

Саратовский государственный университет
имени Н.Г.Чернышевского

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



Саратов
2023 г

Комплект заданий подготовлен
региональной методической комиссией по физике

Координаты для связи (Савин Алексей Владимирович):

E-mail: sarphys@yandex.ru с пометкой «Олимпиада» в теме письма

Адрес: 410012, Саратов, ул. Астраханская, 83, СГУ, Институт физики,
Савину А.В.

Задачи предложили:

7 класс

1. А.В. Савин
2. В.Н. Шевцов
3. В.П. Вешнев
4. Д.О. Любченко

8 класс

1. А.В. Савин
2. Д.В. Савин
3. А.А. Ростунцова
4. Д.В. Савин

9 класс

1. А.В. Савин
2. В.Н. Шевцов
3. В.Н. Шевцов
4. М.М. Стольниц
5. М.М. Стольниц

10 класс

1. М.М. Стольниц
2. Д.О. Любченко
3. А.А. Князев
4. Д.О. Любченко
5. А.В. Савин

11 класс

1. А.А. Князев
2. А.А. Князев
3. А.В. Савин
4. А.В. Савин
5. М.М. Стольниц

Председатель методической комиссии: А.В. Савин.

Члены методической комиссии: А.А. Князев, Д.О. Любченко,
М.Н. Нурлыгаянова, А.А. Ростунцова, Д.В. Савин, М.М. Стольниц, Р.А. Торга-
шов, В.Н. Шевцов.

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

Построение графиков – А.А. Ростунцова, Д.В. Савин.

© Авторский коллектив, 2023 г

Подписано в печать 7 декабря в 01.01,
с исправлениями 12 декабря в 23.32.

Условия задач**7 класс****1. "От чего зависит средняя скорость?"**

В городе N трамвайная линия является кольцевой и состоит из 10 перегонов длиной 750 м каждый. На перегоне трамвай движется с постоянной скоростью 30 км/ч. По линии ходят 2 типа трамваев: с кондуктором и без него. Трамвай с кондуктором стоит на каждой остановке 15 с. Трамвай без кондуктора стоит на каждой остановке столько времени, сколько нужно, чтобы каждый из выходящих пассажиров оплатил свой проезд водителю. На оплату проезда одним пассажиром требуется 8 с. Оцените, во сколько раз отличаются средние скорости движения по линии трамваев этих типов, если за один рейс трамвай перевозит 200 пассажиров. Считайте, интервалы между трамваями таковы, что догнать друг друга они не успевают.

2. "Курьер в лифте"

Курьер поднимается в лифте с первого этажа на десятый на высоту 30 м за 1 мин. В течение следующих 20 сек, не выходя из лифта, он вручает письмо адресату, который ожидает корреспонденцию на 10 этаже у дверей лифта. После этого курьер возвращается обратно на первый этаж и мгновенно выходит из лифта. Лифт движется вверх и вниз с одинаковой по величине постоянной скоростью.

Для промежутка времени, соответствующего нахождению курьера в лифте, постройте графики зависимости пути, пройденного курьером, и его скорости относительно Земли от времени. Поясните построение графиков и приведите необходимые расчеты.

3. "Плотность "плотного" стекла"

Стеклодув изготовил пористое стекло плотностью $2,50 \text{ г/см}^3$. Когда кусок такого стекла на длительное время положили в воду, его масса увеличилась на 5%, а объем не изменился. Какую плотность будет иметь "плотное" (без пор) стекло? Плотность воды $1,00 \text{ г/см}^3$.

4. "Спички"

Спичка состоит из соломинки квадратного сечения и круглой головки. По приведенной фотографии (рис. 1) спичек и лежащей рядом линейки определите

средний диаметр головки и среднюю длину спички. Цена деления линейки на фотографии – 1 мм. Вы можете использовать собственную линейку для проведения измерений. В работе опишите все проведенные Вами измерения и приведите их результаты.



Рис. 1

8 класс

1. "Нетранзитивная фора"

Андрей, Борис и Василий соревнуются в беге на 10 км. Оказалось, что Андрей может дать Борису фору 800 м (т.е. если Андрей стартует в тот момент, когда Борис уже пробежал 800 м, они придут к финишу одновременно), а Борис может дать Василию фору 450 м. Какую фору может дать Андрей Василию?

2. "Утилизация металла"

При демонтаже двухколейной (двухпутной) трамвайной линии снятые рельсы и провода были доставлены на склад для дальнейшей утилизации. При взвешивании оказалось, что рельсов на склад было доставлено 1174,7 т, а проводов – 17 т. Известно, что провода были сняты с 11 км трамвайной линии, а 1 м рельса весит 58 кг. Определите по этим данным плотности металлов, из которых изготовлены рельсы и провода, а также длину участка линии, с которого были сняты рельсы. Площадь поперечного сечения провода со-

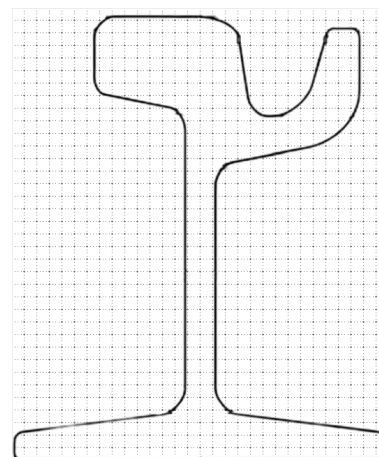


Рис. 2

ставляет 85 мм^2 , поперечное сечение рельса приведено на рис. 2 (длина сторона одной клеточки составляет 5 мм). Питание каждого из путей осуществляется через однопроводную линию.

3. "Нагрев за постоянное время"

Инженер проводит серию экспериментов, в которых сосуд с водой при комнатной температуре, равной 25°C , нагревается в течение фиксированного времени (одного и того же в разных экспериментах) с постоянной мощностью. При мощности нагрева 12 кВт по итогам эксперимента в сосуде совсем не осталось воды. Во втором эксперименте мощность нагрева была снижена на некоторую величину, и в результате в сосуде осталось 20% от начального количества воды. В третьем эксперименте инженер ещё раз понизил мощность на такую же величину, и в сосуде осталось уже 50% воды. При какой мощности нагрева в сосуде останется вся изначально находившаяся в нем вода при температуре кипения? Удельная теплоемкость воды $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{C})$, удельная теплота парообразования воды $2,3 \text{ МДж}/\text{кг}$, нагревом самого сосуда и потерями тепла в окружающую среду можно пренебречь. Считайте также, что испарением воды при температуре ниже температуры кипения можно пренебрегать. Температура кипения воды в условиях эксперимента 100°C , количество воды в сосуде в начале каждого эксперимента одинаково.

4. "Падение шарика"

После праздника в комнате остался воздушный шарик, наполненный гелием. К шарика была привязана однородная нить длиной 300 см и массой 126 г, при этом часть нити длиной x лежала на полу. Через некоторое время шарик начал опускаться. Чтобы определить скорость падения шарика, любознательный ученик решил время от времени измерять длину x и записал результаты измерений в таблицу. Определите по этим данным скорость утечки гелия из шарика (в г/с). Считайте, что в течение всего рассматриваемого процесса плотность гелия и скорость его утечки практически не изменяются, воздух внутрь шарика не проникает. Воздух тяжелее гелия в 7,25 раза.

T , ч:мин	9:05	9:35	10:00	10:28	11:01
x , см	91	95	99	105	112

Если для решения этой задачи Вам потребуется построить график, используйте для этого специальный лист, выданный Вам вместе с условиями. Сдайте его вместе со своей работой, не подписывая. Если Вы испортите этот лист, обратитесь к организаторам и Вам обменяют его на новый.

9 класс

1. "Тормозной путь"

На полигоне проводятся испытания тормозной системы нового автомобиля, в процессе которых замеряется тормозной путь: расстояние от точки, в которой водитель получает сигнал о необходимости торможения, до точки, в которой автомобиль полностью останавливается. Оказалось, что при скорости автомобиля 18 км/ч тормозной путь составляет 5 м, а при скорости 36 км/ч – 15 м. Каков будет тормозной путь при скорости 72 км/ч? Считайте, что с момента нажатия водителем на педаль тормоза до момента полной остановки автомобиля движется равноускоренно, сопротивлением воздуха можно пренебречь.

2. "Следы прошедшего града"

После прошедшего града на натянутой горизонтально сетке с шириной ячейки 4 мм остались градины разного размера. Градины диаметром 5 мм провалились через ячейки через 10 мин. Через какое время провалятся через ячейки градины диаметром 2,5 см? Считайте, что выпавший град имеет температуру 0°C, все градины имеют шарообразную форму, нити, из которых изготовлена сетка, очень тонкие и очень плохо проводят тепло.

3. "Идеальный амперметр"

Определите показания идеального амперметра в приведенной на рис. 3 схеме. Сопротивления резисторов указаны в Омах.

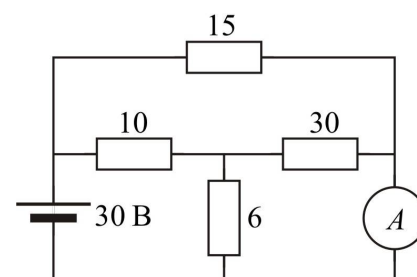


Рис. 3

4. "На краю ущелья"

Альпинист оказался на краю ущелья глубиной 100 м, стороны которого образуют равнобедренный треугольник (см. рис.4). Ближняя к альпинисту сторона ущелья покрыта пеплом и полностью поглощает свет, а дальняя представляет собой гладкую обледеневшую поверхность и зеркально отражает свет. При какой

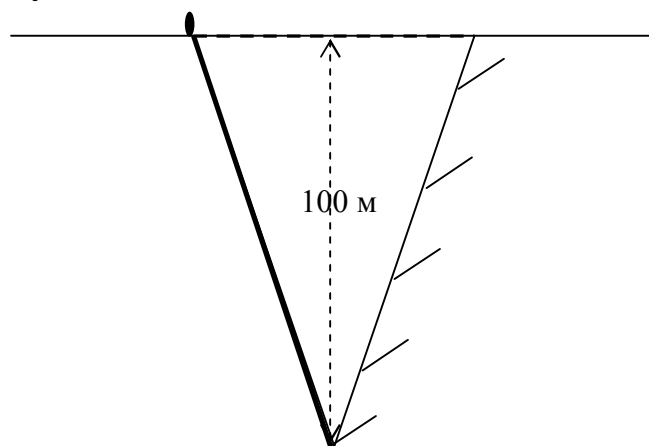


Рис. 4

ширине ущелья альпинист не увидит света своего фонарика, отраженного от зеркальной стены? Считайте, что размеры альпиниста много меньше глубины ущелья, а воздух в горах настолько чистый, что свет фонарика видно за несколько километров.

5." Кубик на пружинках - 1"

Для лабораторной работы выделено следующее оборудование: сосуд, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда с квадратным дном, источник с постоянной скоростью подачи воды в сосуд, линейка, секундомер. В сосуд помещён кубик с длиной ребра $d=2$ см, прикрепленный нижней гранью к концам 4-х одинаковых лёгких тонких пружин, нижние концы которых прикреплены к дну сосуда (см. рис.5). Нужно определить плотность материала кубика ρ и коэффициент жёсткости системы пружин k . Ускорение свободного падения $g=9,81$ м/с², длина пружин в нерастянутом состоянии $l=5$ см, плотность воды $\rho_0=1,00$ г/см³, пружинки прикреплены к углам кубика.

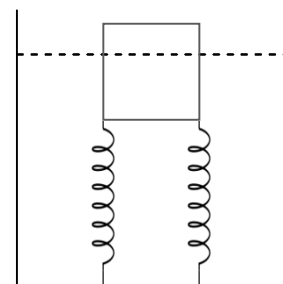


Рис. 5

Ученик запустил подачу воды в сосуд и с помощью линейки измерял уровень воды, а с помощью секундомера – время, прошедшее с момента начала процесса. Результаты измерений приведены в таблице. Постройте график полученной зависимости и найдите требуемые величины.

t , мин	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
H , см	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,7	4,7	5,7	6,7	7,6	8,3	9,0	9,7	10,4	11,1	11,8	12,5

Для построения графика используйте специальный лист, выданный Вам вместе с условиями. Сдайте его вместе со своей работой, не подписывая. Если Вы испортите этот лист, обратитесь к организаторам и Вам обменяют его на новый.

10 класс

1. " Фейерверк с минимальными затратами"

Король приказал придворному алхимику устроить праздничный фейерверк: ровно в полночь с вершины башни должен быть произведён залп из 7 расположенных очень близко друг к другу орудий, после чего в небе одновременно вспыхнут 7 разноцветных огней в точках ABCDEFG, размещённых на воображаемом циферблате часов и соответ-

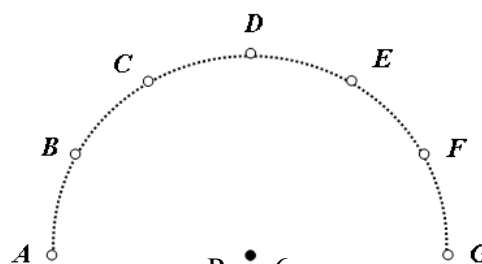


Рис. 6

вующих 9, 10, 11, 12, 1, 2 и 3 часам (см. рис. 6). Королевский казначей же потребовал, чтобы на фейерверк было потрачено минимальное количество пороха. Известно, что для запуска «снаряда», летящего в точку, соответствующую 12-ти часам, требуется заряд массы m_0 . Найдите массы остальных зарядов.

Считайте, что кинетическая энергия, сообщаемая орудием снаряду, прямо пропорциональна массе использованного пороха. "Снаряды" можно считать материальными точками, которые одновременно вылетают из одной точки. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2. "Испытание опознанного летающего объекта"

Изобретатели с планеты Вестер создали летательный аппарат в виде сферы. Аппарат оснащен двумя двигателями: первый может сообщать аппарату ускорение в вертикальном направлении, второй – в горизонтальном. В атмосфере планеты им удалось разогнать аппарат, удерживаемый при помощи первого двигателя на постоянной высоте, до горизонтальной скорости 900 км/ч. Оказалось, что для этого полезная мощность второго двигателя должна составлять 1500 л.с. (1 л.с. = 735,5 Вт). Считая, что сила вязкого трения пропорциональна квадрату скорости, определите коэффициент пропорциональности в этой зависимости.

3. "Поднимаем мачту"

Человек поднимает мачту на пришвартованной к берегу яхте, упираясь в неё снизу руками и перебирая ими от конца мачты к основанию (см. рис.7). При этом он прикладывает наименьшую силу, достаточную для подъема мачты. При каком значении угла наклона мачты к горизонту α эта сила будет максимальной? Чему она равна, если длина мачты $L=5$ м, ее масса $m=25$ кг, а руки человека все время находятся на постоянной высоте $h=1$ м относительно точки крепления мачты?

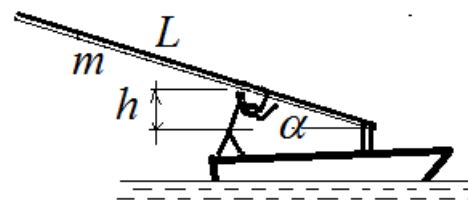


Рис. 7

4. "Нелинейная цепь"

Вольт-амперная характеристика лампочки имеет вид, показанный на рис.8 справа. Известно, что в приведенной на рис. слева схеме вольтметр показывает 5 В, а ЭДС источника равна 7,5 В. Полагая источник, вольтметр и амперметр идеальными, определите показания амперметра.

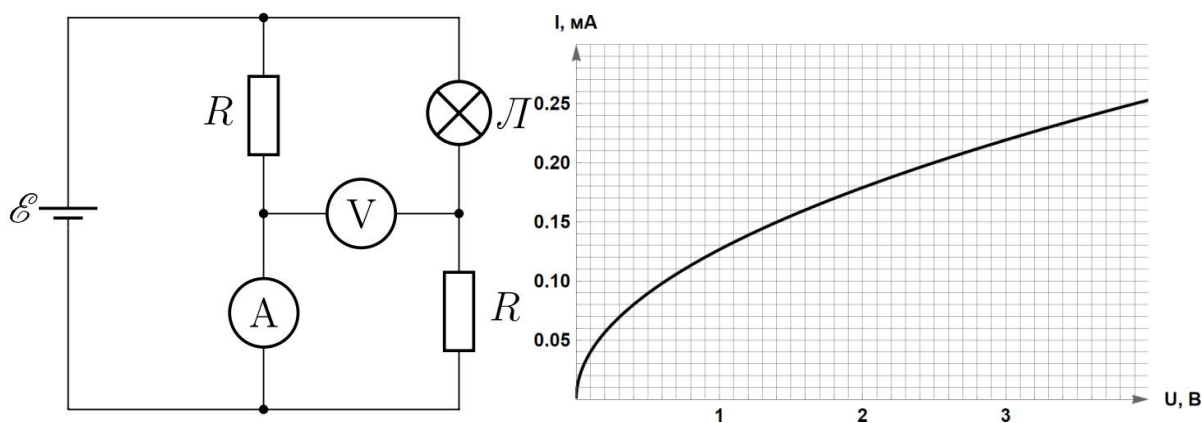


Рис. 8

5. "Гидростатическое равновесие"

Однажды экспериментатор Глюк провел следующий эксперимент: медленно подливая воду в показанный на рис. 9 аквариум, он записывал зависимость силы реакции левой опоры от уровня налитой воды. Постройте график приведенной зависимости. Определите: а) площадь основания груза; б) площадь основания аквариума; в) массу груза; г) плотность груза. Известно, что плотность воды $1,00 \text{ г/см}^3$, ускорение свободного падения $9,8 \text{ м/с}^2$, масса пустого аквариума 250 г . Считайте, что опоры расположены на равном расстоянии от центра аквариума, а центр масс аквариума совпадает с его геометрическим центром. Известно, что груз цилиндрический, его основание неплотно прилегает к дну аквариума, а его плотность больше плотности воды.

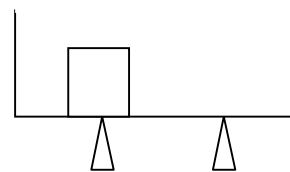


Рис. 9

$h, \text{ см}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N_1, \text{ Н}$	6,1	6,3	6,5	6,7	6,9	7,2	7,6	7,9	8,2	8,6	8,9

Для построения графика используйте специальный лист, выданный Вам вместе с условиями. Сдайте его вместе со своей работой, не подписывая. Если Вы испортите этот лист, обратитесь к организаторам и Вам обменяют его на новый.

11 класс

1. "Полое колесо"

На столе стоит колесо в виде узкого полого однородного обруча прямоугольного (для устойчивости) сечения (рис. 10). Масса обруча M , его радиус R . С верхней точки внутри обруча начинает скатываться без трения небольшой, но массивный шарик массой m . Какую скорость приобретёт верхняя точка колеса к моменту, когда шарик окажется в нижней точке колеса? Движение колеса происходит без проскальзывания, сопротивления воздуха

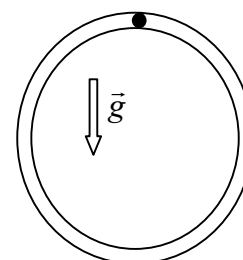


Рис. 10

внутри обруча нет.

2. "Утечка воздуха"

За сутки внутри космического корабля объемом 100 м^3 температура воздуха повысилась с 10°C до 15°C , а давление возросло от 755 мм. рт. ст. до 760 мм. рт. ст. Какая масса воздуха была потеряна за сутки? Плотность ртути 13600 кг/м^3 , молярная масса воздуха 29 г/моль .

3. "Поворот известного опыта"

В честь 100-летия присуждения Нобелевской премии по физике Р. Милликену экспериментатор Глюк решил провести опыты по определению элементарного электрического заряда, однако на установке собственной конструкции (см. рис. 11) В ней маленькие заряженные шарики без начальной скорости попадают в ускоряющий промежуток длины h , в котором создано горизонтальное постоянное электрическое поле напряженностью E . Экспериментатор Глюк регистрирует горизонтальное смещение шариков относительно начального положения X при их попадании на чувствительную матрицу. Считая отмеченные на рис. величины известными, выразите через них отношение заряда шарика к его массе. Оцените, шарики какого размера должен использовать Глюк, если он хочет определить из своего опыта величину элементарного электрического заряда. Считайте, что шарики движутся в вакууме, а напряженность поля в конденсаторе не превышает 20 кВ/см .

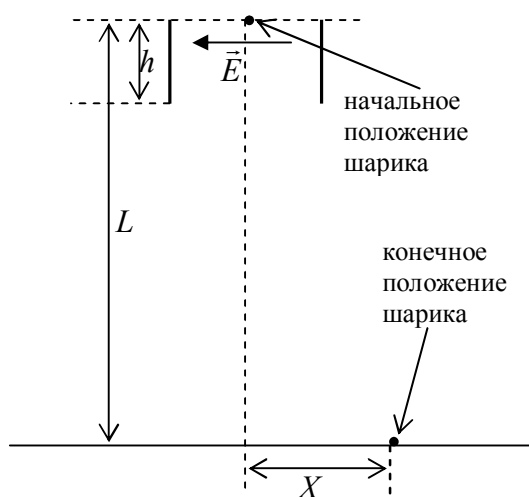


Рис. 11

4. "Резкий поворот"

В плоскости, содержащей главную оптическую ось собирающей линзы, ползет с постоянной скоростью маленький муравей. Оказавшись на главной оптической оси, он резко поворачивает на 90° и продолжает равномерно ползти с такой же по модулю скоростью. Известно, что скорость его действительного изображения в линзе непосредственно перед поворотом была больше его скорости в $1,94$ раза, а сразу после поворота – в $1,50$ раза. Какой угол с главной оптической осью образовывала скорость муравья перед поворотом?

5." Кубик на пружинках - 2"

Для лабораторной работы выделено следующее оборудование: сосуд, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда с квадратным дном, источник с постоянной скоростью подачи воды в сосуд, линейка, секундомер. В сосуд помещён кубик с длиной ребра $d=2$ см, прикрепленный нижней гранью к концам 4-х одинаковых лёгких тонких пружинок, нижние концы которых прикреплены к дну сосуда (см. рис. 12). Нужно определить плотность материала кубика ρ , коэффициент жёсткости системы пружин k и сторону дна сосуда D . Ускорение свободного падения $g=9,81$ м/с², длина пружинок в нерастянутом состоянии $l=5$ см, плотность воды $\rho_0=1,00$ г/см³, пружинки прикреплены к углам кубика.

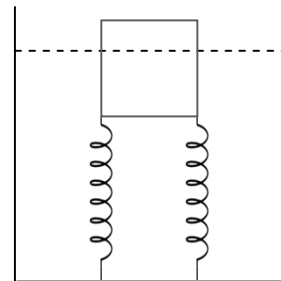


Рис.12

Ученик запустил подачу воды в сосуд и с помощью линейки измерял уровень воды, а с помощью секундомера – время, прошедшее с момента начала процесса. Результаты измерений приведены в таблице. Постройте график полученной зависимости и найдите требуемые величины.

t , мин	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
H , см	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,7	4,7	5,7	6,7	7,6	8,3	9,0	9,7	10,4	11,1	11,8	12,5

Для построения графика используйте специальный лист, выданный Вам вместе с условиями. Сдайте его вместе со своей работой, не подписывая. Если Вы испортите этот лист, обратитесь к организаторам и Вам обменяют его на новый.

Решения задач

7 класс

7-1. Т.к. пройденный трамваями путь одинаковый (это длина линии), то отношение средних скоростей движения обратно отношению времен, затрачиваемых на прохождение линии. Это время складывается из времени собственно движения и времени, в течение которого трамвай стоит на остановках. Время движения у обоих трамваев одинаково и равно $10 \cdot 0,75 \text{ км} / 30 \text{ км/ч} = 0,25 \text{ часа} = 15 \text{ минут}$. Время, проводимое на остановках, у первого трамвая равно $10 \cdot 15 \text{ с} = 2,5 \text{ минуты}$. У второго это время можно рассчитать как $200 \cdot 8 \text{ с} = 1600 \text{ с} \approx 26,7 \text{ мин}$. (Заметим, что, строго говоря, это оценка снизу, т.к. могут оказаться остановки, на которых выходит 1 пассажир либо не выходит ни одного). Тогда отношение времен прохождения линии составляет $(15+26,7)/(15+2,5) \approx 2,4$, т.е. средняя скорость трамвая без кондуктора в 2,4 раза меньше (это также оценка снизу).

Ответ: в 2,4 раза.

Критерии оценивания

Найдено время, затрачиваемое на прохождение всех перегонов	2
Найдено время, которое трамвай с кондуктором стоит на остановках	2
Найдено время, которое трамвай без кондуктора стоит на остановках	3
Получен ответ	3

Указание проверяющему: 1. Ответы с бóльшим, чем в авторском, числом значащих цифр также следует засчитывать. Допускается округление ответа до 2,5 раз.

2. Если из решения либо ответа непонятно, скорость какого трамвая автор считает большей, баллы за ответ не ставятся.

7-2. Определим скорость движения лифта $v = \frac{h}{t_1} = \frac{30}{60} = 0,5 \text{ м/с}$. В первые и по-

следние 60 с движения скорость курьера была равна скорости лифта, а пройденный им путь равномерно увеличивался $S=vt$. В то время, когда курьер отдавал письмо, его скорость была равна нулю, а пройденный путь не менялся.

Графики приведены на рис. 13

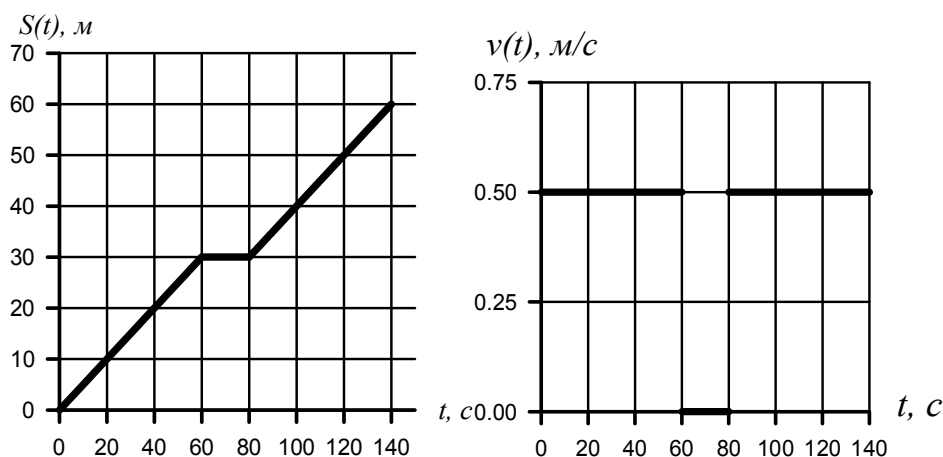


Рис. 13

Ответ: см. рис. 13.

Критерии оценивания

Рассчитана скорость движения лифта	1
Записана формула для зависимости пути от времени	1
если ни одного из предыдущих пунктов нет, дальнейшее решение не оценивается.	
<i>Построение графиков</i>	
график зависимости пути от времени: за наклонные участки	1
за прямой участок	1
график зависимости скорости от времени: за ненулевые участки	1
за нулевой участок	1
<i>Оформление графиков</i>	
подписаны размерности на осях	по 0,5 за ось, всего 2
указан масштаб на осях	по 0,25 за ось, всего 1
нанесена оцифровка осей	по 0,25 за ось, всего 1
Сумма баллов за задачу округляется до целого по общепринятым правилам (6,25≈6, 6,5≈7)	

Указания проверяющему: 1. Если разные участки графиков приведены в разном масштабе, засчитываются как верные только соответствующие какому-либо одному масштабу – тому, в котором построена большая часть участков.

2. Если хотя бы на одной из осей графика не указано, какая величина по ней отложена, график не оценивается (ни за содержание, ни за оформление).

3. Если графики построены неверно, баллы за оформление **ставятся**.

4. График скорости, на котором скорость на последнем участке показана отрицательной, нужно оценивать как верный.

5. График пути, на котором на последнем участке путь убывает, оценивать как верный **нельзя**.

7-3. 1-й способ. Увеличение масса куска стекла на 5% произошло за счет заполнения его пор водой. Тогда масса воды в порах составляет 5% от массы стекла (1). В "плотном стекле" поры фактически заполнены тем же стеклом, поэтому при том же объеме его масса увеличится на $5\% \cdot \rho_c / \rho_v$ (2) (обратите внимание, что ρ_c здесь – плотность "плотного" стекла!). Т.к. объем не изменился, то на столько же процентов увеличится и плотность, то есть $\rho_c = 2,5 \text{ г/см}^3 \cdot (1 + 0,05 \cdot \rho_c / \rho_v)$ (3). Отсюда находим $\rho_c = 2,86 \text{ г/см}^3$.

2-й способ. Пусть V_c – объем стекла в куске, $V_{\text{п}}$ – объем пор. Тогда $\frac{\rho_v V_{\text{п}}}{\rho_c V_c} = 0,05$ (4)

и $\frac{\rho_c V_c}{V_c + V_{\text{п}}} = \rho_{\text{л}} = 2,5 \text{ г/см}^3$ (5). Переписав второе соотношение в форме

$\rho_c = \rho_{\text{л}} \left(1 + \frac{V_{\text{п}}}{V_c}\right)$ и выражая из первого $\frac{V_{\text{п}}}{V_c} = 0,05 \frac{\rho_c}{\rho_v}$, получаем уравнение

$$\rho_c = \rho_n \left(1 + 0,05 \frac{\rho_c}{\rho_b}\right), \text{ откуда находим } \rho_c = \frac{\rho_n}{1 - 0,05 \frac{\rho_n}{\rho_b}} = 2,86 \text{ г/см}^3.$$

Ответ: 2,86 г/см³.

Критерии оценивания

<i>1-й способ</i>	
За утверждение (1)	2
за утверждение (2)	3
за уравнение (3)	3
получен ответ	2
<i>2-й способ</i>	
За уравнения (4) и (5)	по 2 балла
За ответ	6
в том числе: в общем виде	4
Числовой	2

Указания проверяющему: 1. При решении 2-м способом вместо одной из формул (4) или (5) может быть записана формула $\frac{\rho_c V_c + \rho_b V_n}{V_c + V_n} = 1,05 \rho_n$.

2. Если при решении 2-м способом ответ в общем виде не получен, но числовой ответ верный, за ответ ставить 6 баллов.

7-4. Полезно сразу определить масштаб. Например, можно приложить свою линейку к фотографии и определить две точки, в которых деления на линейке рисунка хорошо совпадают с делениями линейки (чем больше расстояние между этими точками, тем точнее получится определить масштаб). При измерениях по условиям, распечатанным методической комиссией, 4,0 см линейки на рисунке соответствуют 6,5 см "реальной" линейки, т.е. масштаб рисунка 1,625: 1 (в 1,625 мм рисунка – 1 мм реального объекта). Для условий, распечатанных на других принтерах, масштаб может незначительно отличаться, что, конечно, не повлияет на определяемые размеры.

Из-за того, что головки спичек расположены вплотную, можно померить общую длину головок по середине (см. рис. 14) и поделить на их количество, чтобы получить средний диаметр головки спички. Самую левую спичку можно не учитывать, т.к. между ней и остальными имеется небольшой промежуток. Длина 26 спичек на рисунке в нашем случае составляет 124 мм, что соответствует 124/1,625 мм \approx 76 мм реальной длины. Тогда средний диаметр головки составляет 76/26 \approx 2,9 мм.

Для определения средней длины спички наиболее целесообразно измерить длину нескольких (не менее 10) спичек и найти среднее арифметическое полученных значений. Полученное значение составит примерно 43 мм.

Ответ: 2,9 мм, 43 мм.

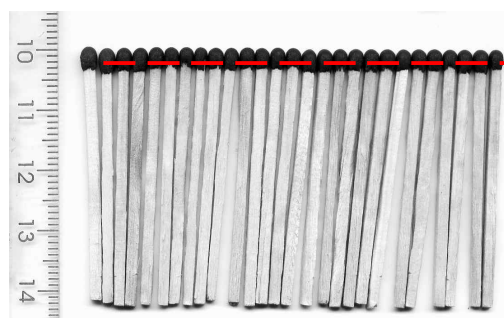


Рис. 14

Критерии оценивания

<i>Описан способ определения масштаба</i>	
- основанный на измерении длины не менее 5 миллиметровых делений изображения линейки	2
- основанный на измерении длины менее 5 миллиметровых делений изображения линейки	1
- способ не описан	0
<i>Приведено значение масштабного коэффициента</i>	
попадающее в интервал $\pm 15\%$ от истинного ¹	1
не попадающее в интервал $\pm 15\%$ от истинного	0
<i>Описан способ измерения диаметра головки спички, и приведены результаты прямых измерений</i>	
основанный на измерении суммы не менее 10 диаметров	3
основанный на измерении суммы от 3 до 10 диаметров	2
основанный на измерении суммы менее 3 диаметров, в т.ч. измерении нескольких диаметров по отдельности и последующем усреднении	0
<i>Приведено значение диаметра головки спички</i>	
попадающее в интервал $\pm 15\%$ от истинного	1
не попадающее в интервал $\pm 15\%$ от истинного	0
<i>Описан способ измерения средней длины спички, и приведены результаты прямых измерений</i>	
использующий усреднение не менее, чем по 10 спичкам	2
использующий усреднение по 5–9 спичкам	1
использующий усреднение менее, чем по 5 спичкам	0
<i>Приведено значение средней длины спички</i>	
попадающее в интервал $\pm 15\%$ от истинного	1
не попадающее в интервал $\pm 15\%$ от истинного	0

¹ Истинное значение масштаба жюри должно определить самостоятельно по тем условиям, которыми пользовались участники олимпиады.

Указания проверяющему: 1. Жирным в таблице выделены максимальные баллы по описанным этапам работы.

2. Если участник не описывает метод измерения среднего диаметра головки или средней длины спички, то результаты измерения не оцениваются.

3. Если участник не описывает способ измерения масштаба, то результаты измерения масштаба не оцениваются, однако дальнейшие результаты оцениваются.

4. Если участник не приводит результатов прямых измерений (например, приводя только среднее значение), то предложенный метод не оценивается, однако полученное значение оценивается.

8 класс

8-1. Пусть $L = 10$ км – длина дистанции, а l_{AB} – фора, которую Андрей дает Борису. Тогда за одно и то же время Андрей пробегает расстояние L , а Борис – $L - l_{AB}$, поэтому отношение их скоростей $v_B/v_A = 1 - l_{AB}/L$ (1). Аналогично $v_B/v_B = 1 - l_{BB}/L$ (2). Перемножая, имеем $v_B/v_A = (1 - l_{BB}/L)(1 - l_{AB}/L) = 1 - l_{AB}/L$. Откуда $l_{AB} = 1214$ м.

Ответ: 1214 м

Критерии оценивания

Записаны формулы (1) и (2) либо найдены отношения скоростей численно	4 (по 2 за каждое)
Записана формула для отношения v_B/v_A либо найдено его числовое значение	3
Получен ответ	3

8-2. Очевидно, что на участке двухколейной линии длины l длину проводов можно оценить как $2l$, а рельсов – как $4l$ (без учёта провисания проводов, криволинейных участков линии и т.п.). Тогда для длины участка линии, с которого были сняты рельсы, получаем $L_p = M_p/(4m_p) = 1,174 \cdot 10^3/(4 \cdot 58) \approx 5,06$ км (здесь M_p - общая масса рельсов, а m_p - их погонная плотность).

В таком случае для объёма проводов получаем $V_{пр} = S_{пр} \cdot 2L$, где $L = 11$ км - общая длина рассматриваемого участка линии. Тогда плотность материала провода $\rho_{пр} = M_{пр}/V_{пр} = 17 \cdot 10^3/(85 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 11 \cdot 10^3) \approx 9090$ кг/м³.

Площадь сечения рельса определим, подсчитав число клеточек на рисунке: $S_p = N \cdot s$, где $s = 25$ мм² - площадь одной клеточки. Подсчёт по приведённому рисунку даёт $N \approx 270$. Тогда получаем для плотности материала рельса $\rho_p = M_p/(S_p \cdot 1 \text{ м}) = 58/(270 \cdot 25 \cdot 10^{-6}) \approx 8593$ кг/м³.

Ответ: $\rho_{пр} \approx 9090$ кг/м³; $\rho_p \approx 8593$ кг/м³; $L_p \approx 5,06$ км.

Критерии оценивания

Определена длина участка, с которого сняли рельсы	2
Определена плотность материала проводов	3
Определена площадь сечения рельса:	
с погрешностью не более 15%	3
более 15%, но не более 50%	1
более 50%	0
Определена плотность материала рельса	2

Указание проверяющему: при выставлении баллов за определение плотности материала рельса следует оценивать наличие верной формулы и верный расчет с использованием полученного в решении участника значения площади поперечного сечения рельса.

Комментарий: в качестве исходных данных для задачи использована информация из публикаций о демонтаже трамвайных линий г. Саратова (агентство "Версия Саратов" от 31.08.2023 <https://nversia.ru/news/v-saratove-nakopilos-bolee-1170-tonn-srezannyh-tramvaynyh-relsov-deputaty-soglasovali-ih-prodazhu-na-metall/> и агенство "Взгляд-инфо" от 26.09.2023 <https://www.vzsar.ru/news/2023/09/26/vsled-za-relsami-meriya-saratova-prodast-provoda-s-tramvaynyh-marshrytov.html>); технические характеристики рельсов и проводов даны в соответствии с ГОСТ Р 55941—2014 и ГОСТ Р 55647—2018 соответственно. Отличия получаемых результатов от известных плотностей меди и стали связаны с погрешностями при определении длины проводов (пренебрежение провисанием и т.п.) и площади сечения рельса по схематическому рисунку.

8-3. Очевидно, что количество воды в сосуде уменьшается из-за того, что после нагрева до 100°C начинается парообразование. Пусть на нагрев воды в сосуде до 100°C требуется количество теплоты Q , а на переход всей воды в сосуде в пар количество теплоты W . Они соотносятся как

$$\frac{W}{Q} = \frac{L}{c\Delta T} = \frac{2,3 \cdot 10^6}{4200 \cdot 75} \approx 7,3. \quad (1)$$

2. При мощности $P_0=12$ кВт воды в сосуде не осталось. Если обозначить время нагрева t , то это значит, что

$$P_0 t \geq Q + W. \quad (2)$$

3. Пусть во втором эксперименте мощность была снижена на величину x . При этом осталось 20% воды, значит, в пар успело превратиться 80% воды. На это необходимо количество теплоты $0,8W$. Поэтому

$$(P_0 - x)t = Q + \frac{8}{10}W. \quad (3)$$

4. Аналогично, после повторного снижения мощности осталось 50% воды, поэтому

$$(P_0 - 2x)t = Q + \frac{5}{10}W. \quad (4)$$

5. Из уравнений (3) и (4) следует, что

$$xt = \frac{3}{10}W, \quad (5)$$

и, следовательно,

$$P_0 t = Q + \frac{11}{10}W. \quad (6)$$

6. Учитывая соотношение (1), из уравнения (6) следует, что

$$P_0 t = Q + 1,1 \cdot 7,3W \approx 9Q. \quad (7)$$

Таким образом,

$$Q = \frac{P_0}{9}t. \quad (8)$$

Т.к. время нагрева одинаково, то для нагрева всей воды в стакане до 100°C нужна мощность в 9 раз меньшая, чем 12 кВт, т.е. 1,3 кВт.

Ответ: 1,3 кВт.

Критерии оценивания

Записаны уравнения (3) и (4)	
оба	6
только одно	4
Получен ответ	4

8-4. Очевидно, что на заполненный гелием шарик в воздухе действует сила Архимеда, направленная вверх. Из-за утечки гелия эта сила постоянно уменьшается. Условие равновесия шарика можно записать в виде

$$(M + \lambda h)g + \rho_{\text{He}}Vg = \rho_{\text{B}}Vg, \quad (1)$$

где M – неизменная масса оболочки шарика, λ – погонная плотность нити (её можно рассчитать как отношение массы нити к её полной длине m/L), ρ_{He} и ρ_{B} – плотности гелия и воздуха соответственно, V – объём шарика, $h = L - x$ – высота шарика над полом. Поскольку плотность гелия по условию неизменна, при постоянной скорости утечки гелия μ объём шарика будет зависеть от времени как $V_0 - \mu(t - t_0)/\rho_{\text{He}}$, где V_0 – объём шарика в момент начала падения, а t_0 – время, соответствующее моменту начала падения. Тогда зависимость $x(t)$ будет описываться линейной функцией, угловым коэффициент которой можно получить из (1) путём несложных преобразований: $k = (\rho_{\text{B}}/\rho_{\text{He}} - 1)\mu/\lambda$. Построив график зависимости $x(t)$ (см. рис. 15) и аппроксимировав его наклонный участок прямой, можно найти значение k (оно получается близким к 10 см/час), и рассчитать массовый расход (скорость утечки) гелия как $\mu = k\lambda/(\rho_{\text{B}}/\rho_{\text{He}} - 1) \approx 1,87 \cdot 10^{-4}$ г/с.

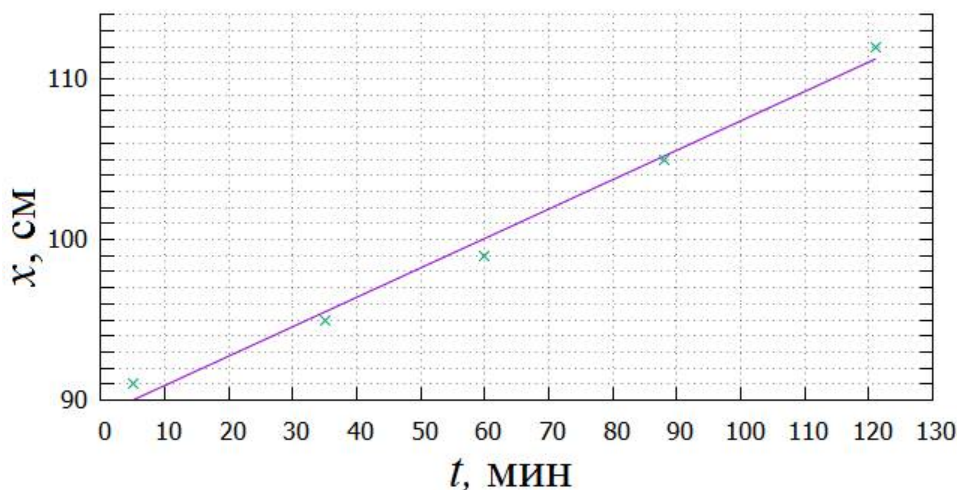


Рис. 15

Ответ: 20 см, $1,87 \cdot 10^{-4}$ г/с.

Критерии оценивания

Записано условие (1)	2
Записано выражение для зависимости объёма шарика от времени	1
Получено выражение для углового коэффициента линейного участка графика	2
Определён угловой коэффициент наклонного участка	
а) при помощи графика:	
за построение графика	1
за определение углового коэффициента	2
б) без построения графика	
усреднением не менее, чем по 3 интервалам	1
усреднением менее, чем по 3 интервалам	0
Определена скорость утечки	
с погрешностью не более 10%	2
с погрешностью более 10%, но не более 30%	1
с погрешностью более 30%	0

Указание проверяющему: 1. Из п. а) и б) критерия "определен угловой коэффициент наклонного участка" баллы ставятся только за один.

2. Баллы за построение графика ставятся, только если на графике подписаны отложенные по обеим осям переменные с указанием их размерностей и указан используемый на осях масштаб.

9 класс

9-1. Если бы автомобиль двигался равноускоренно все время, то тормозной путь был бы пропорционален квадрату скорости в соответствии с формулой $s=v^2/2a$. Поскольку это не так, следует предположить, что существенное влияние на движение оказывает время между получением водителем сигнала и началом торможения – время реакции водителя. В течение этого времени автомобиль продолжает двигаться с исходной скоростью. Обозначив это время τ , а ускорение при равноускоренном движении a , можно записать выражение для тормозного пути $s=v\tau+v^2/2a$ (1). Записывая эти соотношения для двух заданных начальных скоростей, можно найти числовые значения $\tau=0,5$ с, $a=5$ м/с². С их помощью находим значение тормозного пути при третьей скорости $s=50$ м.

Ответ: 50 м.

Критерии оценивания

Из работы понятно, что участник понимает необходимость учитывать время реакции водителя	4
Записано соотношение (1)	3
Получен ответ	3

Указания проверяющему: 1. Работы, в которых время реакции водителя не учитывается, оценивать не выше 2 баллов.

2. Получение числовых значений для τ и a не является обязательным, участник может решать задачу, записав систему из трех уравнений типа (1) для трех начальных скоростей и, исключая оттуда τ и a , получить ответ. Но если эти значения получены, а ответ не получен либо получен неверно, за ответ следует ставить 1 балл из 3.

9-2. Таяние града происходит за счет поступления тепла от окружающего воздуха. Поскольку температура окружающего воздуха не меняется, можно считать, что мощность поступающего тепла зависит только от площади поверхности градины и прямо пропорциональна ей: $P=\alpha S$. Тогда за малое время Δt градина радиуса R получит тепло $\alpha S\Delta t$, что позволит расплавить лед массой $\Delta m=\alpha S\Delta t/\lambda$. Т.к. градина сферическая, то плавление будет идти равномерно со всех сторон, т.е. растает поверхностный слой толщины ΔR . Его объем можно найти как произведение толщины на площадь поверхности сферы (т.к. слой тонкий), т.е. $\rho S\Delta R=\alpha S\Delta t/\lambda$, откуда $\Delta R/\Delta t=\rho\lambda/\alpha=const$, т.е. радиус градины будет убывать с постоянной скоростью. Из условия понятно, что эта скорость составляет 1 мм за 10 минут. Чтобы провалились градины диаметром 2,5 см, он должен уменьшиться на 21 мм. Очевидно, это произойдет за 210 мин = 3,5 часа.

Ответ: через 3,5 часа

Критерии оценивания

Записано, что мощность поступления тепла пропорциональна площади поверхности	2
Записано выражение для объема растаявшего слоя либо аргументированно утверждается, что он пропорционален площади поверхности и толщине	3
Показано, что скорость изменения радиуса постоянна	3
Получен ответ	2

Указания проверяющему: ключевым моментом решения является утверждение о том, что скорость изменения радиуса постоянна. Если оно присутствует, но не обосновано никак, то общая оценка за работу не выше 2 баллов. Если оно обосновывается с использованием утверждения о пропорциональности количества тепла, необходимого для плавления, кубу радиуса (что вообще верно, но напрямую к данной задаче неприменимо, т.к. град плавится не полностью), за обоснование из 8 баллов ставить 3 (т.е за все решение, при верных расчетах, 5 баллов).

9-3. Чтобы найти силу тока через батарею, вычислим полное сопротивление цепи. Учитывая очень малое сопротивление амперметра, можем считать, что резисторы 6 и 30 Ом соединены параллельно. Получим эквивалентную схему, показанную на рис. 16. Из схемы ясно, что сопротивление между точками *A* и *B*

$$R_{AB} = \frac{30 \cdot 6}{30 + 6} = 5 \text{ Ом.}$$

К нему последовательно подключен резистор 10 Ом. Поэтому сопротивление центральной ветви будет 15 Ом. К центральной ветви параллельно подключена верхняя ветвь с таким же сопротивлением. Следовательно, общее сопротивление цепи

$$R_0 = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ Ом.}$$

По закону Ома сила тока через источник $I_0 = \frac{U}{R_0} = \frac{30}{7,5} = 4 \text{ А.}$

Этот ток поровну делится между двумя параллельными ветвями. Поэтому

$$I_1 = \frac{I_0}{2} = 2 \text{ А.}$$

Этот же ток протекает и через параллельное соединение резисторов R_{AB} . На каждом из них одинаковое напряжение U_{AB} . Из схемы видно, что для нижнего резистора $U_{AB} = I_x \cdot 6$.

В точке *A* ток I_1 разделяется на I_x и на $(I_1 - I_x)$, который протекает через резистор 30 Ом. По закону Ома для него $U_{AB} = (I_1 - I_x) \cdot 30$. Приравнявая эти напряжения, получим, что $I_x \cdot 6 = (I_1 - I_x) \cdot 30$, или $I_x = (I_1 - I_x) \cdot 5$. Откуда находим силу тока I_x :

$$I_x : I_x = \frac{5}{6} I_1 = \frac{5}{6} \cdot 2 = \frac{5}{3} \approx 1,67 \text{ А}$$

Возвращаясь к оригинальной схеме, видим, что через амперметр течет ток $I_A = I_0 - I_x = 2,33 \text{ А.}$

Ответ: 2,33 А

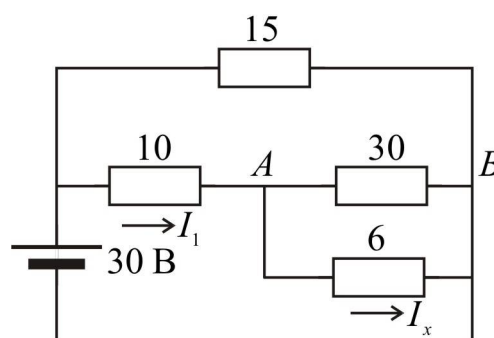


Рис. 16

Критерии оценивания

Перерисована схема с учетом нулевого сопротивления амперметра	3
Рассчитано сопротивление всей схемы	2
Рассчитан ток, текущий через источник	2
Получен ответ	3

Указания проверяющему: если схема в явном виде не перерисована, но расчет идет с учетом нулевого сопротивления амперметра, баллы за п. 1 ставятся

9-4. Фонарик альпиниста испускает лучи в достаточно широком угле. Для того, чтобы альпинист увидел отраженный свет, нужно, чтобы хотя бы один из этих лучей вернулся обратно к нему. Это, например, будет реализовано, если луч падает на зеркальную грань перпендикулярно к ней, что возможно при углах между сторонами ущелья $\alpha < 90^\circ$.

Для того, чтобы показать, что при $\alpha > 90^\circ$ ни один из отраженных от зеркальной грани лучей не попадет к альпинисту, достаточно построить ход луча, идущего под небольшим углом к зачерненной грани (см. рис. 17).

Таким образом, минимальная ширина ущелья – та, при которой угол между его сторонами равен 90° . Из простых геометрических соображений найдем, что она равна 200 м.

Ответ: 200 м.

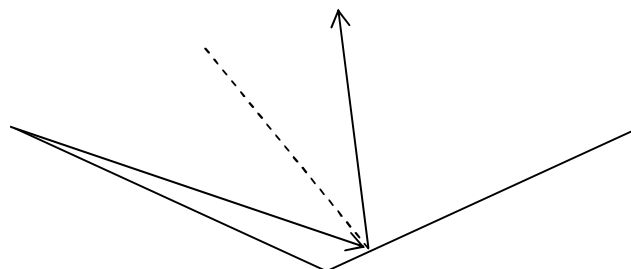


Рис. 17

Критерии оценивания

Показано, что при $\alpha < 90^\circ$ существует луч, возвращающийся к альпинисту	3
Указано, что при $\alpha > 90^\circ$ такого луча нет	2
Предыдущее утверждение доказано (например, при помощи рисунка)	3
Получен ответ	2

9-5. Пусть H – уровень воды в сосуде, отсчитываемый от дна. В начале процесса кубик находится над водой, и зависимость уровня воды от времени определяется простым соотношением $H=vt/S$, где S – площадь дна сосуда, v – объемная скорость подачи воды. Это соотношение будет верно до тех пор, пока уровень воды не достигнет нижнего края кубика, которая находится на расстоянии h_1 от дна. Чтобы определить это расстояние, достаточно записать условие равновесия кубика: $mg=k(l-h_1)$ (1), откуда $h_1=l-mg/k=l-\rho Vg/k$ (здесь k обозначена суммарная жесткость 4-х пружинок, ρ – плотность кубика, V – его объем).

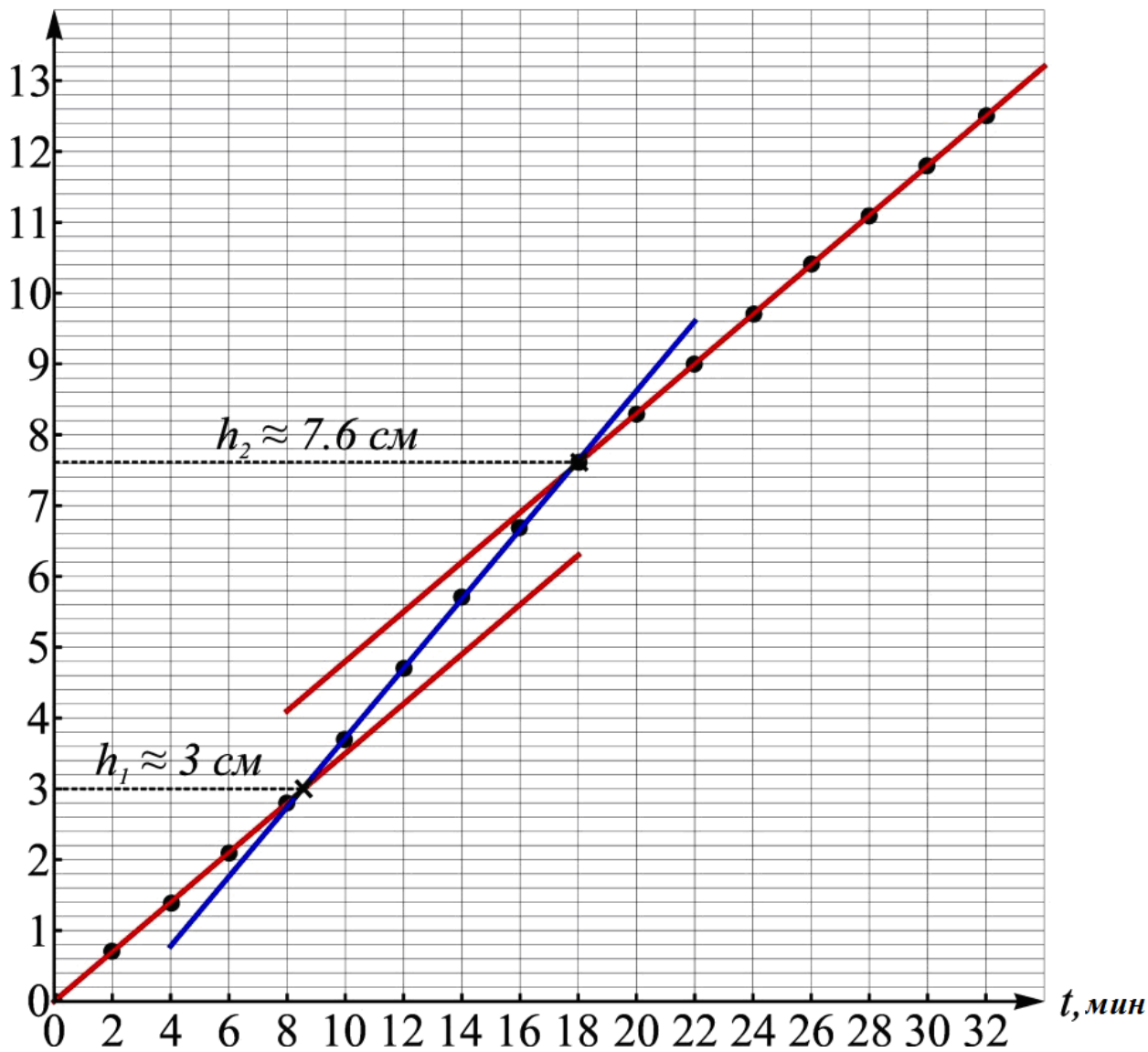
Затем кубик начнет всплывать, и зависимость примет другой вид. Однако после того, как вода покроет кубик целиком, скорость роста высоты уровня опять будет определяться только площадью основания сосуда и скоростью наливания воды. Определим, на каком расстоянии от дна находится кубик в тот момент, когда вода дойдет до его верхней грани. В этом случае, поскольку кубик находится в воде, на него действует еще и сила Архимеда, направленная вверх. В этом случае условие равновесия имеет вид $mg-F_A=k(l+d-h_2)$, откуда $h_2=l+d-(\rho-\rho_0)Vg/k$ (ρ_0 – плотность воды). Заметим, что это выражение справедливо как при плотности кубика, большей плотности воды (в этом случае $h_2 < l+d$

и сумма сил Архимеда и тяжести направлена вниз), так и противном случае (тогда $h_2 > l+d$ и сумма сил Архимеда и тяжести направлена вверх).

Анализируя полученные соотношения, заметим, что для определения плотности кубика и жесткости пружин достаточно знать величины h_1 и h_2 . Действительно, тогда $(\rho - \rho_0)/\rho = (l+d-h_2)/(l-h_1)$, что позволяет определить плотность материала кубика. Зная ее, из любого из условий равновесия можно найти жесткость пружин.

Построим график приведенной зависимости (рис.18) и из него определим значения h_1 и h_2 .

$H, \text{см}$



В зависимости от того, как именно проводить аппроксимирующие участки прямые, значение h_1 будет лежать в интервале $(3,0 \div 3,2)$ см, а h_2 — в интервале $(7,2 \div 7,6)$ см. Расчет по этим данным приведен к значениям плотности $\rho = (0,74 \div 0,90)$ г/см³ и жесткости $(3,4 \div 3,9)$ Н/м

Ответ: $\rho = (0,74 \div 0,90)$ г/см³, $k = (3,4 \div 3,9)$ Н/м

Критерии оценивания

Построен график приведенной зависимости	
подписаны оси с указанием размерностей, на осях нанесен равномерный масштаб, все точки поставлены верно, график занимает более 50% площади листа	3
подписаны оси с указанием размерностей, на осях нанесен равномерный масштаб, график занимает менее 50% площади листа <i>и (или)</i> одна точка поставлена неверно	2
подписаны оси с указанием размерностей и не более одной точки поставлено неверно, но на осях отсутствует равномерный масштаб	1
не подписаны оси <i>либо</i> не указаны размерности <i>либо</i> 2 и более точек поставлены неверно	0
Записано условие, определяющее координаты нижнего излома	1
Записано условие, определяющее координаты верхнего излома	1
Указан способ определения плотности	1
Определены координаты точек излома графика	1
Получено значение плотности	
в интервале $(0,82 \pm 0,10) \text{ г/см}^3$	1
вне этого интервала	0
Получено значение жесткости системы пружин	
в интервале $(3,7 \pm 0,4) \text{ Н/м}$	1
вне этого интервала	0

Указание проверяющему: Жирным в таблице выделены максимальные баллы по описанным этапам работы.

10 класс

10-1. Обозначим α – угол, который образует с горизонталью вектор, проведенный из т. старта в требуемую т. финиша, а β – угол, который образует с горизонталью вектор начальной скорости снаряда. По условию задачи снаряды должны оказаться в точках финиша через одинаковое время, обозначим его τ .

Тогда должны выполняться следующие условия (R – радиус "циферблата")

$$R \cos \alpha = v_0 \cos \beta \tau \quad (1)$$

$$R \sin \alpha = v_0 \sin \beta \tau - g\tau^2/2 \quad (2)$$

Перенесем во втором уравнении слагаемое $g\tau^2/2$ налево, возведем каждое уравнение в квадрат и сложим. После очевидных преобразований получаем соотношение

$$g^2\tau^4 + 4\tau^2(gR \sin \alpha - v_0^2) + 4R^2 = 0. \quad (3)$$

Это уравнение позволяет нам выразить время полета τ :

$$\tau^2 = 2 \frac{(v_0^2 - gR \sin \alpha) \pm \sqrt{(v_0^2 - gR \sin \alpha)^2 - g^2 R^2}}{g^2}$$

Т.к. требуется, чтобы время полета не зависело от угла α , выражение $v_0^2 - gR \sin \alpha$ должно быть одинаковым для всех снарядов. Кроме того, поскольку требуется подобрать минимальную скорость, оно должно быть минимально. Но его минимальное значение – это gR , иначе уравнение (3) не будет иметь решений. Тогда получаем $v_0^2_{\min} = gR(1 + \sin \alpha)$. (4)

Нужным точкам соответствуют углы $\alpha = 90^\circ$, 60° , 30° и 0° . По условию, для запуска в точку с $\alpha = 90^\circ$ требуется m_0 пороха. Поскольку в условиях задачи масса

пороха прямо пропорциональна квадрату скорости, то для запуска в точки "11 часов" и "1 час" потребуется $0,93m_0$, в т. "10 часов" и "2 часа" – $0,75 m_0$, в т. "9 часов" и "3 часа" – $0,5m_0$.

Ответ: в точки "11 часов" и "1 час" $0,93m_0$, в т. "10 часов" и "2 часа" – $0,75 m_0$, в т. "9 часов" и "3 часа" – $0,5m_0$.

Критерии оценивания

В работе учитывается, что время движения снарядов должно быть одинаковым	1
Записана формула (1)	1
Записана формула (2)	1
Получено уравнение (3) или эквивалентное ему	1
Получена формула (4)	4
Получен ответ: для всех точек	2
для двух пар точек	1
для одной пары точек	0

10-2. Для решения данной задачи удобнее всего использовать формулу мощности через силу и скорость: $N=Fv$ (1) (здесь F – сила тяги двигателя).

Для поддержания постоянной скорости сила тяги двигателя должна полностью компенсировать силу вязкого трения о воздух, поэтому $F=kv^2$ (2). Из (1) и (2) несложно найти $k=N/v^3=0,07$ кг/м.

Ответ: $0,07$ кг/м.

Критерии оценивания

Записана формула (1)	2
Записана формула (2)	2
Указано, что сила сопротивления равна силе тяги	2
Получен ответ: числовое значение	2
размерность	2

Указания проверяющему: 1. Если утверждения о равенстве силы тяги и силы сопротивления воздуха в явном виде (словами или формулой) нет, но в решении этот факт используется, баллы за остальные критерии ставятся (т.е. максимальная оценка в этом случае 8 баллов).

2. Если размерность ответа указана, но не выражена через основные единицы (например, $\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^2$, то за размерность ставить 1 балл).

10-3. Т.к. подъем осуществляется равномерно, то сумма моментов приложенных к мачте сил должна быть равна нулю. Запишем ее относительно точки крепления мачты, т.к. в этом случае равен нулю момент силы реакции в точке опоры. Заметим, что момент силы, прикладываемый человеком к мачте, зависит от ее направления. Поскольку человек желает прикладывать наименьшую силу, то направление должно быть выбрано так, что плечо силы было максимальным, т.е. силу нужно направлять перпендикулярно мачте (рис. 20).

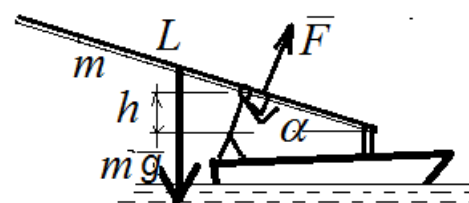


Рис. 20

Тогда уравнение моментов имеет вид $mg(L/2)\cos\alpha = Fl$ (l – расстояние от точки приложения силы до точки опоры). Из геометрических соображений $l = h/\sin\alpha$.

Тогда $F = \frac{mgL}{4h}\sin 2\alpha$. Максимум этого выражения достигается, очевидно, при $\alpha = 45^\circ$, и примерно равен 310 Н.

Ответ: при $\alpha = 45^\circ$, 310 Н.

Критерии оценивания

Обосновано, что сила F направлена перпендикулярно мачте	2
Записано правило моментов относительно т. опоры	2
Получено выражение для плеча силы F	2
Записана расчетная формула для F	2
Получено значение угла	1
Получено числовое значение минимальной силы	1

Указания проверяющему: 1. Возможно решение, при котором вместо записи уравнения моментов относительно т. опоры записываются два уравнения моментов относительно других точек (либо уравнение моментов и условие равенства нулю суммы сил). Если это сделано правильно, в т.ч. них верно учтена сила реакции в т. опоры, по критериями 2 и 3 нужно выставлять полный балл. При неправильной записи баллы не ставить.

2. Если тот факт, что сила F направлена перпендикулярно мачте, не обоснован, но используется, баллы за критерий 1 не ставятся, а остальное решение оценивается по критериям.

10-4. Запишем второй закон Кирхгофа для контура 1 (см. рис. 21) $\mathcal{E} = U + V$ (U – напряжение на лампочке, V – показания вольтметра, напряжение на амперметре равно нулю, т.к. он идеальный). Отсюда $U = 2,5$ В. По ВАХ лампочки находим текущий через нее при таком напряжении ток $I = 0,2$ мА.

Из закона Кирхгофа для контура 2 имеем $V = IR$. Т.к. вольтметр идеальный, то ток через него не течет, и тогда ток через левый резистор равен току через амперметр. Из 2 закона

Кирхгофа для контура 3 имеем $\mathcal{E} = I_A R$, что в сочетании с уравнением для контура 2 позволяет найти $I_A = 0,3$ мА.

Ответ: 0,3 мА.

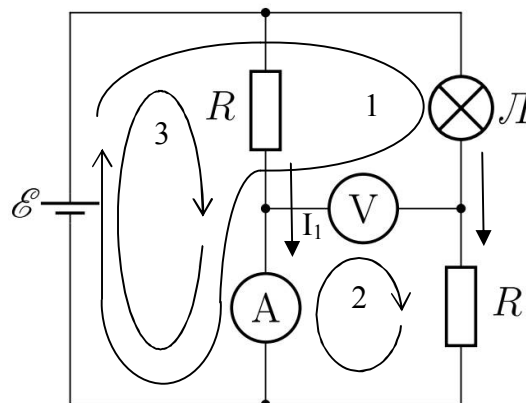


Рис. 21

Критерии оценивания

Найдено напряжение на лампочке	3
Найден ток через лампочку	2
Получен ответ	5

10-5. Запишем условия равновесия для аквариума. На него действуют силы реакции опор N_1 и N_2 (направленные вверх и приложенные в точках контакта с опорами), сила давления груза P (направленная вниз и приложенная в точке контакта с левой опорой), сила тяжести Mg , а также сила давления налитой в

аквариум воды P_B , которая приложена к центру аквариума. С учетом их мест приложения условия равновесия имеют вид:

$$N_1 + N_2 = P + Mg + P_B$$

$$N_1 - P = N_2 \quad (\text{правило моментов относительно центра аквариума})$$

Складывая эти уравнения, найдем $N_1 = P + (Mg + P_B)/2$. (1)

2. Т.к. груз прилегает не плотно, то на него действует сила Архимеда. Тогда если h – высота воды в аквариуме, то $P = (m - \rho_0 S_r h)g$ до тех пор, пока уровень воды не станет равным высоте груза $H = m/\rho S_r$. При высотах, превышающих этот уровень, сила $P = m(1 - \rho_0/\rho)g$.

3. Сила давления воды на дно аквариума определяется уровнем воды и площадью дна $P_B = \rho_0 S_d h$.

4. Собирая результаты п. 1-3, получаем формулу для расчета силы

$$N_1 = \begin{cases} g\left(m + \frac{M}{2} + h\rho_0\left(\frac{S_d}{2} - S_r\right)\right), & h \leq \frac{m}{\rho S_r} \\ g\left(m\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) + \frac{M}{2} + h\rho_0\frac{S_d}{2}\right), & h \geq \frac{m}{\rho S_r} \end{cases}$$

Таким образом, график должен состоять из двух линейных участков с разными угловыми коэффициентами.

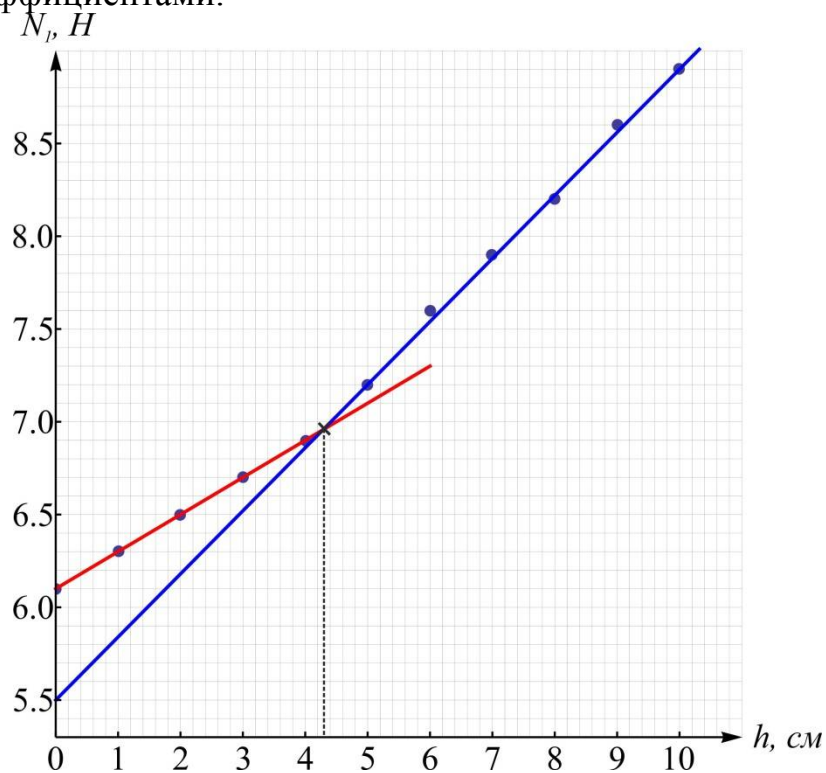


Рис. 22

Построив этот график (рис. 22), определяем угловые коэффициенты

$$k_1 = \rho_0 \left(\frac{S_d}{2} - S_r \right) g$$

$$k_2 = \rho_0 \frac{S_d}{2} g$$

Это позволяет найти площади дна и груза $S_d = 69,30 \text{ см}^2$, $S_r = 14,3 \text{ см}^2$.

Начальная точка графика позволяет определить величину $m+M/2$, что позволяет определить массу груза $m=497$ г. Плотность груза можно определить либо продолжая второй участок до пересечения с осью ординат (соответствующая точка имеет координату $m(1-\rho_0/\rho)+M/2$, либо определяя абсциссу точки пересечения двух участков $m/\rho S_r$. Первый результат дает $m(1-\rho_0/\rho)=436$ г, откуда $\rho=8,1$ г/см³. Второй дает $H=4,3$ см, откуда $\rho=8,1$ г/см³. Использованные при моделировании значения $m=500$ г, $\rho=7,8$ г/см³, $S_{\text{дна}}=70,0$ см², $S_r=15,0$ см²

Ответ: $m=(500\pm 25)$ г, $S_{\text{дна}}=(70\pm 10)$ см², $S_r=(15\pm 3)$ см², $\rho=(7,8\pm 0,4)$ г/см³

Критерии оценивания

Записаны условия равновесия	1
Получена аналитическая формула, описывающая заданную зависимость	2
Определена масса груза:	1
Построен график приведенной зависимости	
подписаны оси с указанием размерностей, на осях нанесен равномерный масштаб, все точки поставлены верно, график занимает более 50% площади листа	3
подписаны оси с указанием размерностей, на осях нанесен равномерный масштаб, график занимает менее 50% площади листа и (или) одна точка поставлена неверно	2
подписаны оси с указанием размерностей и не более одной точки поставлено неверно, но на осях отсутствует равномерный масштаб	1
не подписаны оси либо не указаны размерности либо 2 и более точек поставлены неверно	0
Определены площади дна сосуда	1
основания груза	1
Определена плотность груза	1

Указание проверяющему: баллы за численные значения ставятся, если описан корректный способ их получения и значения попадают в указанные в ответе интервалы. В противном случае баллы не ставятся.

11 класс

11-1. Т.к. трения шарика об обруч нет, то можем записать закон сохранения механической энергии: потенциальная энергия шарика в верхней точке перейдет в кинетическую энергию шарика и обруча. Энергия обруча может быть представлена как сумма энергии поступательного движения центра масс и энергии вращения вокруг центра масс. Если V – скорость центра масс обруча, то первая из них равна $MV^2/2$. Чтобы определить вторую, нужно перейти в систему, связанную с центром масс. В ней все точки обруча движутся с одинаковой по модулю скоростью, которая вследствие качения без проскальзывания равна также V . Тогда полная кинетическая энергия обруча равна MV^2 и закон сохранения энергии имеет вид $2mgR = mv^2/2 + MV^2$ (v – скорость шарика в нижней точке).

Все действующие на систему внешние силы (тяжести и реакции пола) вертикальны, поэтому горизонтальная проекция суммарного импульса системы будет сохраняться. Поскольку в начальный момент система покоилась, то соответствующее выражение будет иметь вид $mv = MV$. Комбинируя это выражение с

законом сохранения энергии, находим скорость центра обруча $V = \sqrt{\frac{2mgR}{M(1 + \frac{M}{2m})}}$.

Т.к. в верхней точке колеса скорость относительно центра масс сонаправлена со скоростью центра масс, то искомая скорость равна $2V$.

Ответ: $2 \sqrt{\frac{2mgR}{M(1 + \frac{M}{2m})}}$.

Критерии оценивания

Записано изменение потенциальной энергии системы	1
Записана кинетическая энергия обруча	3
Записан закон сохранения энергии	1
Обосновано, что горизонтальная проекция импульса сохраняется	2
Записан закон сохранения импульса	1
Найдена скорость центра масс обруча	1
Получен ответ	1

Указания проверяющему: 1. Если при записи кинетической энергии используется тот факт, что скорость относительно центра масс равна скорости центра масс, то явная ссылка на условие качения без проскальзывания обязательна. При ее отсутствии за запись кинетической энергии обруча ставить 1 балл из 3. 2. Если при записи изменения потенциальной энергии участник "теряет" множитель "2", то баллы за нее не ставятся, но дальнейшее решение оценивается.

11-2. Запишем уравнения состояния газа для начального и конечного состояний и выразим из них массы газа $m_{12} = \frac{P_{12}MV}{RT_{12}}$. Вычитая эти уравнения, получим ис-

комое значение утечки массы $\Delta m = \frac{MV}{R} \left(\frac{P_1}{T_1} - \frac{P_2}{T_2} \right)$. Для проведения числовых расчетов целесообразно перевести мм. рт. ст. в систему СИ: $p = \rho_{\text{рт}}gh$. Тогда формула для изменения массы примет вид $\Delta m = \frac{MV}{R} \rho g \left(\frac{h_1}{T_1} - \frac{h_2}{T_2} \right)$. Проводя численные

расчеты, получим $\Delta m = \frac{29 \cdot 10^{-3}}{8,31} \cdot 13600 \cdot 10 \left(\frac{755}{283} - \frac{760}{288} \right) \cdot 10^{-3} = 1,4$ кг.

Ответ: 1,4 кг.

Критерии оценивания

Записаны уравнения состояния для начального и конечного положений	4 балла (по 2 за каждое)
Получен ответ в общем виде	2
Давление переведено в систему СИ	2
Получен числовой ответ	2

Указание проверяющему: если участник не получает рабочую формулу в общем виде и не описывает перевод давления в систему СИ как отдельное действие, но корректно получает правильный ответ, ставить полный балл.

11-3. На шарик в течение всего времени движения действует сила тяжести, других вертикальных сил нет, поэтому его время падения определяется как

$t = \sqrt{\frac{2L}{g}}$, из них внутри ускоряющего промежутка он движется в течение

$$t_0 = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Внутри промежутка шарик имеет горизонтальное ускорение $a = Eq/m$, таким образом, он смещается по горизонтали на $x_0 = \frac{at_0^2}{2} = \frac{a}{g}h$ и приобретает горизон-

тальную скорость $v_0 = at_0 = a\sqrt{\frac{2h}{g}}$. Далее он движется с этой скоростью в течение

времени $t - t_0$. Поэтому полное смещение шарика

$$X = \frac{a}{g}h + a\sqrt{\frac{2h}{g}}\left(\sqrt{\frac{2L}{g}} - \sqrt{\frac{2h}{g}}\right) = \frac{a}{g}(2\sqrt{Lh} - h), \text{ откуда } \frac{q}{m} = \frac{g}{E} \frac{X}{2\sqrt{Lh} - h}.$$

Для того, чтобы описанный опыт можно было произвести, величины a и g должны быть примерно одного порядка, иначе либо горизонтальное смещение частиц будет очень мало, либо частицы попадут на пластины конденсатора. Если целью опыта является регистрация элементарного заряда, то используемые величины зарядов должны превышать его не более, чем в несколько десятков раз (т.к. иначе придется оперировать с величинами, отличающимися на доли процента). Принимая, для определенности, $q = 50e$ и $a = g$, получим

$$m = \frac{2 \cdot 10^6 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot 50 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ кг}. \text{ Если шарики сделаны из алюминия}$$

($\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$), то тогда их радиус должен быть $r \cong \sqrt[3]{\frac{m}{\rho}} = 8 \text{ мкм}$, что вполне реалистично.

Ответ $\frac{q}{m} = \frac{g}{E} \frac{X}{2\sqrt{Lh} - h}$, радиус шариков порядка нескольких мкм.

Критерии оценивания

Найдено горизонтальное смещение шарика	
за время движения в ускоряющем промежутке	2
за все время движения	2
Получен ответ в общем виде	2
Проведены оценки численных параметров, в т.ч.	
указано, что a и g должны быть одного порядка	1
дана разумная оценка величины заряда шарика	1
выбрано разумное значение плотности материала шарика	1
получена числовая оценка радиуса шарика	1

Указание проверяющему: 1. если участник использует другой подход к оценке численных параметров, следует оценивать его по самостоятельно разработанным критериям исходя из максимальной оценки за этот этап в 4 балла.

2. Рекомендуются засчитывать как разумные значения для заряда шарика в пределах $10\text{--}100e$ и значения плотности материала шариков в пределах $(0,75\text{--}10)\text{ г/см}^3$.

11-4. 1. Направим ось OX вдоль главной оптической оси, а ось OY – перпендикулярно к ней. Если x – расстояние от муравья до линзы, а F – ее фокусное расстояние, то увеличение линзы $\gamma = \frac{F}{x-F}$ (эту формулу можно считать известной и за отсутствие ее вывода баллы не снижать). Тогда $v_y' = \gamma v_y$ (1).

2. Найдем проекцию скорости изображения на ось OX . Пусть за время dt муравей сместился на расстояние dx в этом направлении. Тогда его изображение сместится на

$$dx' = \frac{(x+dx)F}{x+dx-F} - \frac{xF}{x-F} = \frac{(x+dx)F}{(x-F)(1+\frac{dx}{x-F})} - \frac{xF}{x-F} = \frac{F}{x-F} \left((x+dx) \left(1 - \frac{dx}{x-F} \right) - x \right) =$$

$$= \frac{F}{x-F} \left(-\frac{xdx}{x-F} + dx \right) = -\left(\frac{F}{x-F} \right)^2 dx = -\gamma^2 dx. \quad (\text{Здесь использована формула}$$

$(1+dx)^n = 1+ndx$, а также исключен, как имеющий второй порядок малости, член, содержащий dx^2). Таким образом, $v_x' = -\gamma^2 v_x$ (2) (поскольку нас интересуют отношения модулей скорости, знак "–" для дальнейшего решения неважен).

3. Пусть β_1 и β_2 – отношения скорости изображения к скорости муравья до и после поворота соответственно, а α – угол, который образовывала скорость муравья с главной оптической осью до поворота. Тогда

$$\beta_1 = \sqrt{(\gamma \sin \alpha)^2 + (\gamma^2 \cos \alpha)^2} = \gamma \sqrt{\sin^2 \alpha + \gamma^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\beta_2 = \gamma \sqrt{\cos^2 \alpha + \gamma^2 \sin^2 \alpha}. \quad (3)$$

Возводя эти соотношения в квадрат и складывая их, имеем $\beta_1^2 + \beta_2^2 = \gamma^2(1 + \gamma^2)$, откуда $\gamma^2 = \frac{1}{2}(\sqrt{1 + 4(\beta_1^2 + \beta_2^2)} - 1)$, что с учетом числовых значений дает $\gamma^2 \approx 2$. Тогда из любого из уравнения системы (3) находим искомый угол, например $\beta_2^2 = \gamma^2(\cos^2 \alpha + \gamma^2 \sin^2 \alpha)$, $2,25 = 2(\cos^2 \alpha + 2 \sin^2 \alpha)$, $1,125 = 1 + \sin^2 \alpha$, $\sin \alpha = \sqrt{0,125}$, $\alpha \approx 21^\circ$.

Ответ: 21° (допускается указание вместо угла любой его тригонометрической функции).

Критерии оценивания

Записано соотношение (1) (комментарии необязательны, достаточно записать)	2
Получено соотношение (2) (вывод обязателен, при его отсутствии баллы не ставятся)	3
Записана система (3) или аналогичная	2
Получен ответ	3

Указание проверяющему: если формула (2) используется без вывода, баллы за нее не ставятся, однако последующее решение оценивается.

11-5. Пусть H – уровень воды в сосуде, отсчитываемый от дна. В начале процесса кубик находится над водой, и зависимость уровня воды от времени определяется простым соотношением $H=vt/S_0$, где S_0 – площадь дна сосуда, v – объемная скорость подачи воды. Это соотношение будет верно до тех пор, пока уровень воды не достигнет нижнего края кубика, которая находится на расстоянии h_1 от дна. Чтобы определить это расстояние, достаточно записать условие равновесия кубика: $mg=k(l-h_1)$ (1), откуда $h_1=l-mg/k=l-\rho Vg/k$ (здесь k обозначена суммарная жесткость 4-х пружин, ρ – плотность кубика, V – его объем).

Затем кубик начнет всплывать, и зависимость примет другой вид. Однако после того, как вода покроет кубик целиком, скорость роста высоты уровня опять будет определяться только площадью основания сосуда и скоростью наливания воды. Определим, на каком расстоянии от дна находится кубик в тот момент, когда вода дойдет до его верхней грани. В этом случае, поскольку кубик находится в воде, на него действует еще и сила Архимеда, направленная вверх. В этом случае условие равновесия имеет вид $mg-F_A=k(l+d-h_2)$, откуда $h_2=l+d-(\rho-\rho_0)Vg/k$ (ρ_0 – плотность воды). Заметим, что это выражение справедливо как при плотности кубика, большей плотности воды (в этом случае $h_2 < l$ и сумма сил Архимеда и тяжести направлена вниз), так и противном случае (тогда $h_2 > l$ и сумма сил Архимеда и тяжести направлена вверх).

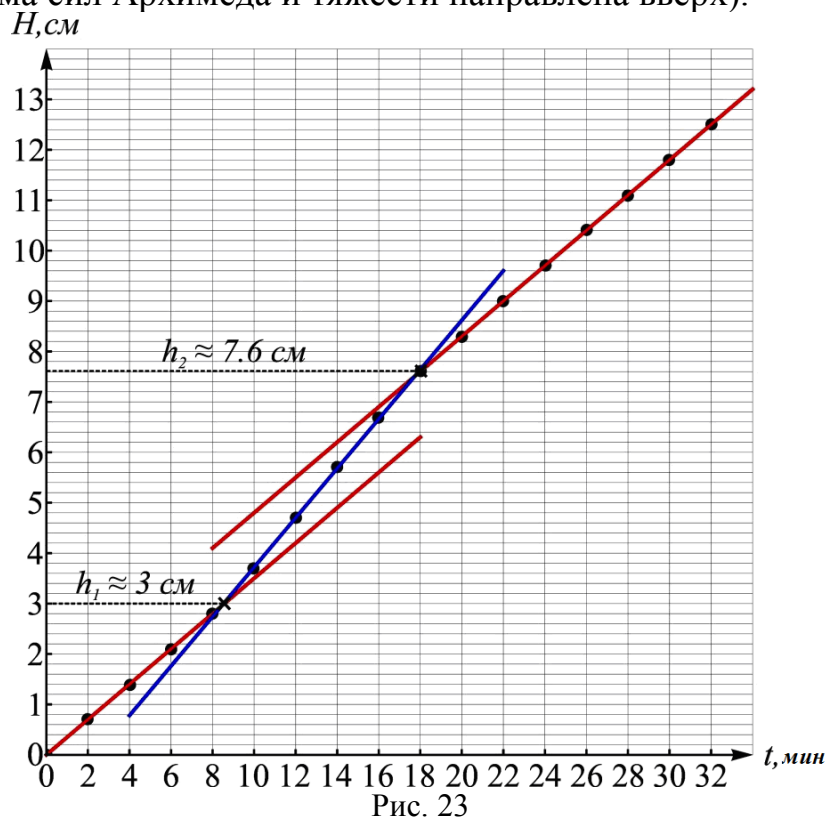


Рис. 23

Анализируя полученные соотношения, заметим, что для определения плотности кубика и жесткости пружин достаточно знать величины h_1 и h_2 . Действительно, тогда $(\rho-\rho_0)/\rho=(l+d-h_2)/(l-h_1)$, что позволяет определить плотность материала кубика. Зная ее, из любого из условий равновесия можно найти жесткость пружин. График зависимости приведен на рис. 23

В зависимости от того, как именно проводить аппроксимирующие участки прямые, значение h_1 будет лежать в интервале $(3,0 \div 3,2)$ см, а h_2 – в интервале

(7,2÷7,6) см. Расчет по этим данным приведен к значениям плотности $\rho=(0,74\div0,90)$ г/см³ и жесткости (3,4÷3,9) Н/м.

Для определения площади дна сосуда рассмотрим два способа

1-й способ

Из графика видно, что вода достигла нижней грани кубика к моменту времени $t_1 \approx 8.6$ мин (соответствующая высота уровня воды $h_1 \approx 3.0$ см). Поскольку вода наливалась с постоянной скоростью v , то объем воды, налитой за время t_1 , составляет vt_1 . С другой стороны, этот объем определяется площадью дна сосуда $S_0 = D^2$ и высотой h_1 , поэтому

$$vt_1 = D^2 h_1. \quad (9)$$

Также из графика видно, что вода достигла верхней грани кубика к моменту времени $t_2 \approx 18.0$ мин (соответствующая высота уровня воды $h_2 \approx 7.6$ см). За это время была налита вода объемом vt_2 . С другой стороны, эта вода в стакане заняла объем $D^2 h_2 - d^3$ (см. рис.24), поэтому

$$vt_2 = D^2 h_2 - d^3. \quad (10)$$

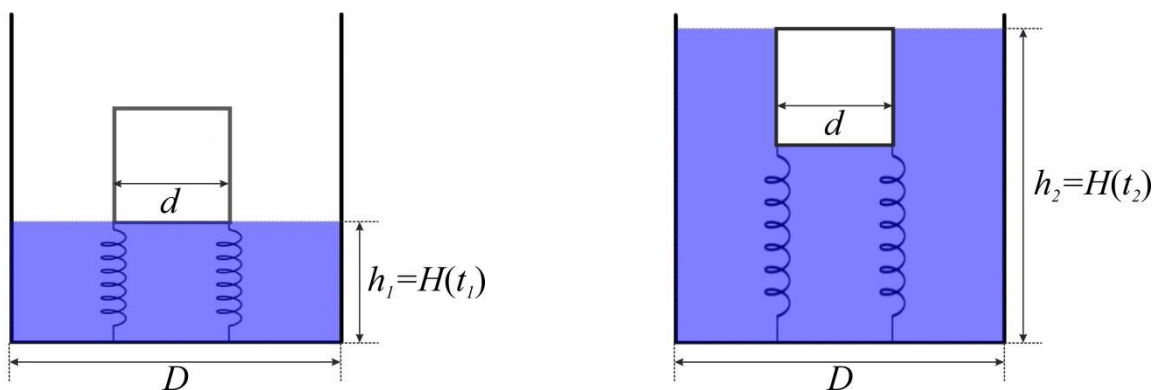


Рис. 24

Из уравнений (9), (10) следует, что

$$D = \sqrt{\frac{d^3}{h_2 - h_1 t_2/t_1}} = \sqrt{\frac{2^3}{7.6 - 3.0 \cdot 18/7.6}} = 2.46 \text{ см.} \quad (11)$$

2-й способ.

Получим аналитическую зависимость высоты уровня воды от времени $H(t)$ на промежуточном участке, когда $h_1 < H < h_2$. Из приведенных данных следует, что вода наливается в стакан медленно, поэтому можно считать, что кубик в каждый момент времени находится в состоянии равновесия, т.е. процесс квазистатический. Условие равновесия кубика

$$mg - \rho_0 g S x = k(l + x - H), \quad (12)$$

где x – расстояние от нижней грани кубика до поверхности воды (см. рис. 25).

При этом скорость подъема уровня воды

$$Vt = S_0 H - S x, \quad (13)$$

где S_0 и S — площади дна сосуда и кубика соответственно.

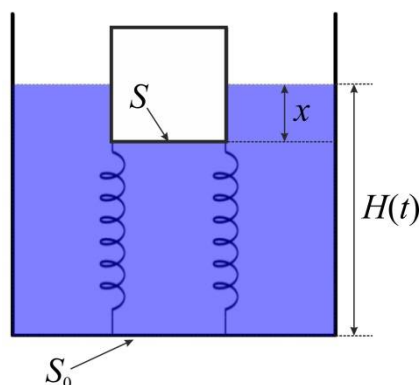


Рис. 25

Из уравнений (12), (13) следует, что

$$H = \frac{\left(\frac{k}{S} + \rho_0 g\right)V}{\left(\rho_0 g S_0 + k \frac{S_0}{S} - k\right)} t - \frac{(kl - mg)}{\left(\rho_0 g S_0 + k \frac{S_0}{S} - k\right)}. \quad (14)$$

Зависимость имеет линейный характер, что соответствует экспериментальным данным. Коэффициент наклона первого участка графика

$$\kappa_1 = V/S_0, \quad (15)$$

коэффициент наклона промежуточного участка графика

$$\kappa_2 = \frac{\left(\frac{k}{S} + \rho_0 g\right)V}{\left(\rho_0 g S_0 + k \frac{S_0}{S} - k\right)}. \quad (16)$$

Из графика видно, что

$$\kappa_1/\kappa_2 = \alpha = 0.7. \quad (17)$$

Учитывая (15) и (16), площадь дна сосуда

$$S_0 = \frac{k}{(1-\alpha)\left(\rho_0 g + \frac{k}{S}\right)} = \frac{3021 \text{ г/см}^3}{0.3 \left(1 \text{ г/см}^3 \cdot 981 \text{ см/с}^2 + \frac{3021 \text{ г/см}^3}{4 \text{ см}^2}\right)} = 5.79 \text{ см}^2 \quad (18)$$

Соответственно, сторона дна сосуда равна

$$D = \sqrt{S} = \sqrt{5.79} = 2.41 \text{ см}. \quad (19)$$

Таким образом, оба способа определения размеров дна сосуда дают приблизительно одинаковый результат.

Ответ: $\rho = (0,82 \pm 0,10) \text{ г/см}^3$, $D = (2,5 \pm 0,2) \text{ см}$, $k = (3,5 \pm 0,6) \text{ Н/м}$

Критерии оценивания

Построен график приведенной зависимости	
подписаны оси с указанием размерностей, на осях нанесен равномер-	2

ный масштаб, все точки поставлены верно, график занимает более 50% площади листа	
подписаны оси с указанием размерностей, на осях нанесен равномерный масштаб, график занимает менее 50% площади листа <i>и (или)</i> одна точка поставлена неверно	1
не подписаны оси <i>либо</i> не указаны размерности <i>либо</i> отсутствует равномерный масштаб <i>либо</i> 2 и более точек поставлены неверно	0
Предложен способ определения плотности	1
Получено значение плотности	
в интервале $(0,82 \pm 0,10)$ г/см ³	1
вне этого интервала	0
Предложен способ определения жесткости системы пружин	1
Получено значение жесткости системы пружин	
в интервале $(3,5 \pm 0,6)$ Н/м	1
вне этого интервала	0
Предложен способ определения площади дна сосуда	3
Получено значение стороны дна сосуда	
в интервале $(2,5 \pm 0,2)$ см	1
вне этого интервала	0

Рекомендации по проверке работ

Необходимо помнить, что олимпиада – это соревнование по решению нестандартных задач, а не по аккуратному выписыванию известных формул и определений. Основная задача, стоящая перед участником – получить конструктивным способом правильный ответ на заданный в условии вопрос. Поэтому при проверке большее внимание нужно обращать на результат решения задачи, а не на применяемый метод и степень гладкости и аккуратности его изложения.

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.

Считаем необходимым напомнить, что "Порядок проведения Всероссийской олимпиады школьников по физике" не содержит требований к проценту выполнения работы, необходимому для получения статуса призера. Поэтому настоятельно рекомендуется присваивать в каждой параллели хотя бы одному участнику олимпиады статус призера.

При проверке необходимо придерживаться следующих правил:

0. Максимальная оценка за любую задачу 10 баллов. Если по прочтении критериев Вам кажется, что это не так, **обязательно** обратитесь к председателю жюри либо в методическую комиссию. **Вообще, рекомендуется обращаться в методическую комиссию при наличии вопросов по решениям или критериям.**

1. Абсолютно недопустимо снимать баллы за отсутствие в работе необязательных для получения ответа элементов, таких как запись краткого условия, проверка размерностей, перевод единиц измерения в одну систему и т.п.

2. Абсолютно недопустимо снимать баллы за "некрасивый" или нерациональный метод решения, в частности, за проведение вычислений не в общем виде. Любое полное правильное решение должно быть оценено полным баллом.

3. 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; или при записи условия плавания тела сразу пишет $\rho g V$, не уточняя, что это сила Архимеда), 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 слишком подробных пояснений: если Вы поняли, о чем идет речь и почему участник пишет эти формулы, не надо придирайтесь к тому, что они недостаточно пояснены.

4. Необходимо строго придерживаться указанных после каждой задачи критериев оценивания, при этом допускается выставление неполного балла. Так, если за запись некоторого уравнения ставится 3 балла, то имеет смысл за записанное с ошибкой уравнение ставить 0, 1 или 2 балла, в зависимости от того, насколько существенна эта ошибка.

5. Возможны ситуации, при которых *математическая* ошибка в одной из промежуточных формул приводит к тому, что все последующие тоже оказываются неверными, хотя физика задачи участником понята и логика решения верна (если, например, участник неправильно спроектировал второй закон Ньютона на оси, но дальнейшие преобразования сделал верно). В этом случае снимать баллы следует только за ту формулу, в которой первоначально была сделана ошибка. Т.е. если из формулы (1) получается формула (2), а из нее формула (3), причем формула (1) записана неверно, но (2) и (3) получены из нее корректно, то баллы за формулы (2) и (3) должны быть поставлены полностью. Это правило не действует для *физической* ошибки (если, например, участник записал второй закон Ньютона без одной из сил). В этом случае "обнуляются" все опирающиеся на неверную формулы.

6. Во всех случаях, кроме критерия "получен ответ", слова "найдена (получена) величина x " следует понимать как "найдено численное значение величины x **либо** формула, выражающая ее через заданные в условии величины"

7. Если полученный ответ неверен (неважно, вследствие арифметических ошибок при расчете либо более ранних ошибок), выставлять по критерию "получен ответ" полный балл нельзя.

8. Приведенные критерии оценивания применяются для оценивания *частично неверных либо недостаточно обоснованных* решений. Любое верное и в

достаточной степени обоснованное решение необходимо оценивать в 10 баллов. Утверждения, обоснование которых должно присутствовать в решении в явном виде, обязательно упомянуты в критериях. Снимать баллы за отсутствие обоснования других утверждений не следует.

9. Указание размерности при промежуточных вычислениях не требуется. Если задача предполагает получение числового ответа в размерных величинах, то отсутствие указания размерности ответа должно *обязательно* приводить к снижению баллов в пределах, полагающихся в соответствии с критериями за получение ответа.

10. В случае, если представленное решение имеет существенно отличную от авторской логику, необходимо разработать систему оценивания, по возможности совпадающую с указанной в ключевых точках.

11. В случае, если в задаче записан только правильный ответ без комментариев относительно способа его получения, необходимо ставить 0 баллов.

12. Все записи, которые зачеркнуты участником, не проверяются и не оцениваются (даже если они верные).

13. Если в работе содержится несколько решений одной и той же задачи, и комментарии участника позволяют понять, какое из решение он считает верным, то оценивается только оно.

14. Если же при нескольких решениях невозможно понять, какое участник считает верным, то следует придерживаться следующих правил:

А. Если все решения верные (например, несколько различных способов решения), то оценивается наилучшее.

Б. Если среди решений есть как верные, так и неверные, то оценивается *наихудшее* решение.

15. Черновики не проверяются.

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).