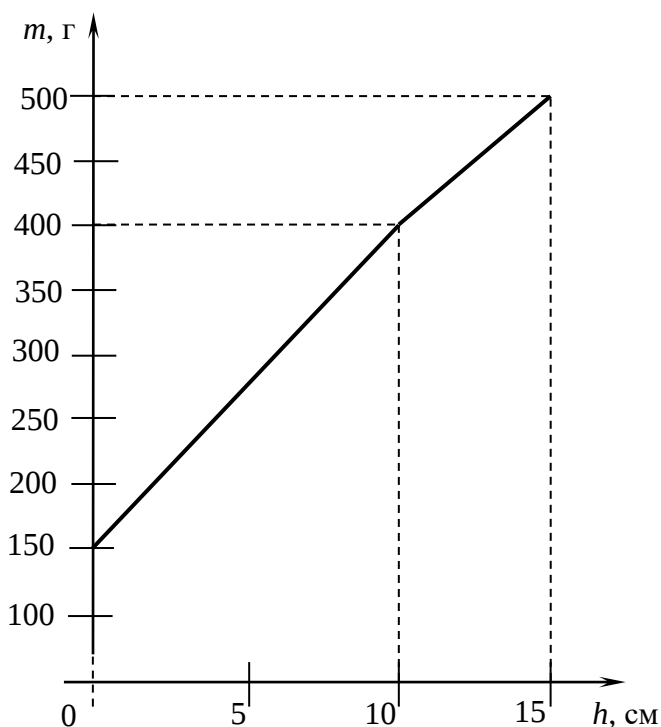


Рис. 7.2

- 1) массу пустого сосуда m_c ;
- 2) площадь дна сосуда S ;
- 3) плотность неизвестной жидкости

$\rho_{ж}$.

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

Объём цилиндра можно найти по формуле: $V = h \cdot S$, где S – площадь его основания, h – высота.

7.6. «На теплоходе». Теплоход плывет по реке из пункта ЦД в ООШ и обратно с постоянной относительно

воды скоростью. В таблице приведена зависимость пройденного им пути S от времени t .

S , км	0,00	0,96	1,92	2,40	2,64	3,12	3,60	4,08	4,56	4,80
t , мин	0	4	8	10	12	16	20	24	28	30

1) На миллиметровой бумаге постройте график зависимости пройденного теплоходом пути S от времени t .

2) Используя построенный график, определите расстояние между пунктами, скорость теплохода и скорость течения реки.

Примечание: время стоянки в пункте ООШ пренебрежимо мало.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ VIII КЛАССА

8.1. «Кубик с маслом». В открытый сосуд, сделанный в форме полого кубика со стороной $a = 20 \text{ см}$ и массой $m_1 = 4,5 \text{ кг}$, налили до краёв масло плотностью $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$, в результате чего масса сосуда с маслом оказалась равной $m_2 = 5 \text{ кг}$. Определите:

- 1) объём масла,
- 2) плотность материала, из которого изготовлены стенки сосуда.

8.2. «Опознанный летающий объект-2». Девочка Аглая играет с собакой, кидая ей летающий диск фрисби. Если собака бежит за диском с постоянной скоростью

$v_1 = 3$ м/с, то добегают до него через $t_1 = 7$ с после его падения на землю. Если собака бежит с постоянной скоростью $v_2 = 5$ м/с, то добегают спустя $t_2 = 3$ с после падения диска. Определите:

- 1) время полёта фрисби t ,
- 2) среднюю скорость полёта фрисби v .

Примечание: диск фрисби запускают всегда с одной и той же скоростью, он движется строго по прямой, собака в момент запуска диска находится рядом с девочкой и начинает бежать одновременно с запуском диска.

8.3. «Смесь». На заводе для изготовления некоторой смеси в смесительный бак по двум трубам одинакового сечения подаются два жидких вещества с плотностями $\rho_1 = 1,2$ г/см³ и $\rho_2 = 1,6$ г/см³. Вещества подаются по трубам так, что в смесительный бак за 1 с попадает $m_1 = 60$ г первого вещества и $m_2 = 40$ г второго. После попадания в смесительный бак вещества перемешиваются и вытекают по третьей трубе, при этом суммарная масса вещества в баке остаётся постоянной.

Определите:

- 1) среднюю плотность полученной смеси в баке ρ_{cp} ;
- 2) скорость вытекания из бака полученной смеси по трубе сечением $S = 10$ см².

Примечание: в процессе смешивания веществ пустот и полостей не образуется.

8.4. «Аквариумы». В зоомагазине на полке стоит три аквариума. Площадь основания первого – ab , второго – $2ab$, третьего – $3ab$. Сотрудник зоомагазина налил в них одинаковые объёмы жидкости, после чего рассчитал силы, с которыми вода стала действовать на дно каждого из аквариумов. В первом – вода действовала с силой F_1 , во втором – F_2 . Определите силу, с которой вода действовала на дно третьего аквариума.

Известно, что при проведении экспериментов атмосферное давление не менялось.

8.5. «На опорах». На детской площадке на двух кирпичах лежит массивное однородное бревно длиной $L = 5$ м. Бревно действует на кирпичи с силами $F_1 = 100$ Н и $F_2 = 400$ Н. Определите:

- 1) массу бревна;
- 2) максимальную массу ребенка, который сможет перейти с одного края бревна на другой так, чтобы оно не опрокинулось. Известно, что расстояние между кирпичами равно $l = 2$ м, при этом бревно выступает за один из кирпичей на расстояние $l_1 = 0,9$ м.

8.6. «Две резинки». Лёгкую пустую коробку подвесили на две резинки так, что изначально одна из них провисала (рис. 8.1). Затем в коробку начали медленно наливать воду и фиксировать зависимость удлинения Δl_1 первой резинки от массы m налитой воды. Результаты измерений приведены в таблице.

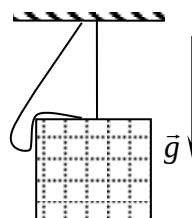


Рис. 8.1

Δl_1 , см	0	20	50	90	120	160	190	210	240	270
m , кг	0,0	0,4	1,0	1,8	2,4	4,4	5,9	6,9	8,4	9,9

1) На основе таблицы постройте на миллиметровой бумаге график зависимости удлинения Δl_1 первой резинки от массы m налитой воды.

2) Используя построенный график, определите коэффициенты жёсткости каждой из резинок.

Примечание: считайте, что постоянная $g = 10$ Н/кг.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ IX КЛАССА

9.1. «Теория относительности». Моторная лодка стартует от берега по реке и практически сразу движется с постоянной относительно воды скоростью. Сперва лодка движется к противоположному берегу перпендикулярно течению реки и за $t_1 = 10$ с проходит относительно воды путь $S_1 = 50$ м. Затем лодка в течение времени $t_2 = 20$ с движется строго по течению реки, а после этого – время $t_3 = 30$ с по направлению к противоположному берегу так, чтобы её не сносило течением. Зная, что скорость течения реки везде одинакова и равна $u = 2$ м/с, определите:

- 1) среднюю скорость движения лодки относительно воды на всём пути;
- 2) пройденный лодкой путь относительно воды;
- 3) пройденный лодкой путь относительно берега.

9.2. «Равновесие». На электронных весах расположен равноплечий однородный

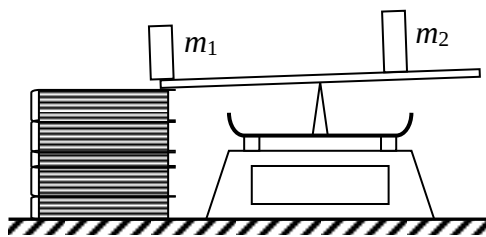


Рис. 9.1

рычаг массой $M = 1$ кг и длиной $L = 1$ м, при этом один край рычага может опираться на стопку книг, сохраняя при этом почти горизонтальное положение. На левый (ближний к книгам) край рычага поставили груз массой $m_1 = 500$ г, а на середину правой части рычага – груз массой m_2 (рис. 9.1). Считая массу опоры под рычагом равной нулю, определите:

- 1) минимальную массу груза $m_{2\min}$, при которой рычаг сможет оторваться от книг;
- 2) какую массу покажут электронные весы, если второй груз будет иметь массу $m_2 = 300$ г?
- 3) Какую массу покажут весы, если груз m_2 будет перенесён на середину рычага?
- 4) На какое расстояние относительно точки опоры следовало бы переместить рычаг, чтобы он перестал действовать на книги, но находился в равновесии после того, как груз m_2 будет снят с рычага?

9.3. «Жидкая смесь». На заводе для изготовления некоторой смеси в смесительный бак по двум трубам одинакового сечения S подаются два жидких вещества с плотностями $\rho_1 = 1,2$ г/см³ и $\rho_2 = 1,6$ г/см³. Первое вещество подается по трубе со скоростью $v_1 = 0,6$ см/с, второе – $v_2 = 0,4$ см/с. После попадания в смесительный бак вещества перемешиваются и вытекают по третьей трубе, при этом суммарная масса вещества в баке остаётся постоянной. Определите:

- 1) среднюю плотность смеси в смесительном баке;
- 2) скорость движения полученной смеси из смесительного бака по трубе сечением $3S$.

Примечание: в процессе смешивания пустот и полостей не образуется.

9.4. «Тепло в стакане». В первом стакане находится $m_1 = 150$ г воды при температуре $t_1 = 60^\circ\text{C}$, во втором – $m_2 = 100$ г воды при температуре $t_2 = 20^\circ\text{C}$. Воду начали переливать из одного стакана в другой и обратно до тех пор, пока во втором стакане не оказалась прежняя масса воды при температуре $t_3 = 35^\circ\text{C}$.

- 1) Какой при этом будет температура воды t_4 в первом стакане?
- 2) Какой станет температура воды t_5 , если всю воду перельют в первый стакан?

Удельная теплоёмкость воды $c_v = 4200$ Дж/(кг · °C). Теплотериями и теплоёмкостью стаканов пренебречь.

9.5. «Треугольное соединение». Из трёх прямых металлических проволок с одинаковым удельным сопротивлением спаяли прямоугольный треугольник, как показано на рис. 9.2. Известно, что сопротивления кусков проволоки AB и AC равны $R_{AB} = 3 \text{ Ом}$ и $R_{AC} = 2 \text{ Ом}$ соответственно.

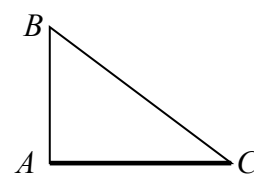


Рис. 9.2

1) Каково сопротивление куска проволоки BC , если площади поперечного сечения проволок AB , BC и AC связаны соотношением $S_{AB} = S_{BC} = S_{AC}/2$?

2) Вершины треугольника B и C подключили к источнику тока с напряжением 5 В . Определите силу тока через каждую из проволок.

Сопротивлением мест спайки проводов пренебречь.

9.6. «Погружение». Тело в форме прямоугольного параллелепипеда погружают в воду при помощи системы, изображенной на рис. 9.3. В таблице приведена зависимость силы F , прикладываемой ко второму концу невесомой нити, от объёма V погружённой части тела. Отсчёты сделаны через равные промежутки времени.

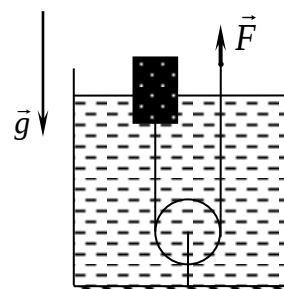


Рис. 9.3

$F, \text{ Н}$	4	8	12	16	20	20	20
$V, \text{ дм}^3$	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,0	5,0

1) На миллиметровой бумаге постройте график зависимости силы F от объёма V .

2) Используя построенный график, определите массу и плотность тела.

Примечание: плотность воды считать известной и равной $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ X КЛАССА

10.1. «Готовая продукция». Транспортёр, предназначенный для перемещения по цеху банок с готовой продукцией, состоит из двух лент, движущихся перпендикулярно друг другу с постоянными скоростями $v_1 = v_2 = v$ (рис. 10.1).

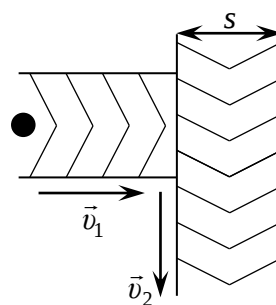


Рис. 10.1

1) Определите минимальную необходимую ширину ленты транспортёра s для того, чтобы банки не падали с неё при переходе с одного транспортёра на другой. Размеры банок малы по сравнению с размерами транспортёра, а коэффициенты трения банки о ленты равны μ .

2) Какое количество теплоты выделяется в системе при переходе одной банки с первого транспортёра на второй? Масса банки равна m .

10.2. «На пружинах». К потолку подвешены две невесомые пружины одинаковой длины, но разной жёсткости. К концам пружин прикрепили однородную палку длиной $L = 1 \text{ м}$ и массой $M = 0,8 \text{ кг}$, а затем на расстоянии $L_1 = 20 \text{ см}$ от левого края подвесили к ней груз массой $m = 0,5 \text{ кг}$. Оказалось, что палка при этом заняла горизонтальное положение (рис. 10.2). Определите:

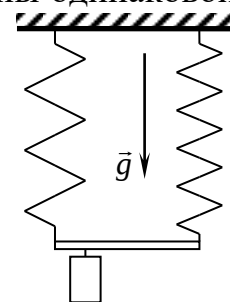


Рис. 10.2

1) суммарную силу упругости, возникающую в пружинах;

2) деформацию каждой пружины, если жёсткость левой пружины равна $k_1 = 100 \text{ Н/м}$;

3) жёсткость правой пружины k_2 ;

4) деформацию левой пружины после погружения системы в бассейн с водой плотностью $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$. Считать, что площадь сечения стержня равна $S = 1 \text{ см}^2$, объём груза $V = 0,5 \text{ л}$. Объёмом и массой пружин пренебречь. Пружины в воде сохраняют вертикальность. Принять, что $g = 10 \text{ м/с}^2$.

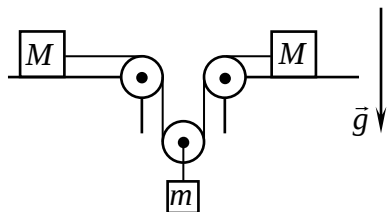


Рис. 10.3

10.3. «Поехали!» В системе, показанной на рис. 10.3, определите силы натяжения нитей, действующих на грузы с известными массами M и m . Трение в системе отсутствует; массами нитей, блоков, а также растяжением нитей пренебречь.

10.4. «Реостат». К идеальному источнику с напряжением $U_0 = 30 \text{ В}$ подключили последовательно резистор с сопротивлением $R_1 = 10 \text{ Ом}$, а также реостат с максимальным сопротивлением $R_2 = 20 \text{ Ом}$. Учитывая, что ползунок реостата можно двигать между крайними положениями, определите:

- 1) максимальную и минимальную силу тока через сопротивление R_1 ;
- 2) максимальное и минимальное напряжения на реостате;
- 3) наибольшую тепловую мощность, выделяющуюся на реостате.

10.5. «По стаканам». В первом стакане находится $m_1 = 150 \text{ г}$ воды при температуре $t_1 = 60^\circ\text{C}$, во втором – $m_2 = 100 \text{ г}$ воды при температуре $t_2 = 20^\circ\text{C}$. В первый стакан положили кубик льда массой $m_3 = 10 \text{ г}$ при нулевой температуре. Спустя некоторое время воду начали переливать из одного стакана в другой до тех пор, пока во втором стакане не оказалась вода массой $m_1 + m_3 = 160 \text{ г}$ при температуре $t_3 = 35^\circ\text{C}$.

- 1) Какой при этом будет установившаяся температура воды t_4 в первом стакане?
- 2) Какой станет окончательная температура воды t_5 , если всю воду перельют в один стакан?

Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$, удельная теплоёмкость воды $c_v = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$. Теплотерями и теплоёмкостью стаканов пренебречь.

10.6. «На весах». На электронных весах лежит нерастяжимый жгут. Коля начинает поднимать его за один из концов так, что длина поднятой с чашки весов части увеличивается на 2 см за 1 с . В таблице приведена зависимость показаний весов m от времени t .

$m, \text{ кг}$	0,52	0,48	0,44	0,40	0,36	0,32	0,28	0,24	0,20	0,16
$t, \text{ с}$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110

- 1) Постройте на миллиметровой бумаге график зависимости показаний весов m от времени t .
- 2) Используя построенный график, определите время t_0 , спустя которое Коля поднимет весь жгут.
- 3) Используя построенный график, определите массу жгута m_0 и его полную длину l_0 .

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ XI КЛАССА

11.1. «Запуск». Пушка с помощью тягача передвигается по прямой горизонтальной дороге с постоянной скоростью $v = 20$ м/с. В некоторый момент времени, когда её ствол был направлен вертикально вверх, из неё был запущен снаряд (рис. 11.1) со скоростью $u = 100$ м/с относительно ствола. На каком расстоянии от пушки упадёт снаряд, если сразу после выстрела пушка стала останавливаться с постоянным ускорением $a = 5$ м/с²? Высотой пушки при решении задачи пренебречь, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

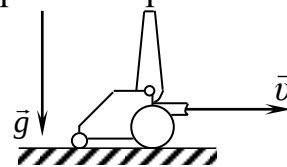


Рис. 11.1

11.2. «Система грузов». Система грузов M , m_1 и m_2 , расположенная на столе (рис. 11.2), удерживается в состоянии покоя. Учитывая, что грузы M и m_2 связаны лёгкой нерастяжимой нитью, блок невесом и вращается относительно оси без трения, определите:

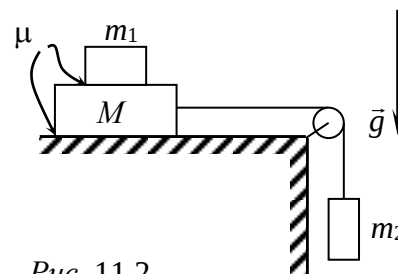


Рис. 11.2

1) с каким максимальным ускорением может двигаться верхний груз массой m_1 после освобождения системы, если коэффициент трения между всеми поверхностями равен μ ?

2) При каком значении коэффициента трения μ между соприкасающимися поверхностями груз m_2 сможет сдвинуть систему грузов M и m_1 ?

3) При каком значении коэффициента трения μ грузы M и m_1 смогут двигаться как одно целое?

11.3. «Газовый процесс». Количество $\nu = 0,05$ моль идеального одноатомного газа участвует в процессе 1–2–3, график которого в переменных U – p изображён на рис. 11.3 (здесь U – внутренняя энергия газа, p – его давление).

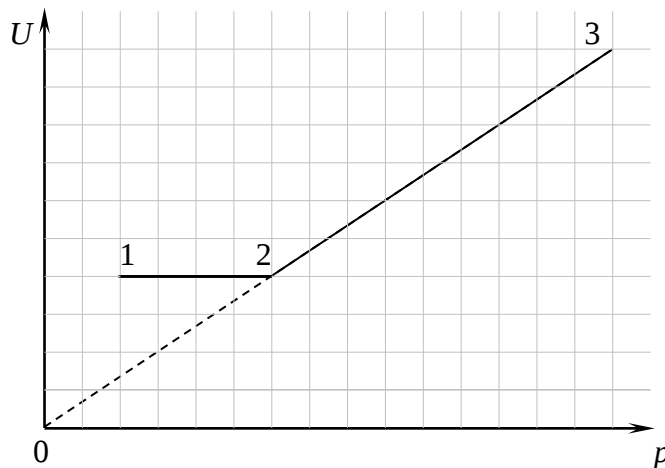


Рис. 11.3

1) Определите, получает или отдаёт газ положительное количество теплоты в процессах 1–2 и 2–3. Ответ обоснуйте.

2) Пусть процесс 4–2–5 осуществляется с тем же газом в теплоизолирующей оболочке. Перестройте график с рис. 11.3 в работу и изобразите вместе с ним приблизительный график процесса 4–2–5 для того же диапазона давлений. Известно, что давление и объём газа в

таком процессе связаны соотношением $pV^{\frac{5}{3}} = \text{const}$.

11.4. «Игры с ключом». Конденсаторы ёмкостями C , $2C$ и $3C$ соединили последовательно и через ключ подключили к источнику тока с известной ЭДС ε и внутренним сопротивлением r .

1) Определите наибольшее значение силы тока, заряжающего конденсатор $2C$ после замыкания ключа.

2) После зарядки конденсаторов ключ разъединили и конденсатор ёмкостью $3C$ замкнули проводником. После того, как система пришла в равновесие, ключ вновь замкнули. Определите наибольшее значение силы тока, заряжающего конденсатор $2C$ после повторного замыкания ключа.

3) Определите суммарный заряд, который прошёл через ключ в указанных процессах.



Рис. 11.4

11.5. «Максимальный выигрыш». Солнечная панель (рис. 11.4), имеющая высоту $a = 420$ мм, установлена так, что нормаль к её поверхности лежит в вертикальной плоскости. Солнце находится на высоте $\varphi = 57^\circ$ над горизонтом.

1) При каком угле α между плоскостью панели и горизонтом мощность солнечного излучения, падающего на панель, максимальна?

2) При каком угле β между плоскостью панели и горизонтом тень, отбрасываемая панелью на горизонтальную поверхность, имеет максимальную длину?

3) Чему равна эта длина?

11.6. «Катушка с проводом». Однородный провод постоянной площади сечения $S = 2,5$ мм² и покрытый изоляцией разматывают с катушки с постоянной линейной скоростью v . В таблице приведена зависимость сопротивления оставшегося на катушке провода R от времени t .

R , Ом	32,5	30	27,5	25	22,5	20	17,5
t , с	100	150	200	250	300	350	400

1) На миллиметровой бумаге постройте график зависимости сопротивления оставшегося на катушке провода R от времени t .

2) Используя полученный график, определите начальное сопротивление провода R_0 и время t_0 , через которое будет разматан весь провод.

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

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VII КЛАССА

7.1. «Крепкий мороз». На шкалах совпадают штрихи 40 и 50 (2 балла), а также нулевое значение температур (2 балла). Найдём соотношение между интервалом в один градус Реомюра и градусами Цельсия: $1^{\circ}\text{R} = \frac{50-0}{40-0}^{\circ}\text{C} = 1,25^{\circ}\text{C}$ (4 балла). Тогда искомая температура равна $-28^{\circ}\text{R} = -28 \cdot 1,25^{\circ}\text{C} = -35^{\circ}\text{C}$ (2 балла).

7.2. «Опознанный летающий объект». Условия запуска фрисби остаются неизменными, следовательно, диск пролетает всегда одинаковое расстояние S (2 балла). Тогда для первого и второго броска можно записать уравнения: $S = v_1(t + t_1)$ (3 балла) и $S = v_2(t + t_2)$ (3 балла). Решая совместно последние два уравнения, находим время полета фрисби $t = \frac{v_1 t_1 - v_2 t_2}{v_2 - v_1}$ (1 балл), численно $t = 3 \text{ с}$ (1 балл).

7.3. «Кто-то с горочки спустился...». Так как до встречи мальчики движутся одинаковое время, то $\frac{S_1}{v_n} = \frac{S - S_1}{v_H}$ или $\frac{7}{v_n} = \frac{70-7}{v_H}$ (3 балла) и $\frac{S_2}{v_n} = \frac{S - S_2}{v_A}$ или $\frac{10}{v_n} = \frac{70-10}{v_A}$ (3 балла). Решая совместно уравнения, получаем, что $\frac{v_H}{v_A} = \frac{3}{2}$ (4 балла).

7.4. «Шарики». 1) Длина l ряда из шариков может быть выражена через их количество и диаметр $l = dn$ (1 балл). По условию длины l рядов совпадают, следовательно, $d_1 n_1 = d_2 n_2$ (1 балл), откуда отношение диаметров шариков $\frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1} = 1,5$ (1 балл).

2) Масса m ряда из шариков может быть выражена через их количество и массу одного шарика $m = nm_0$ (1 балл). Массы m рядов шариков совпадают, следовательно, $m_1 n_1 = m_2 n_2$ (1 балл), откуда отношение масс шариков $\frac{m_1}{m_2} = \frac{n_2}{n_1} = 1,5$ (1 балл). Отно-

шение плотностей шариков $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{m_1}{V_1} \cdot \frac{V_2}{m_2} = \frac{n_2}{n_1} \cdot \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$ (1 балл), численно

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} \cong 0,44 \text{ (3 балла).}$$

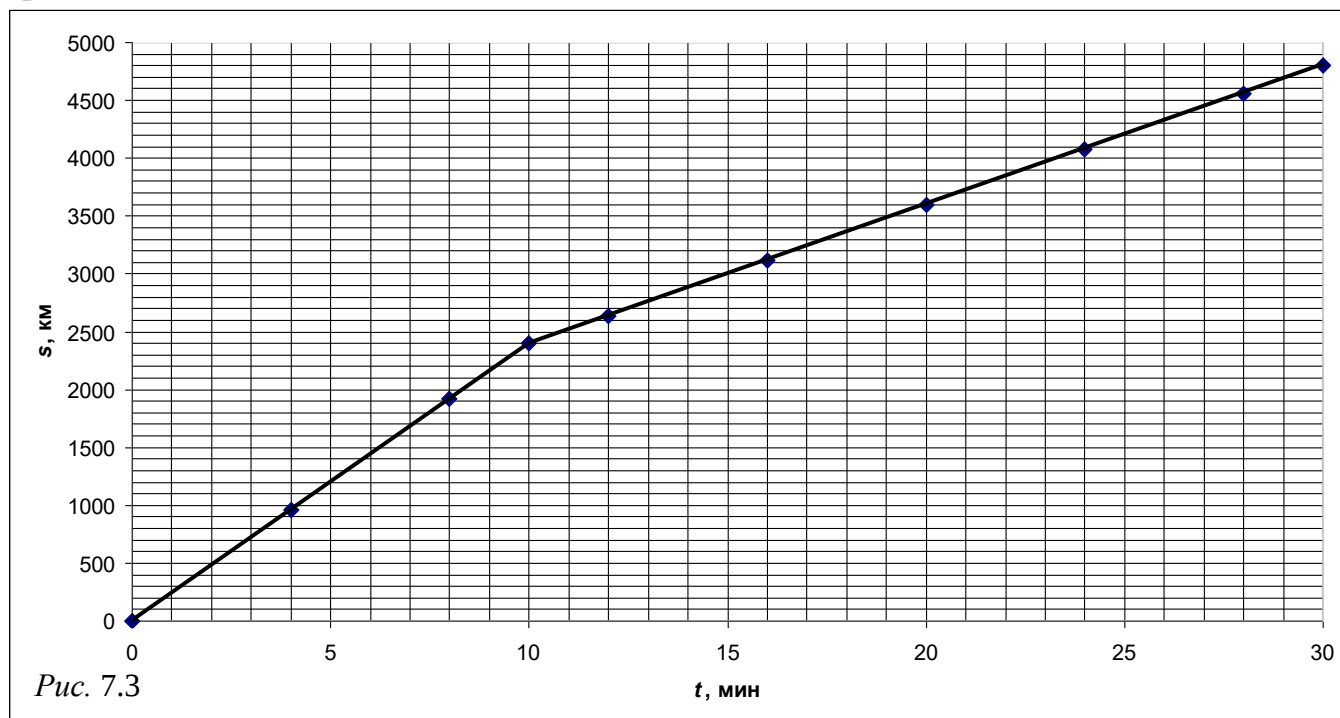
7.5. «Переливашки». 1) Массу пустого сосуда определим по графику, это точка пересечения с осью m (1 балл): $m_c = 150 \text{ г}$ (1 балл).

2) Площадь дна сосуда найдём, проанализировав первый участок графика. По условию, на этом участке наливали воду. Так как $m = \rho_{\text{в}} Sh$, то $S = \frac{\Delta m_1}{\rho_{\text{в}} \cdot \Delta h_1}$ (2 балла),

$$\text{численно } S = \frac{(400 - 150) \text{ г}}{1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot (10 - 0) \text{ см}} = 25 \text{ см}^2 \text{ (2 балла).}$$

3) Плотность неизвестной жидкости найдем по второму участку графика:
 $\rho_{ж} = \frac{\Delta m_2}{S \cdot \Delta h_2}$ (2 балла), численно $\rho_{ж} = \frac{(500 - 400) \text{ г}}{25 \text{ см}^2 \cdot (15 - 10) \text{ см}} = 0,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ (2 балла).

7.6. «На теплоходе». 1) Необходимый график зависимости пройденного теплоходом пути S от времени t представлен на рис. 7.3 (2 балла; при отсутствии подписи хотя бы одной из осей координат, масштаба, единиц измерения, одной и более контрольных точек ставится 1 балл).



2) На графике можно заметить излом, что свидетельствует о том, что теплоход доплыл до пункта ООШ и развернулся (1 балл), причём после излома участок графика более пологий, следовательно, теплоход из ООШ в ЦД поплыл против течения (1 балл). Из сделанных рассуждений следует, что расстояние между пунктами составляет $S = 2,4 \text{ км}$ (1 балл). Чтобы найти скорость теплохода и скорость течения, выразим пути, пройденные теплоходом по течению и против: $S = (v_m + v_p) t_1$ (0,5 балла) и $S = (v_m - v_p) t_2$ (0,5 балла). Из последних равенств получим, что $v_m = 10,8 \text{ км/ч}$ (2 балла) и течения $v_p = 3,6 \text{ км/ч}$ (2 балла).

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ VIII КЛАССА

8.1. «Кубик с маслом». 1) Масса масла составляет $m = m_2 - m_1 = 0,5 \text{ кг}$ (2 балла), а его объём $V = \frac{m}{\rho} = 625 \text{ см}^3$ (3 балла).

2) Объём материала, из которого изготовлен сосуд, равен $V_0 = a^3 - V = 7375 \text{ см}^3$ (2 балла), плотность материала $\rho_0 = \frac{m_1}{V_0} \approx 0,61 \text{ г/см}^3$ (3 балла).

8.2. «Опознанный летающий объект-2». 1) Так как условия запуска и движения диска остаются неизменными, он в обоих случаях пролетает одно и **то же** расстояние S (1 балл). Тогда для первого и второго случая можно записать следующие равенства $S = v_1(t + t_1)$ (2 балла) и $S = v_2(t + t_2)$ (2 балла). Из записанных равенств находим время полета фрисби $t = \frac{v_1 t_1 - v_2 t_2}{v_2 - v_1} = 3$ (с) (2 балла).

2) Расстояние, которое пролетает диск, равно $S = v_1(t + t_1) = 3 \cdot (3 + 7) = 30$ (м) (1 балл, такой же результат получается при использовании значений v_2 и t_2), тогда средняя скорость его полета $v = \frac{S}{t} = \frac{30}{3} = 10$ (м/с) (2 балла).

8.3. «Смесь». 1) За 1 с в смесительный бак поступает первое вещество объёмом $V_1 = \frac{m_1}{\rho_1} = \frac{60}{1,2} = 50$ (см³) (2 балла) и второе вещество объёмом $V_2 = \frac{m_2}{\rho_2} = \frac{40}{1,6} = 25$ (см³) (2 балла). Средняя плотность смеси может быть рассчитана по формуле $\rho_{cp} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{60 + 40}{50 + 25} = 1,33$ (г/см³) (3 балла).

2) Ежесекундно из бака вытекает вещество объёмом $V_{cm} = V_1 + V_2 = 75$ (см³), поэтому скорость вытекания смеси равна $v = \frac{V_1 + V_2}{S} = \frac{50 + 25}{10} = 7,5$ (см/с) (3 балла).

8.4. «Аквариумы». Пусть масса воды в аквариуме равна m . Тогда сила давления воды на дно первого аквариума равна $F_1 = p_0 ab + mg$ (2 балла), второго – $F_2 = p_0 2ab + mg$ (2 балла), третьего – $F_3 = p_0 3ab + mg$ (2 балла). Из первого равенства получаем, что $p_0 ab = F_1 - mg$, из второго $F_2 = 2F_1 - 2mg + mg = 2F_1 - mg$, откуда $mg = 2F_1 - F_2$ и $p_0 ab = F_1 - 2F_1 + F_2 = F_2 - F_1$. Подставляя выражения для mg и $p_0 ab$ в третье равенство, получим, что $F_3 = 3F_2 - 3F_1 + 2F_1 - F_2 = 2F_2 - F_1$ (4 балла).

8.5. «На опорах». 1) Сила тяжести равна сумме сил, с которыми кирпичи действуют на бревно, $mg = F_1 + F_2$ (1 балл), поэтому $m = \frac{F_1 + F_2}{g} = 50$ (кг) (2 балла).

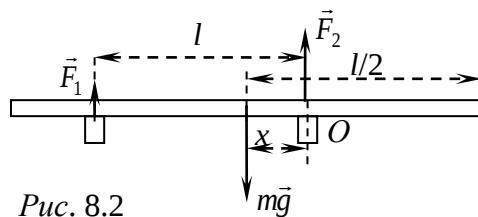
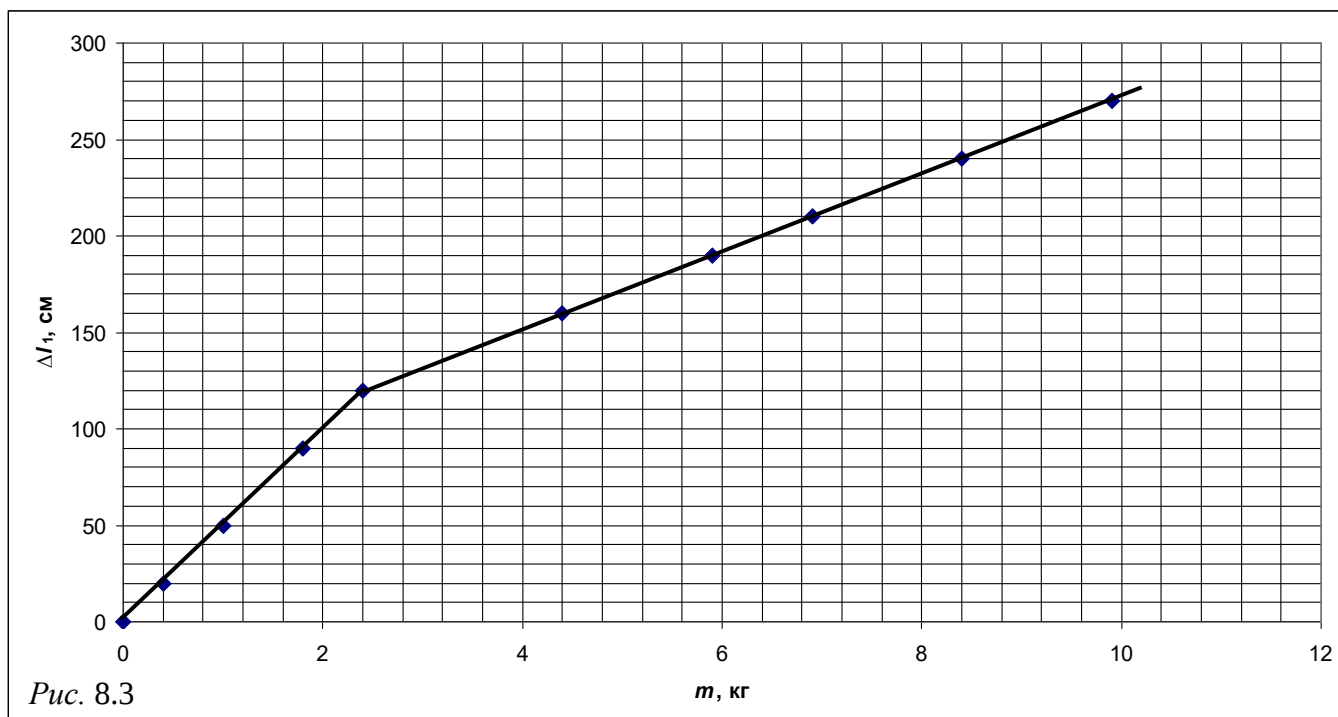


Рис. 8.2

2) Очевидно, что бревно скорее опрокинется тогда, когда ребёнок встанет на тот его край, который дальше всего выступает за кирпичи (1 балл). Длина этой части бревна равна $l_2 = L - l - l_1 = 5 - 2 - 0,9 = 2,1$ (м) (1 балл). Тогда, с учётом рис. 8.2, запишем правило рычага для момента, когда ребёнок массой M встал на правый край бревна: $mgx = Mgl_2$ (2 балла), где $x = \frac{L}{2} - l_2 = 0,4$ (м) (1 балл). Из записанных равенств получа-

ем, что масса ребёнка не должна превышать $M = m \frac{x}{l_2} = 50 \cdot \frac{0,4}{2,1} = 9,5$ (кг) (2 балла).

8.6. «Две резинки». График зависимости удлинения первой резинки Δl_1 от массы m налитой воды приведён на рис. 8.3 (2 балла; при отсутствии подписи хотя бы одной из осей координат, масштаба, единиц измерения, одной и более контрольных точек ставится 1 балл).



На графике можно отметить излом, после которого следующий участок графика располагается более полого. Это свидетельствует о том, что начали растягиваться обе резинки (1 балл). Для первого участка графика (до излома) можно записать $m_1 g = k_1 \Delta l_1$ (0,5 баллов), откуда коэффициент жёсткости первой резинки $k_1 = 20$ Н/м (1 балл).

После того, как начинает растягиваться вторая резинка, силы суммируются: $F_{\text{упр}} = F_{\text{упр1}} + F_{\text{упр2}}$ (1 балл). При удлинении первой резинки на $\Delta l_1 = 2$ м в ней возникает сила упругости $F_{\text{упр1}} = 40$ Н (0,5 баллов), в то время как суммарная сила упругости $F_{\text{упр}} = 64$ Н (1 балл). Тогда для второй резинки $F_{\text{упр2}} = F_{\text{упр}} - F_{\text{упр1}} = 64 \text{ Н} - 40 \text{ Н} = 24 \text{ Н}$ (1 балл). При этом вторая резинка растянулась на $\Delta l_2 = 2 \text{ м} - 1,2 \text{ м} = 0,8 \text{ м}$ (1 балл), откуда следует, что коэффициент жёсткости второй резинки $k_2 = 30$ Н/м (1 балл).

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ IX КЛАССА

9.1. «Теория относительности». 1) Скорость лодки относительно воды на первом участке равна $v_1 = \frac{S_1}{t_1} = \frac{50}{10} = 5$ (м/с). Так как скорость лодки относительно воды не менялась, то средняя собственная скорость лодки на всём пути равна найденной скорости на первом участке $v_{\text{ср}} = 5$ (м/с) (2 балла).

2) Путь, пройденный лодкой относительно воды, равен $v \cdot (t_1 + t_2 + t_3) = 5 \cdot 60 = 300$ (м). (2 балла)

3) На первом участке лодка проплыла относительно берега расстояние $S_{1\phi} = \sqrt{v^2 + u^2} \cdot t_1 = \sqrt{25 + 4} \cdot 10 = 53,9$ (м) (1 балл), на втором $S_{2\phi} = (v + u)t_2 = (5 + 2) \cdot 20 = 140$ (м) (1 балл), и на последнем со скоростью

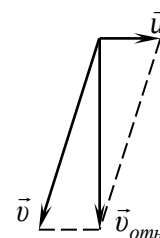


Рис. 9.4

$v_{отн} = \sqrt{v^2 - u^2}$ (рис. 9.4) расстояние $S_{3\delta} = \sqrt{v^2 - u^2} t_3 = 4,58 \cdot 30 = 137,4$ (м) (2 балла). Тогда суммарный путь относительно берега равен $S_{\delta} = 53,9 + 140 + 137,4 = 331,3$ (м) (2 балла).

9.2. «Равновесие». 1) При равновесии рычага $m_1 g \frac{L}{2} = m_{2\min} g \frac{L}{4}$, откуда $m_{2\min} = 2m_1 = 1$ кг (2 балла; при отсутствии правильного численного ответа и/или необходимых исходных преобразований в ходе решения баллы не ставятся).

2) Пусть книги действуют на левый конец рычага с силой N . Тогда из правила рычага $m_1 g \frac{L}{2} = N \frac{L}{2} + m_2 g \frac{L}{4}$ получаем, что $N = m_1 g - \frac{m_2 g}{2} = 3,5$ (Н). Значит, на электронные весы приходится вес $Mg + m_1 g + m_2 g - N = 10 + 5 + 3 - 3,5 = 14,5$ (Н), весы покажут массу 1 кг 450 г (4 балла; при отсутствии правильного численного ответа и/или необходимых исходных преобразований в ходе решения баллы не ставятся).

3) После переноса груза книги будут действовать на рычаг с силой N_1 , которая из уравнения $m_1 g \frac{L}{2} = N_1 \frac{L}{2}$ будет равна $m_1 g$; тогда электронные весы покажут массу $\frac{Mg + m_1 g + m_2 g - N_1}{g} = \frac{10 + 5 + 3 - 5}{10} = 1,3$ кг = 1 кг 300 г (2 балла; при отсутствии правильного численного ответа и/или необходимых исходных преобразований в ходе решения баллы не ставятся).

4) Чтобы после снятия груза m_2 рычаг вновь оказался в равновесии, должно выполняться условие равновесия в виде: $m_1 g \left(\frac{L}{2} - x \right) = Mg x$, где x – расстояние от точки опоры до центра рычага, а также искомое смещение рычага; $x = L \frac{m_1}{2(M + m_1)} = 1,0 \cdot \frac{0,5}{2 \cdot (1 + 0,5)} = 0,17$ (м) (2 балла; при отсутствии правильного численного ответа и/или необходимых исходных преобразований в ходе решения баллы не ставятся).

9.3. «Жидкая смесь». 1) Средняя плотность смеси, поступившая в бак за время t , может быть найдена по формуле $\rho_{cp} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$ (1 балл), где $m_1 = \rho_1 v_1 t S$ (1 балл), $m_2 = \rho_2 v_2 t S$, $V_1 = v_1 t S$, $V_2 = v_2 t S$. Тогда $\rho_{cp} = \frac{\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2}{v_1 + v_2} = 1,36$ (г/см³) (3 балла; при отсутствии правильного численного ответа и/или необходимых исходных преобразований в ходе решения баллы не ставятся).

2) Скорость вытекания смеси можно найти из условия $m_{см} = m_1 + m_2$ или $\rho_{cp} 3S v t = \rho_1 S v_1 t + \rho_2 S v_2 t$: $v = \frac{\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2}{3\rho_{cp}} = 0,33$ (см/с) (5 баллов; при отсутствии правильного численного ответа ставится не более 3-х баллов).

9.4. «Тепло в стакане». 1) Суммарно второму стакану было передано такое же количество теплоты $Q_2 = c_m m_2 (t_3 - t_2)$, какое отдано первым стаканом $Q_1 = c_m m_1 (t_1 - t_4)$:

$Q_1 = Q_2$. Тогда из равенства $c_6 m_1(t_1 - t_4) = c_6 m_2(t_3 - t_2)$ (2 балла) получаем, что $t_4 = t_1 - \frac{m_2}{m_1}(t_3 - t_2) = 60 - \frac{0,1}{0,15} \cdot 15 = 50$ ($^{\circ}\text{C}$) (3 балла).

2) При переливании воды в один стакан уравнение теплового баланса можно записать так: $c_6 m_1(t_1 - t_5) = c_6 m_2(t_5 - t_2)$ (2 балла). Отсюда

$$t_5 = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2} = \frac{0,15 \cdot 60 + 0,1 \cdot 20}{0,15 + 0,1} = 44(^{\circ}\text{C}) \text{ (3 балла)}.$$

9.5. «Треугольное соединение». 1) Поскольку $S_{AC} = 2S_{AB}$, то из формулы $R = \rho \frac{l}{S}$ (1 балл) длины проволок AC и AB относятся как $\frac{AC}{AB} = \frac{R_{AC} S_{AC}}{R_{AB} S_{AB}} = \frac{2 \cdot 2S_{AB}}{3 \cdot S_{AB}} = \frac{4}{3}$. Из теоремы Пифагора следует, что $BC = \sqrt{AB^2 + AC^2} = \frac{5}{3} AB$, а значит $R_{BC} = \frac{5}{3} R_{AB} = 5$ (Ом) (4 балла; при отсутствии правильного численного ответа и/или необходимых исходных преобразований в ходе решения баллы не ставятся).

2) По закону Ома $I = \frac{U}{R}$ (1 балл). После подключения источника тока сила тока через проволоку BC будет равна $I_{BC} = \frac{U}{R_{BC}} = \frac{5}{5} = 1$ (А) (2 балла). Полное сопротивление участка цепи ABC равно $R_{ABC} = R_{AB} + R_{AC} = 5$ (Ом); сила тока в проволоках AB и BC $I_{AB} = I_{AC} = \frac{U}{R_{AB} + R_{AC}} = \frac{5}{5} = 1$ (А) (2 балла).

9.6. «Погружение».

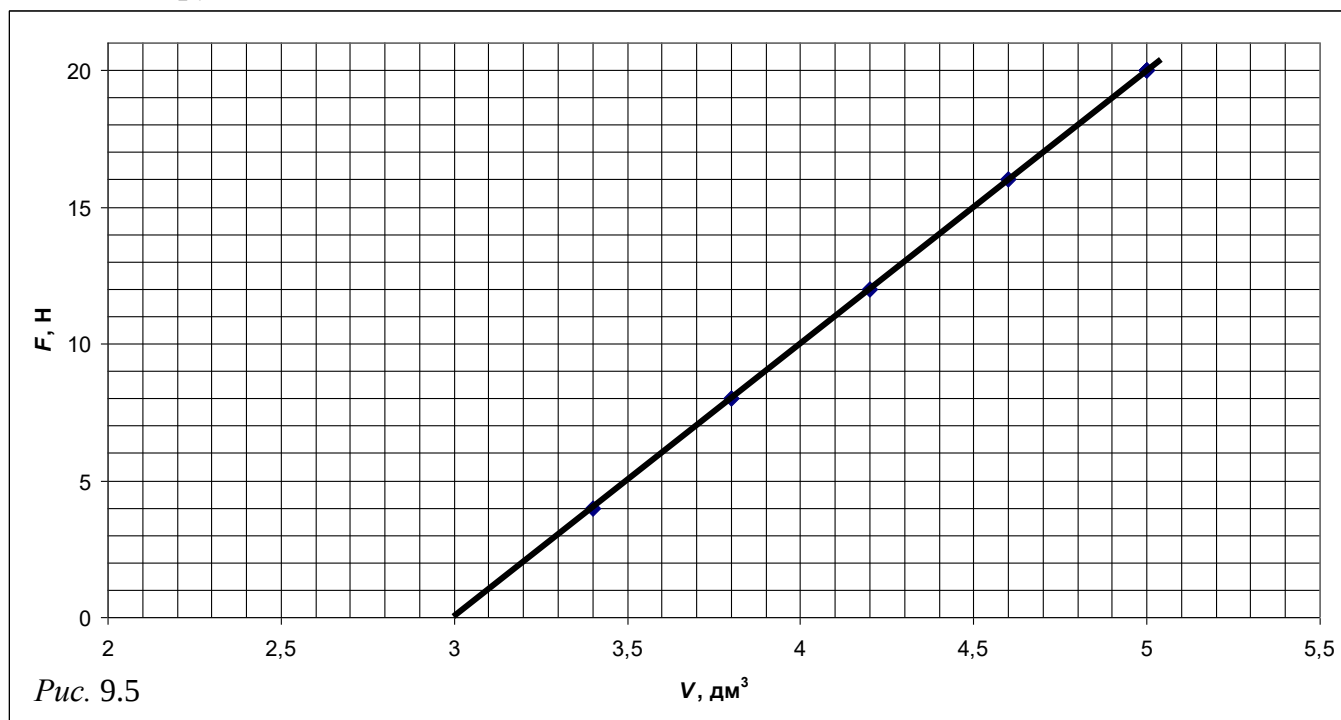


Рис. 9.5

1) График зависимости силы F , прикладываемой ко второму концу нити в зависимости от объема V погруженной части тела, показан на рис. 9.5 (2 балла; при отсутствии

подписи хотя бы одной из осей координат, масштаба, хотя бы одной единицы измерения, одной и более контрольных точек на графике точек ставится 1 балл).

2) Полученная зависимость F от V изображается прямой линией (2 балла). Пропроектируем график до пересечения с горизонтальной осью и запишем условия плавания тела при условии $F = 0$ Н: $mg = \rho_e g V$. Поскольку $V = 3 \text{ дм}^3$, масса получается равной $m = 3 \text{ кг}$ (2 балла). Согласно исходным данным, что при некотором значении силы объём погруженной части тела перестаёт изменяться, следовательно, тело целиком находится под водой и его объём равен $V_m = 5 \text{ дм}^3$ (2 балла). Тогда плотность тела равна $\rho = \frac{m}{V_m} = 600 \text{ кг/м}^3$ (2 балла).

РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ X КЛАССА

10.1. «Готовая продукция». 1) При нахождении на ленте первого транспортёра скорость банки равна скорости ленты $\vec{v}_1$. Сразу после попадания на второй транспортёр (рис. 10.4) скорость банки относительно ленты второго транспортёра $\vec{v}_{отн}$ будет направлена под углом 45° по отношению к $\vec{v}_1$ (2 балла). В свою очередь, сила трения скольжения, действующая на банку, направлена противоположно относительной скорости (1 балл), а значит под углом 45° к направлению движения второго транспортёра $\vec{v}_2$ (рис. 10.4). Чтобы банка не упала со второго транспортёра, должно выполняться

условие: $\frac{v_1^2}{2a \cos \alpha} \leq s$, где, согласно второму закону Ньютона $ma = F_{тр} = mg \mu$,

$a = \mu g$ (1 балл). Таким образом, $s \geq \frac{\sqrt{2} v_1^2}{2 \mu g}$ (2 балла).

2) При движении тела под действием силы трения скольжения выделяющаяся теплота равна модулю работы силы трения.

Вариант 1. Относительно ленты второго транспортёра банка проходит путь $\frac{(v\sqrt{2})^2}{2a} = \frac{v^2}{\mu g}$; при этом выделяется теплота $Q = |A_{тр}| = mg \mu \frac{v^2}{\mu g} = mv^2$ (4 балла; при отсутствии в решении необходимых исходных преобразований баллы не ставятся).

Вариант 2. При переходе банки с одного транспортёра на другой проекция силы трения на ось Ox $F_{тр_x}$ совершает работу по уменьшению проекции скорости банки на ось Ox v_x от v до 0; при этом выделяется теплота $Q_1 = |A_{тр_x}| = \frac{mv^2}{2}$ (1 балл). Двигатель транспортёра совершает работу, против проекции силы трения на ось Oy $F_{тр_y} = \frac{mg \mu}{\sqrt{2}}$, прикладывая к ленте равную противодействующую силу. Проекция

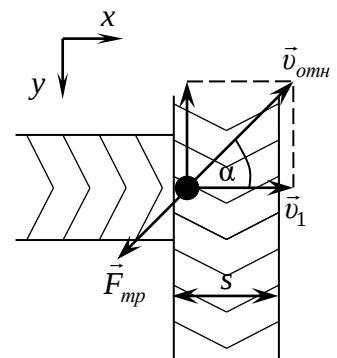


Рис. 10.4

перемещения банки на ось Оу за время ускорения равна $\frac{\sqrt{2}v^2}{2\mu g}$; лента транспортёра при этом совершает в 2 раза большее перемещение $\frac{\sqrt{2}v^2}{\mu g}$. При этом работа двигателя

ля $A = \frac{mg\mu}{\sqrt{2}} \frac{\sqrt{2}v^2}{\mu g} = mv^2$ (1 балл) расходуется на сообщение кинетической энергии

банке и выделение тепла: $mv^2 = \frac{mv^2}{2} + Q_2$, откуда $Q_2 = \frac{mv^2}{2}$ (1 балл). Полное количество теплоты $Q = Q_1 + Q_2 = mv^2$ (1 балл).

Вариант 3. В инерциальной системе отсчёта, связанной со вторым транспортёром, кинетическая энергия банки, первоначально равная $\frac{mv_{отн}^2}{2} = mv^2$, уменьшается до 0, переходя в тепло. Таким образом, искомая теплота равна $Q = mv^2$ (4 балла, при отсутствии в решении необходимых исходных преобразований баллы не ставятся).

При любом варианте решения за часть 2) даётся не более 4-х баллов.

10.2. «На пружинах». 1) Суммарная сила упругости пружин равна суммарной силе тяжести, действующей на палку и груз: $(M + m)g = 13$ (Н) (2 балла).

2) Запишем правило рычага относительно крепления палки к правой пружине: $k_1\Delta L = Mg \frac{L}{2} + mg(L - L_1)$. Тогда деформация каждой пружины равна:

$$\Delta L = \frac{Mg \frac{L}{2} + mg(L - L_1)}{k_1 L} = \frac{8 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,8}{100} = 0,08 \text{ (м)} \text{ (4 балла, при отсутствии правильного численного ответа и/или необходимых исходных преобразований в ходе решения баллы не ставятся).}$$

3) Для определения жёсткости второй пружины запишем условие равновесия палки: $k_1\Delta l + k_2\Delta l = Mg + mg$ (также можно было записать правило рычага относительно

левой точки подвеса палки), откуда $k_2 = \frac{Mg + mg}{\Delta l} - k_1 = \frac{8 + 5}{0,08} - 100 = 62,5$ (Н/м)

(2 балла, при отсутствии правильного численного ответа и/или необходимых исходных преобразований в ходе решения баллы не ставятся).

4) Поскольку плотность груза равна $\rho_s = \frac{m}{V} = \frac{0,5}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 1000$ (кг/м³), то в воде суммарное действие на него силы тяжести и силы Архимеда будет равно нулю. Тогда правило рычага относительно правой пружины можно записать так:

$$k_1\Delta l_1 L = (Mg - F_A) \cdot \frac{L}{2}, \text{ где } F_A = \rho_s g S L - \text{сила Архимеда, действующая на стержень;}$$

$$\text{тогда } \Delta l_1 = \frac{g}{2k_1} \cdot (M - \rho_s S L) = \frac{10}{2 \cdot 100} \cdot (0,8 - 1000 \cdot 10^{-4} \cdot 1) = 0,035 \text{ (м)} \text{ (2 балла, при от-}$$

сутствии правильного численного ответа и/или необходимых исходных преобразований в ходе решения баллы не ставятся).

10.3. «Поехали!» Из второго закона Ньютона получаем, что $Ma_1 = T_1$ (2 балла), $ma_2 = mg - T_2$ (2 балла), где a_1 и a_2 – ускорения тел массами M и m соответственно, T_1 – сила натяжения длинной нити, T_2 – сила натяжения нити, связывающей нижний блок с грузом массой m . Из невесомости блоков следует, что $T_2 = 2T_1$ (1 балл); из нерастяжимости нитей следует соотношение $a_1 = \frac{a_2 + a_2}{2} = a_2$ (1 балл). Выражая из первых двух равенств ускорения и приравнявая их, получим, что $T_1 = \frac{mMg}{m + 2M}$ (2 балла), $T_2 = \frac{2mMg}{m + 2M}$ (2 балла).

10.4. «Реостат». 1) Силу тока в цепи найдём из закона Ома: $I = \frac{U}{R_1 + R_2}$ (1 балл). Максимальное значение силы тока на первом резисторе равно $I_{\max} = \frac{U}{R_1} = \frac{30}{10} = 3$ (А) (1 балл), а минимальное $I_{\min} = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{30}{10 + 20} = 1$ (А) (1 балл).

2) Напряжение на реостате выражается формулой $U_2 = IR_2 = \frac{UR_2}{R_1 + R_2} = \frac{U}{\frac{R_1}{R_2} + 1}$ (1 балл). Тогда, наименьшее напряжение на реостате составляет $U_{2\min} = \frac{U \cdot 0}{R_1 + 0} = 0$ (В) (1 балл). Из формулы $U_2 = \frac{U}{\frac{R_1}{R_2} + 1}$ следует, что с ростом R_2 напряжение на реостате постоянно увеличивается, поэтому наибольшее напряжение на реостате составляет $U_{2\max} = \frac{U}{\frac{R_1}{R_2} + 1} = \frac{30}{3/2} = 20$ В (1 балл).

3) Тепловая мощность на реостате равна $P_2 = U_2 I = (U - IR_1)I$ (вид функции от тока – парабола, ветви которой направлены вниз); наибольшее значение мощности достигается при значении тока $I = \frac{U}{2R_1}$, что возможно, когда сопротивление реостата будет составлять 10 Ом; наибольшее значение тепловой мощности равно $P_2 = (U - IR_1)I = \frac{UI}{2} = \frac{U^2}{4R_1} = \frac{900}{40} = 22,5$ (Вт) (4 балла, при отсутствии правильного численного ответа и/или необходимых исходных преобразований в ходе решения баллы не ставятся).

10.5. «По стаканам». После погружения льда в первый стакан в нём установится температура t_1' , которую найдём из уравнения теплового баланса:

$$c_6 m_1 (t_1 - t_1') = \lambda m_3 + c_6 m_3 (t_1' - 0):$$

$$t_1' = \frac{c_6 m_1 t_1 - \lambda m_3}{c_6 (m_1 + m_3)} = \frac{4200 \cdot 0,15 \cdot 60 - 330000 \cdot 0,01}{4200 \cdot 0,16} = 51,3^\circ\text{C} \quad (2 \text{ балла; если для предло-}$$

женного участником метода решения эта температура не требовалась, то по 1 баллу добавляются к конечной сумме баллов за первый и второй результаты).

1) *Вариант 1.* После переливаний в первом стакане окажется вода массой m_2 с температурой t_4 . Уравнение теплового баланса для этого случая можно записать с учётом того, что у воды массой m_2 температура изменилась с t_2 до t_4 , а у $m_1 + m_3$ с t_1' до t_3 . Тогда из уравнения теплового баланса $c_6 (m_1 + m_3) (t_1' - t_3) = c_6 m_2 (t_4 - t_2)$

$$(2 \text{ балла}) \quad t_4 = \frac{(m_1 + m_3) (t_1' - t_3)}{m_2} + t_2 = \frac{0,16 \cdot (51,3 - 35)}{0,1} + 20 = 46,1^\circ\text{C} \quad (2 \text{ балла}).$$

Вариант 2. Найдём массу воды Δm_1 , которую нужно перелить из первого стакана во второй, чтобы температура во втором стала равной $t_3 = 35^\circ\text{C}$. Из уравнения теп-

$$\text{лового баланса } c_6 \Delta m_1 (t_1' - t_3) = c_6 m_2 (t_3 - t_2) \quad \Delta m_1 = \frac{m_2 (t_3 - t_2)}{t_1' - t_3} = \frac{0,1 \cdot (35 - 20)}{51,3 - 35} = 0,092 \text{ (кг)}$$

(2 балла). Тогда во втором стакане окажется масса воды $m_2 + \Delta m = 0,192$ кг, что больше необходимых $m_1 + m_3 = 0,16$ кг при температуре $t_3 = 35^\circ\text{C}$. В первый стакан нужно вернуть воду массой $\Delta m_2 = m_2 + \Delta m_1 - m_1 - m_3 = 0,032$ кг. Из уравнения теп-

$$\text{лового баланса } c_6 \Delta m_2 (t_4 - t_3) = c_6 (m_1 + m_3 - \Delta m_1) (t_1' - t_4) \text{ в первом стакане установится}$$

$$\text{температура} \quad t_4 = \frac{(m_1 + m_3 - \Delta m_1) t_1' + \Delta m_2 t_3}{m_1 + m_3 - \Delta m_1 + m_2 + \Delta m_1 - m_1 - m_3}, \quad \text{численно}$$

$$t_4 = \frac{(0,16 - 0,092) \cdot 51,3 + 0,032 \cdot 35}{0,1} = 46,1^\circ\text{C} \quad (2 \text{ балла}).$$

При любом варианте решения за часть 1) даётся не более 4-х баллов.

2) Для второго случая уравнение теплового баланса можно также записать для масс воды $m_1 + m_3$ и m_2 и начальных температур t_1' и t_2 :

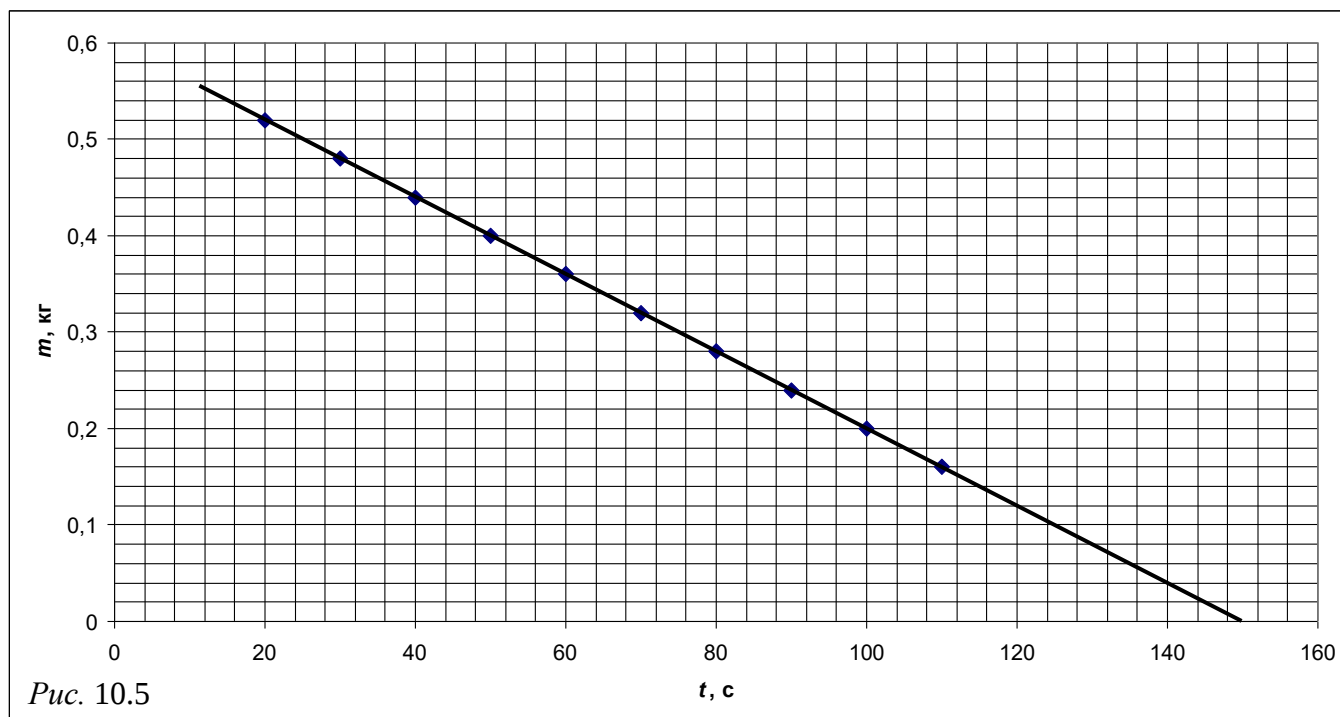
$$c_6 (m_1 + m_3) (t_1' - t_5) = c_6 m_2 (t_5 - t_2) \quad (2 \text{ балла}), \quad \text{откуда}$$

$$t_5 = \frac{(m_1 + m_3) t_1' + m_2 t_2}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{0,16 \cdot 51,3 + 0,1 \cdot 20}{0,15 + 0,1 + 0,01} = 39,3^\circ\text{C} \quad (2 \text{ балла}).$$

10.6. «На весах». 1) График зависимости показаний весов m от времени t показан на рис. 10.5 (2 балла; при отсутствии подписи хотя бы одной из осей координат, масштаба, хотя бы одной единицы измерения, одной и более контрольных точек на графике точек ставится 1 балл).

2) Полученная зависимость m от t изображается прямой линией (1 балл). Продлим график до пересечения с горизонтальной осью, тем самым мы найдем время, спустя которое Коля поднимет весь жгут: $t_0 = 150$ с (2 балла).

3) Продлим график до пересечения с вертикальной осью и найдем начальную массу жгута $m_0 = 0,6$ кг (2 балла). Зная, что Коля поднимает жгут за один из концов с постоянной скоростью 2 см/с, вычислим полную длину жгута $l_0 = 300$ см (3 балла).



РЕШЕНИЯ И РАЗБАЛЛОВКА ПО ЗАДАЧАМ ДЛЯ XI КЛАССА

11.1. «Запуск». Определим время полёта снаряда t_1 из уравнения движения:
 $0 = ut - \frac{gt^2}{2}$, $t_1 = \frac{2u}{g} = \frac{2 \cdot 100}{10} = 20$ (с) (2 балла). Тогда смещение снаряда по горизон-
 тали составит расстояние $S_1 = vt_1 = \frac{2uv}{g} = 400$ (м) (2 балла).

После запуска снаряда пушка останавливается через $t_2 = \frac{v}{a} = \frac{20}{5} = 4$ (с) (2 балла),
 преодолев расстояние $S_2 = vt_2 - \frac{at_2^2}{2} = 40$ (м) (2 балла). Тогда расстояние между
 упавшим снарядом и пушкой составит $S_1 - S_2 = 360$ (м) (2 балла).

11.2. «Система грузов». 1) Груз m_1 может двигаться с максимальным ускорением μg (2 балла).

2) Система придёт в движение, если $m_2 g > \mu(m_1 + M)g$ (1 балл), откуда
 $\mu < \frac{m_2}{M + m_1}$ (2 балла).

3) Согласно второму закону Ньютона, ускорение груза m_2 равно $g \frac{m_2 - \mu(m_1 + M)}{m_1 + m_2 + M}$
 (2 балла). С учётом результата 1), найденное ускорение не может быть более вели-
 чины μg , поэтому $\frac{m_2 - \mu(m_1 + M)}{m_1 + m_2 + M} < \mu$ (1 балл), откуда $\mu > \frac{m_2}{2(M + m_1) + m_2}$ (2 балла).

11.3. «Газовый процесс». 1) Так как $U = 3\nu RT/2$, то процесс 1–2 – изотермический (1 балл). Согласно закону Бойля – Мариотта, объём газа при этом уменьшается и над ним совершается положительная работа A' (или самим газом совершается отрицательная работа A) (1 балл). По первому закону термодинамики $Q = A + \Delta U$ (1 балл); так как $\Delta U = 0$, а $A < 0$, то $Q < 0$, т. е. в процессе 1–2 отдаёт положительное количество теплоты (1 балл).

В процессе 2–3 давление пропорционально температуре, следовательно, процесс – изохорный и работа при этом не совершается (1 балл). Поскольку внутренняя энергия растёт, то в процессе 2–3 газ получает положительное количество теплоты (1 балл).

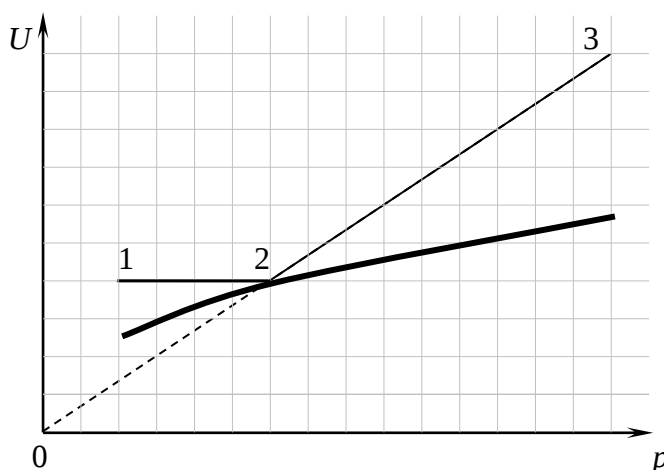


Рис. 11.5

2) Согласно уравнению Клапейрона–Менделеева $V = \alpha U/p$, где $\alpha = \text{const}$ (1 балл). Подставляя это выражение в уравнение адиабаты, получаем: $U = \text{const} \cdot p^{\frac{5/3-1}{5/3}} = \text{const} \cdot p^{2/5}$ (1 балл). График изображён на рис. 11.5 (2 балла).

11.4. «Игры с ключом». 1) Наибольшая сила тока будет протекать по цепи в момент замыкания ключа, когда конденсаторы ещё не заряжены (1 балл). Из закона Ома для полной цепи величина тока в цепи и на конденсаторе $2C$ равна $I_1 = \frac{\varepsilon}{r}$ (2 балла).

2) В процессе зарядки конденсаторов на каждом из них установится заряд $q_1 = \varepsilon \cdot C_{\text{общ}}$ (1 балл), где $C_{\text{общ}} = \frac{6}{11}C$ (1 балл). После закорачивания конденсатора $3C$ проводником, суммарная ёмкость заряженных конденсаторов станет равной $\frac{2}{3}C$

(1 балл), а общее напряжение на них (при разомкнутом ключе!) $\frac{q_1}{2C/3} = \frac{9}{11}\varepsilon$ (1 балл).

Максимальный ток будет протекать также сразу после замыкания ключа и его вели-

чина будет равна $I_2 = \frac{\varepsilon - \frac{9}{11}\varepsilon}{r} = \frac{2\varepsilon}{11r}$ (1 балл).

3) Суммарный заряд, прошедший через источник тока, численно равен величине конечного заряда на одной из обкладок конденсатора C (или $2C$) (1 балл):

$q_2 = \varepsilon \cdot \frac{2}{3}C$ (1 балл).

11.5. «Максимальный выигрыш». 1) Очевидно, что мощность максимальна, если плоскость панели перпендикулярна солнечному лучу (2 балла). Если это не так, то падающая мощность равна $JScos\theta$, где J и S – константы, а θ – угол между лучом и нормалью к панели (2 балла). Таким образом, $\alpha = 90^\circ - \varphi = 33^\circ$ (1 балл).

2) *Геометрическое решение.* Из построения (рис. 11.6) видно, что длина тени максимальна, если крайний луч проходит по касательной к окружности, описываемой верхней точкой панели при изменении угла наклона (1 балл). Таким образом $\beta = 90^\circ - \varphi = 33^\circ$ (2 балла).

2') *Физическое решение (оценивается, если отсутствует или неверно геометрическое решение!)* Площадь и, стало быть, длина тени пропорциональна энергии излучения, не доходящей до Земли, т. е. поглощаемой панелью (1 балл). Отсюда следует, что $\beta = \alpha = 90^\circ - \varphi = 33^\circ$ (2 балла).

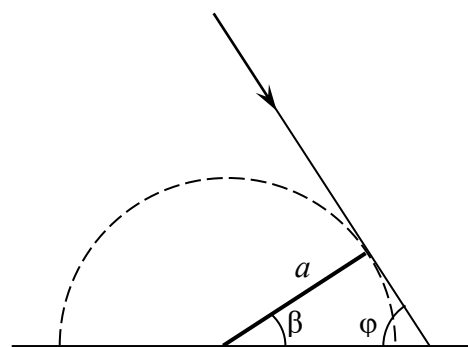


Рис. 11.6

3) Максимальная длина тени $l_{\max} = a/\sin\varphi = 500$ мм (2 балла).

11.6. «Катушка с проводом». 1) График зависимости сопротивления оставшегося на катушке провода R от времени t показан на рис. 11.7 (2 балла; при отсутствии подписи хотя бы одной из осей координат, масштаба, хотя бы одной единицы измерения, одной и более контрольных точек на графике точек ставится 1 балл).

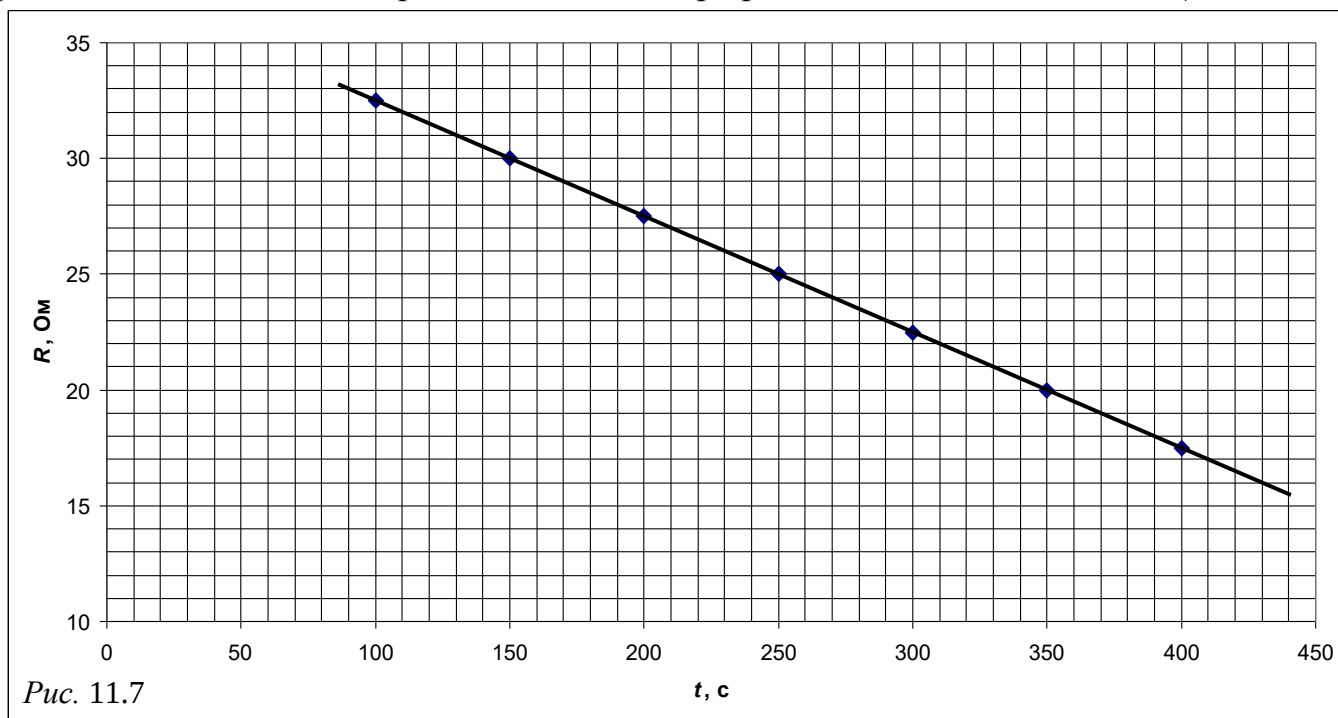


Рис. 11.7

2) Зависимость R от t изображается прямой линией (1 балл). Из графика можно получить уравнение зависимости сопротивления оставшегося на катушке провода R от времени t : $R(t) = 37,5 - 0,05t$ (в единицах СИ). С учётом полученной формулы начальное сопротивление провода равно $R_0 = 37,5$ Ом (2 балла), а весь провод будет размотан спустя время $t_0 = 750$ с (2 балла).

3) Сопротивление проводника можно найти по формуле $R = \rho l / S$, поэтому сопротивление размотанной части провода длиной $l = 500$ м равно $R_1 = 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 500 / (2,5 \cdot 10^{-6}) = 3,4$ Ом (1 балл). Сопротивление оставшегося провода $R_2 = R_0 - R_1 = 34,1$ Ом (1 балл). С учётом зависимости сопротивления провода от времени длина размотанной части провода будет равна $l = 500$ м спустя время $t_1 = 68$ с (1 балл).