

**Всероссийская олимпиада школьников 2023-2024 уч. года**  
**Муниципальный этап Томской области**  
**Бланк заданий, решений и критериев оценки**  
ФИО составителя: Абдрашитов Сергей Владимирович  
Электронная почта составителя: [abds@tpu.ru](mailto:abds@tpu.ru)

Ознакомиться с решениями, критериями оценивания, результатами олимпиады и порядком проведения апелляции можно на сайте <http://imc.tomsk.ru/>. Видео разборы будут доступны в telegram канале [https://t.me/fma\\_school](https://t.me/fma_school)

Всероссийская олимпиада школьников по физике 2023-2024 года.  
Муниципальный этап. 7 класс. Время выполнения 180 минут. Каждая задача оценивается в 10 баллов. Вопросы по условию задач принимаются только письменно!

**Поясняйте свой ответ решением. Желаем успехов!**

Если участник получил **правильный обоснованный** ответ неавторским способом, то участник получает полные баллы, относящиеся к этому вопросу.

При ответе на один вопрос могут быть выполнены критерии из другого вопроса.

### Задача 1.

Баба Люба вяжет с постоянной скоростью любимому внуку Пете шарф в расцветке факультета Гриффиндор. За каждые 20 минут шарф становится длиннее на 12 сантиметров. На сколько сантиметров длиннее становится шарф за 30 минут? С какой скоростью растёт длина шарфа. Ответ выразите в мм/с, округлите до десятых.

Затем баба Люба решила включить телевизор. Когда по телевизору передают любимую передачу бабы Любы, то она начинает вязать шарф в 2 раза медленнее. А когда по телевизору передают нелюбимую передачу, то баба Люба возмущается и совсем прекращает вязание. На сколько сантиметров увеличится длина шарфа за 2 часа, если половину этого времени по телевизору шли любимые передачи, а половину – нелюбимые. Ответ округлите до целых.

Баба Люба выключила телевизор, но теперь в комнату пришёл кот бабы Любы и стал распускать шарф со скоростью 0.2 см/мин. На сколько сантиметров теперь увеличится длина шарфа за 30 минут? Ответ округлите до целых.

### Критерии оценки

Первый вопрос	
За каждые 30 минут шарф становится длиннее на $30/20 * 12 = 18$ см	2 б
Второй вопрос	
Баба Люба вяжет в течение 1 часа	1 б
С половинной скоростью шарф удлинится на 18 см	1 б
Третий вопрос	
Баба Люба вяжет со скоростью $12/20=0.6$ см/мин	2 б
С учётом деятельности кота длина шарфа увеличивается со скоростью $0.6-0.2=0.4$ см/мин	2 б
За 30 минут длина шарфа увеличится на $0.4*30=12$ см	2 б

### Задача 2. Посвящается АЮ

Алёша Попович и конь Юлий решили потренироваться. Они оба стоят на старте, и по команде Тихона Алёша начинает бежать с постоянной скоростью 12 км/ч, за 9 с добегают до корзины, быстро берет мяч из неё мяч и развернувшись бежит к месту старта. В момент, когда Алёша берёт мяч, со старта ему навстречу начинает бежать конь Юлий. У Юлия ног в два раза больше, чем у Алёши, поэтому скорость в два раза меньше. В следующем забеге Алёша и Юлий поменялись ролями – первым побежал Юлий. Найдите расстояние от места старта до корзины с мячами. На каком расстоянии от старта произойдёт встреча в первом забеге? Сколько времени пройдёт с момента старта до момента встречи в первом забеге? Во втором? Задачу можно решить графически, либо аналитически.

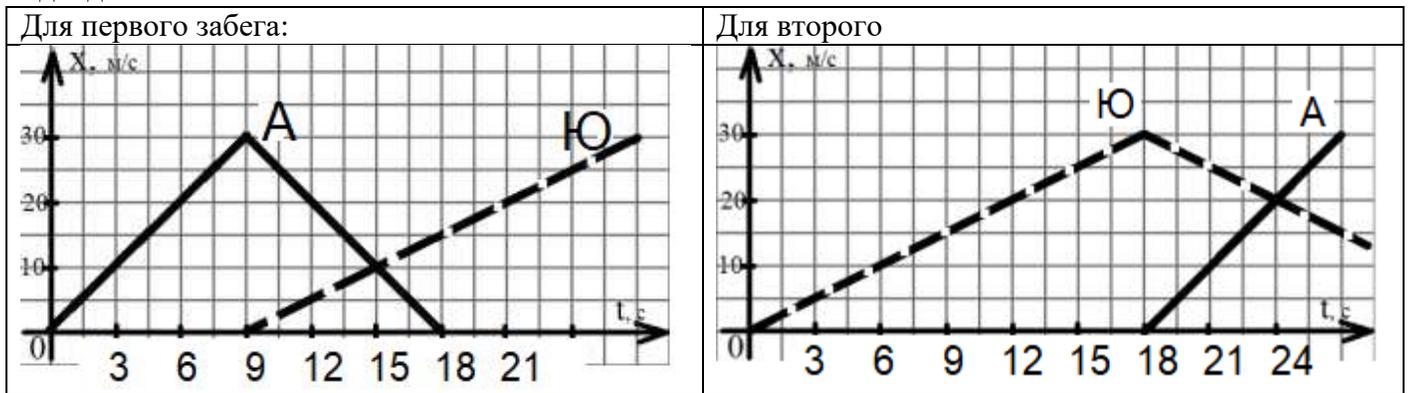
## Критерии оценки

### Аналитический подход

Первый вопрос. Найдите расстояние от места старта до корзины с мячами.	
Скорость Алёши $12 \cdot 1000 / 3600 = 10/3 = 3.(3)$ м/с	1 б
Расстояние от места старта до корзины с мячами $10/3 \cdot 9 = 30$ м	1 б
Второй вопрос. На каком расстоянии от старта произойдёт встреча в первом забеге?	
Скорость Юлия $5/3$ м/с	1 б
Скорость сближения Юлия и Алёши $5/3 + 10/3 = 15/3 = 5$ м/с	1 б
С момента начала движения Юлия встреча произойдёт через $30 / 5 = 6$ с	1 б
Расстояние от старта до места встречи – расстояние, которое прошёл Юлий: $5/3 \cdot 6 = 10$ м	1 б
Третий вопрос. Сколько времени пройдёт с момента старта до момента встречи в первом забеге?	
С момента старта встреча произойдёт через $6 + 9 = 15$ сек	2 б
Четвёртый вопрос. Сколько времени пройдёт с момента старта до момента встречи во втором забеге?	
Юлию понадобится вдвое больше время, чтобы добраться до корзины – 18 сек	1 б
Во втором случае встреча произойдёт через $18 + 6 = 24$ с	1 б

### Графический подход.

Графики зависимости координат Алёши и Юлия от времени. При аккуратном исполнении ответы очевидны. При отсутствии хотя бы одного верного ответа на поставленные вопросы, участник получает 2 (1+1) балла за каждый рисунок, на котором верно указаны уравнения движения Алёши (1б) и Юлия (1б). При наличии хотя бы одного верного ответа оценка идёт согласно критериям за аналитический подход.



### Задача 3.

Известная проблема унификации измерений состоит в том, что большая часть европейских стран использует международную систему единиц СИ, а в США используется имперская система единиц. И ладно бы только переводить диагональ экрана в сантиметры, вся тяжесть ответственности за правильный перевод из одних единиц в другие лежит на обслуживающем персонале самолётов, которым нужно заправлять при международных перелётах. Пилоты европейского самолёта знают, что для полной заправки самолёта требуется  $m_0 = 22267$  кг топлива. Пилотам известно, что один фунт авиационного топлива имеет объём  $V_0 = 0.556$  л. Судя по показаниям приборов, топливные баки заполнены на  $n = 30\%$ , а именно в них содержится  $V_1 = 7682$  л топлива. Сколько литров топлива, необходимо залить в самолёт для полной заправки? Сколько килограмм топлива находится в баках? Сколько фунтов в одном килограмме? Поясните ход решения!!!

### Критерии оценки

Первый вопрос. Сколько литров топлива, необходимо залить в самолёт для полной заправки?	
Полный объём баков $V=V_0/n=7682/0.3=25\ 607$ л	1
Пояснение для расчёта полного объёма баков	1
Для полной заправки необходимо залить $V_2=V - V_1=25\ 607-7\ 682=17\ 925$ л	2
Второй вопрос. Сколько килограмм топлива находится в баках?	
Определим массу топлива, которое находится в баках самолёта: $m_1 = m_0 n * 100 = 6680,1$ кг	1
Пояснение для расчёта массы топлива в баках	1
Третий вопрос. Сколько фунтов в одном килограмме?	
Теперь посчитаем массу этого топлива в фунтах: $\mu_1 = \rho_1 V_1 = 1 * 7682/ 0.556 = 13817$ фунтов. Здесь $\rho_1$ – масса топлива, имеющего объём $V_0 = 0.556$ л в фунтах.	1
Пояснение расчёта массы топлива в фунтах	2
Определим теперь отношение этих масс: $k = \mu_1/m_1= 13817$ фун / 6680,1 кг = 2,07 фун/кг	1

#### Задача 4.

Инженер Иван пришёл на кухню и увидел немного протекающий кран. Вместо того, чтобы его починить, Иван измерил интервал времени между падениями двух соседних капель – он оказался равен в точности 1 секунду. Капли при этом имеют абсолютно одинаковый объём. Затем Иван взял мерный стакан, подставил под кран, засёк время от начала эксперимента и внёс в таблицу зависимость объёма воды в мерном стакане от времени с начала опыта.

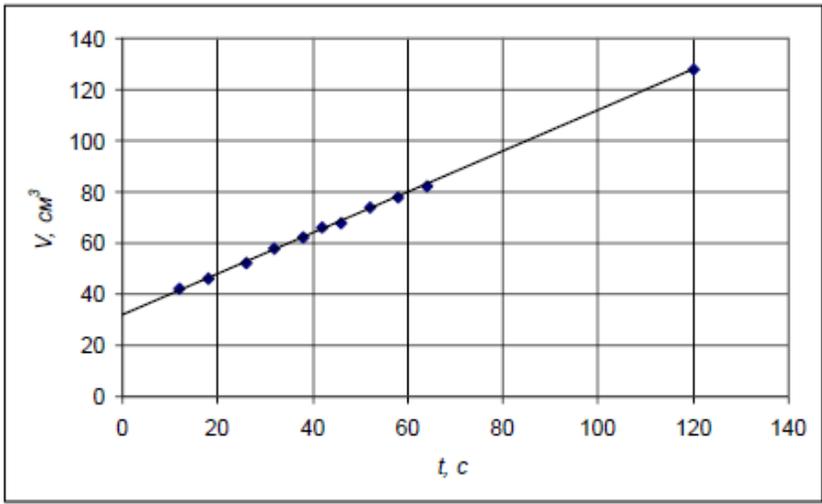
t, с	12	18	26	32	38	42	52	58	64
V, мл	42	46	52	58	62	66	68	78	82

1. Постройте график зависимости V от t.

Используя построенный график, определите:

- объём воды, который был в мерном стакане на момент начала эксперимента;
- объём одной капли;
- объём воды, который будет в мензурке спустя 120 секунд.

### Критерии оценки

Первый вопрос. Постройте график зависимости V от t.	
Используя занесённые в таблицу данные, построим график зависимости V от t.	
	

<p>Построен график подписаны оси – 1, оформлен равномерный масштаб по осям – 1, нанесены точки, соответствующие таблице – 1, проведена прямая (прямая – это не кривая (sic!)) – 1. Участникам выдавался лист условий с распечатанной миллиметровкой. По плану график должен быть на нём. Рисунки участников, сделанные на других листках, <b>тоже проверяются</b>.</p>	4 (в сумме)
Указано, что по графику зависимость $V$ от $t$ линейная.	1
Второй вопрос. объём воды, который был в мерном стакане на момент начала эксперимента	
Продлив график до пересечения с вертикальной осью, найдём объём воды, который был в мензурке изначально, $V \approx 32 \text{ см}^3$	1
Третий вопрос. объём одной капли	
По условию сказано, что каждую секунду из крана падало по одной капле воды. По графику определяем объём одной капли, как отношение изменения объёма к изменению времени, $V_1 \approx 0,8 \text{ см}^3$ .	2
Четвёртый вопрос. объём воды, который будет в мензурке спустя 120 секунд	
Чтобы найти объём воды, который будет в мензурке спустя две минуты, можно или продлить график, или записать уравнение прямой по двум точкам $V(t)=32+0.8t$ . Объём воды, который будет в мензурке спустя 2 минуты, $V_0 \approx 128 \text{ см}^3$ .	2

**Примечание.** Задача касается обработки экспериментальных данных. Ответы участников, попадающие в 10% вклада от авторских значений, засчитываются как верные.

---

Эту **часть** условия под чертой вы можете взять с собой. Ознакомиться с решениями, критериями оценивания, результатами олимпиады и порядком проведения апелляции можно на сайте <http://imc.tomsk.ru/>. Видео разборы будут доступны в telegram канале [https://t.me/fma\\_school](https://t.me/fma_school)

Всероссийская олимпиада школьников по физике 2023-2024 года.  
Муниципальный этап. 8 класс. Время выполнения 180 минут. Каждая задача оценивается в 10 баллов. Вопросы по условию задач принимаются только письменно!

**Поясняйте свой ответ решением.** Желаем успехов!

Если участник получил **правильный обоснованный** ответ неавторским способом, то участник получает полные баллы, относящиеся к этому вопросу.

При ответе на один вопрос могут быть выполнены критерии из другого вопроса.

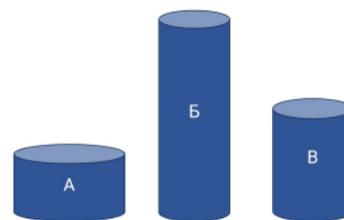
### Задача 1.

В гончарной мастерской из трёх одинаковых кусков глины с помощью гончарного круга сделали три цилиндрических заготовки А, Б и В (схематически изображены на рисунке). Измерения показали, что цилиндр А оказывает на основание давление 500 Па, а цилиндр В — 1000 Па.

Какая сила давления на опору больше: оказываемая цилиндром А или В?

Найдите отношение площади основания цилиндра А к площади основания цилиндра В. Во сколько раз высота цилиндра В больше высоты цилиндра А?

Какое давление на основание будут оказывать цилиндры, если все три цилиндра поставить на цилиндр А? Какое давление на основание будут оказывать цилиндры, если все три цилиндра поставить на цилиндр В?

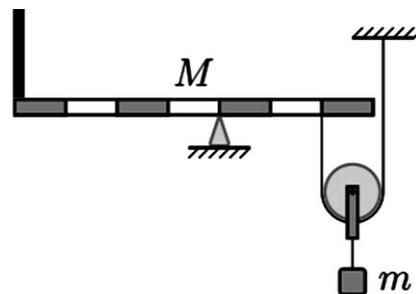


### Критерии оценки

Первый вопрос. Какая сила давления на опору больше: оказываемая цилиндром А или В?	
Сила давления равна весу цилиндра: $F = mg$ . Массы цилиндров А и В одинаковые, значит, силы давления одинаковые.	2
Второй вопрос. Найдите отношение площади основания цилиндра А к площади основания цилиндра В.	
При одинаковой силе давления отношение давлений обратно пропорционально отношению площадей: $p = F / S$ , $S_A / S_B = p_B / p_A = 1000 \text{ Па} / 500 \text{ Па} = 2$	2
Третий вопрос. Во сколько раз высота цилиндра В больше высоты цилиндра А?	
При одинаковой массе и роде вещества объёмы тел равны. Значит, отношение высот обратно пропорционально отношению площадей: $m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot h$ , $h_2 : h_1 = S_1 : S_2 = 2$ . Альтернативно, можно заметить, что давление, оказываемое цилиндром на основание: $p = \rho \cdot g \cdot h$ . Откуда, также следует верный ответ	2
Четвертый вопрос. Какое давление на основание будут оказывать цилиндры, если все три цилиндра поставить на цилиндр А?	
Сила давления трёх цилиндров равна утроенной силе давления одного цилиндра А: $p = 3m \cdot g / S_1 = 3 \cdot p_1 = 3 \cdot 500 \text{ Па} = 1500 \text{ Па}$ .	2
Пятый вопрос. Какое давление на основание будут оказывать цилиндры, если все три цилиндра поставить на цилиндр В?	
Сила давления трёх цилиндров равна утроенной силе давления одного цилиндра В: $p = 3m \cdot g / S_2 = 3 \cdot p_2 = 3 \cdot 1000 \text{ Па} = 3000 \text{ Па}$ .	2

### Задача 2.

Горизонтально расположенная однородная балка массы  $M$  уравновешена в системе, изображённой на рисунке. Балка состоит из семи равных по длине участков. Левым концом балка упирается в зафиксированный стержень. При какой массе  $m$  закрепленного на невесомом блоке груза, возможно равновесие



#### Критерии оценки

При достаточно больших значениях $m$ балка будет упираться в стержень, а потому не сможет опрокинуться. Значит масса $m$ может быть неограниченно большой (правая граница интервала возможных значений $m$ - бесконечность)	2
Сила натяжения нити: $T = mg/2$ (1)	2
При наименьшей из возможных значений $m$ , балка теряет контакт со стержнем.	2
Условие равновесия для балки, относительно точки опоры: $Mg \frac{L}{2} = T 2L$ (2) Альтернативно, этот результат можно получить, если записать первое условие равновесия для балки с учётом силы реакции в опоре, и записать второе условие равновесия (правило моментов) относительно любой другой точки.	2 либо 1+1
С учётом (1): $m = \frac{M}{2}$ (3)	1
Окончательно ответ $m > \frac{M}{2}$	1

### Задача 3.

В теплоизолированном тонкостенном калориметре в тепловом равновесии находится лёд массы  $m_1 = 350$  гр и вода массы  $m_2 = 500$  гр. Какое количество теплоты необходимо подвести к содержимому калориметра, чтобы увеличить его температуру на  $\Delta t = 10$  °С? Удельная теплоёмкость воды  $c_B = 4200$  Дж/кг°С, удельная теплоёмкость льда  $c_L = 2100$  Дж/кг°С, удельная теплота плавления льда  $\lambda = 340$  кДж/кг. Ответ выразите в килоджоулях, округлите до трёх значащих цифр. Какое минимальное количество льда, взятого при температуре 0 °С, нужно добавить к получившейся воде, находящейся при 10 °С, чтобы охладить её обратно до 0 °С? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых. Какое количество каменного угля нужно сжечь в топке, чтобы первоначальное содержимое калориметра довести до 100 °С? Учтеть, что только 30% тепла, выделяемого при сгорании угля, передаётся калориметру. Удельная теплота сгорания угля  $\lambda = 30$  МДж/кг.

#### Критерии оценки

Первый вопрос. Какое количество теплоты необходимо подвести к содержимому калориметра, чтобы увеличить его температуру на $\Delta t = 10$ °С.	
Для нагревания получившейся воды понадобится сначала растопить лёд, а затем нагреть общее количество воды на $\Delta t = 10$ °С: $Q_1 = m_1 \lambda + (m_1 + m_2) c_B \Delta t$	1
Численно, $Q_1 = 0.35 \cdot 340 + (0.35 + 0.5) \cdot 4.2 \cdot 10 = 119 + 35,7 = 154,7$ кДж	1
После представления ответа в кДж И округления до трёх значащих цифр: $Q_1 = 155$ кДж	1

Второй вопрос. Какое минимальное количество льда, взятого при температуре 0 °С, нужно добавить к получившейся воде, находящейся при 10 °С, чтобы охладить её обратно до 0 °С	
При добавлении льда вода будет отдавать тепло льду. Лёд за счёт этого тепла будет плавиться. Согласно уравнению теплового баланса: $m_{\text{л}}\lambda = (m_1 + m_2)c_{\text{в}}\Delta t$	
Откуда, $m_{\text{л}} = (m_1 + m_2)c_{\text{в}}\Delta t/\lambda$	1
Численно, $m_{\text{л}} = \frac{35,7}{340} = 0.105 \text{ кг}$	1
После перевода $m_{\text{л}}$ в граммы И округления до десятых (которое выполнять не нужно): $m_{\text{л}} = 105 \text{ г}$	1
Третий вопрос. Какое количество каменного угля нужно сжечь в топке, чтобы первоначальное содержимое калориметра довести до 100 °С?	
Для нагревания получившейся воды понадобится сначала растопить лёд, а затем нагреть общее количество воды на $\Delta t_1 = 100 \text{ °С}$ : $Q_2 = m_1\lambda + (m_1 + m_2)c_{\text{в}}\Delta t_1$	
При сгорании угля массой $M$ выделяется тепло в количестве. Только тут $\lambda = 30 \text{ МДж/кг}$ – не тоже самое $\lambda = 340 \text{ кДж/кг}$ , что было в первых вопросах. Косяк $\backslash\_(\Psi)\_/$ $Q_{\text{у}} = M\lambda_{\text{не то}}$	1
До воды со льдом дойдёт тепло в количестве: $0.3 Q_{\text{у}}$	1
Тогда $0.3 M\lambda_{\text{не то}} = m_1\lambda + (m_1 + m_2)c_{\text{в}}\Delta t_1$	
Откуда $M = \frac{m_1\lambda + (m_1 + m_2)c_{\text{в}}\Delta t_1}{0.3 \lambda_{\text{не то}}}$	1
Численно: $M = \frac{0.35 \cdot 340 + (0.35 + 0.5) \cdot 4.2 \cdot 100}{0.3 \cdot 30000} = \frac{119 + 357}{3 \cdot 3000} = \frac{476}{3 \cdot 3000} = 0.05288 \text{ кг} \approx 53 \text{ гр}$ Корректным является ответ, округлённый до 2х значащих цифр, округлённый до 3-4 тоже засчитывается.	1

#### Задача 4.

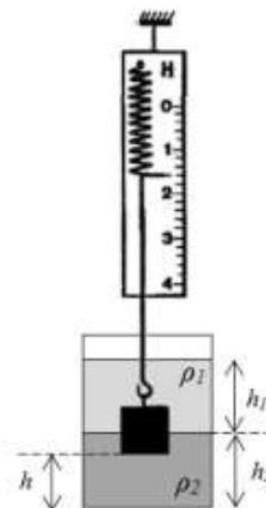
Инженер Иван исследовал выталкивающие способности различных жидкостей. Для этого он поместил в широкий цилиндрический сосуд без делений две несмешивающиеся жидкости. Жидкость с плотностью  $\rho_1$  имела толщину слоя  $h_1$ , а жидкость с плотностью  $\rho_2$  имела толщину слоя  $h_2$ . Затем Иван взял небольшой увесистый кубик, подвесил его за динамометр и стал медленно погружать груз в жидкость, записывая при этом показания динамометра  $F$  и высоту нижней грани куба над дном сосуда  $h$  (см. рис.).

1. Постройте график зависимости  $F(h)$

Определите:

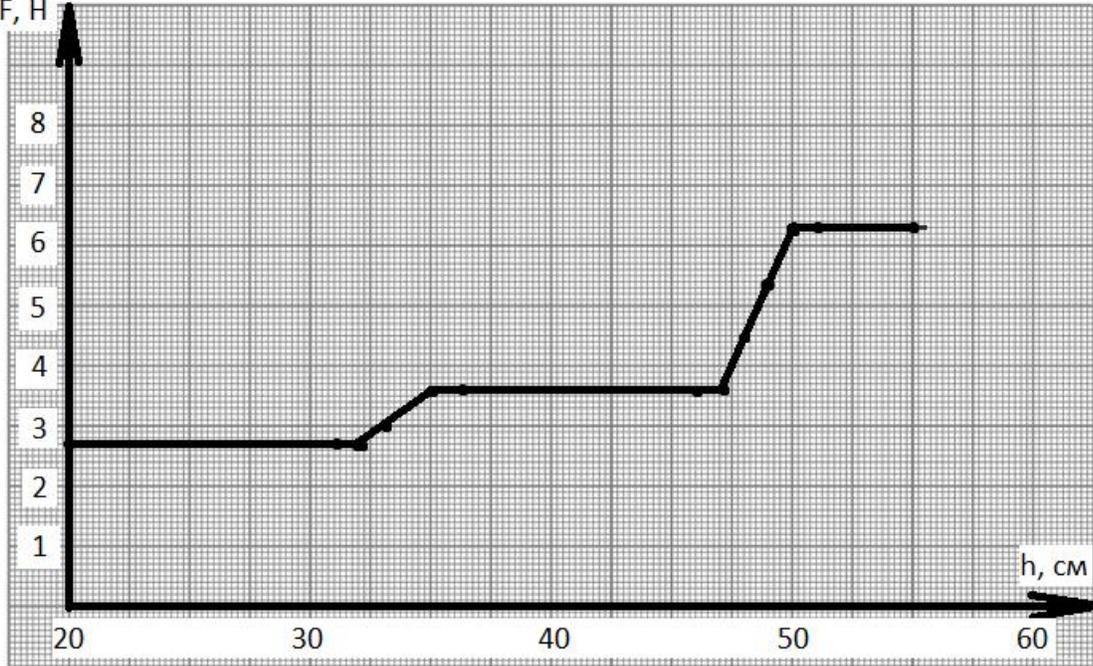
2. Высоты жидкостей  $h_1$  и  $h_2$ .
3. Объем металлического тела.
4. Плотности жидкостей  $\rho_1$  и  $\rho_2$ .

Указание. Объем кубика мал по сравнению с объемом сосуда, поэтому при его погружении в жидкости высоты их уровней не изменяются. Подвес динамометра считать невесомым и пренебрежимо малым по сравнению с размерами металлического кубика. Принять ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$



F, Н	6.3	6.3	6.3	5.4	4.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.3	3.0	2.7	2.7	2.7
h, см	55	51	50	49	48	47	46	36	35	34	33	32	31	20

### Критерии оценки

<p>Первый вопрос. Постройте график зависимости <math>F(h)</math></p>	
<p>Сначала выберем удобный масштаб. Для этого необходимо обратить внимание в каком диапазоне меняются величины силы и высоты. Масштаб по осям равномерный, такой, чтобы целое деление попадало на ЦЕЛУЮ клетку миллиметровки. Подпишем оси. Сначала отметим точки из таблицы. Затем соединим прямыми все участки. Нужно понимать, что пересечение соседних прямых может приходиться на точку, которой нет в таблице. Итоговый график зависимости <math>F(h)</math>:</p> 	
<p>Построен график подписаны оси – 1, оформлен равномерный масштаб по осям – 1, нанесены точки, соответствующие таблице – 1, проведены прямые (прямая – это не кривая (sic!)) – 1. Участникам выдавался лист условий с распечатанной миллиметровкой. По плану график должен быть на нём. Рисунки участников, сделанные на других листках, <b>тоже проверяются</b>.</p>	<p>4 (в сумме)</p>
<p>Второй вопрос. Высоты жидкостей <math>h_1</math> и <math>h_2</math>.</p>	
<p>Проанализируем полученный график. График читаем справа налево. Для того, чтобы определить, высоты жидкостей <math>h_1</math> и <math>h_2</math>, рассмотрим наклонные участки графика. Высоты, при которых начинают изменяться показания динамометра, это высоты, когда нижнее основание кубика оказывается на уровне границы раздела жидкостей. Отсюда:  <math>h_1 = 0,50 \text{ м} - 0,35 \text{ м} = 0,15 \text{ м}</math>  <math>h_2 = 0,35 \text{ м}.</math></p>	<p>1+1</p>
<p>Третий вопрос. Объем металлического тела.</p>	
<p>Из наклонных участков графика находим высоту металлического кубика. Она же будет являться любой другой стороной кубика: <math>a = h(3) - h(6) = h(9) - h(12) = 3 \text{ см}</math>, отсюда <math>V = a^3 = 27 \text{ см}^3</math>.</p>	<p>2</p>
<p>Четвёртый вопрос. Плотности жидкостей <math>\rho_1</math> и <math>\rho_2</math>.</p>	
<p>Рассмотрим первый горизонтальный участок графика. На этом участке тело еще не было погружено в жидкость. По нему находим вес тела в воздухе: <math>F_{\text{тяж}} = 6,3 \text{ Н}.</math></p>	

По последним двум горизонтальным участкам графика найдем вес тела в жидкостях $\rho_1$ и $\rho_2$ : $F_1 = 3,6$ Н, $F_2 = 2,7$ Н.	
Найдем силы Архимеда $F_{\text{Арх}1}$ и $F_{\text{Арх}2}$ , действующие на тело при полном его погружении в данные жидкости: $F_{\text{Арх}1} = F_{\text{тяж}} - F_1 = 2,7$ Н, $F_{\text{Арх}2} = F_{\text{тяж}} - F_2 = 3,6$ Н. Зная $F_{\text{Арх}1}$ и $F_{\text{Арх}2}$ , найдем плотности жидкостей $\rho_1$ и $\rho_2$ : $\rho_1 = F_{\text{Арх}1} / g V = 10\,000$ кг/м <sup>3</sup> , $\rho_2 = F_{\text{Арх}2} / g V = 13\,333$ кг/м <sup>3</sup> .	1+1

**Примечание.** Задача касается обработки экспериментальных данных. Ответы участников, попадающие в 10% ворота от авторских значений, засчитываются как верные.

---

Эту **часть** условия под чертой вы можете взять с собой. Ознакомиться с решениями, критериями оценивания, результатами олимпиады и порядком проведения апелляции можно на сайте <http://imc.tomsk.ru/>. Видео разборы будут доступны в telegram канале [https://t.me/fma\\_school](https://t.me/fma_school)

Всероссийская олимпиада школьников по физике 2023-2024 года.  
Муниципальный этап. 9 класс. Время выполнения 230 минут. Каждая задача оценивается в 10 баллов. Вопросы по условию задач принимаются только письменно!

**Поясняйте свой ответ решением. Желаем успехов!**

Если участник получил **правильный обоснованный** ответ неавторским способом, то участник получает полные баллы, относящиеся к этому вопросу.

При ответе на один вопрос могут быть выполнены критерии из другого вопроса.

### Задача 1.

Имеется два одинаковых ящика. В первом находятся стальные кубы плотностью  $\rho_1 = 7800 \text{ кг/м}^3$ , а во втором керамические пирамидки плотностью  $\rho_2 = 1.3 \text{ г/см}^3$ . Суммарный объём всех кубов меньше суммарного объёма всех пирамидки на  $\Delta V = 5.0 \text{ дм}^3$ , а масса ящика с кубами на  $\Delta m = 1.3 \text{ кг}$  больше массы ящика с пирамидками шарами. Плотность каких деталей больше? Найдите отношение большей плотности к меньшей. Чему равен суммарный объём всех кубов в  $\text{см}^3$ ? Сколько кубов лежит в ящике, если масса каждого равна  $\Delta m = 360 \text{ г}$ ? Чему равна масса одной пирамидки, если известно, что их 20 штук, а масса каждой одинакова?

Цилиндр – это куб

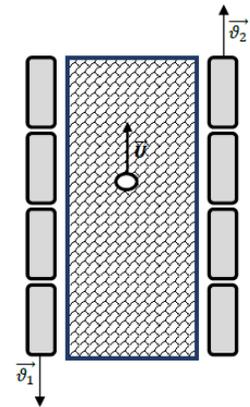
Шары – это пирамидки

### Критерии оценки

Плотность каких деталей больше?	
Выразим плотности в одинаковых единицах: $7800 \text{ кг/м}^3 = 7.8 \text{ г/см}^3$ , после чего сравним числовые значения: $7.8 \text{ г/см}^3 > 1.3 \text{ г/см}^3$ . Плотность кубов больше	1
Найдите отношение большей плотности к меньшей.	
2) Найдите отношение большей плотности к меньшей. $X = \rho_1 : \rho_2 = 7.8 \text{ г/см}^3 : 1.3 \text{ г/см}^3 = 6$ .	1
Чему равен суммарный объём всех кубов в $\text{см}^3$ ?	
3) Чему равен суммарный объём всех цилиндров? Связь массы и объёма $m = \rho \cdot V$ . Составим систему двух уравнений с двумя неизвестными и решим её относительно $V_1$ . Здесь $V_1$ – объём одного куба и $V_2$ – объём одной пирамидки, выражены в $\text{см}^3$ , массы кубов и пирамидок $m_1$ и $m_2$ — в граммах. $\begin{cases} V_2 = V_1 + 5000 \\ m_1 = m_2 + 1300 \end{cases}$ $\begin{cases} V_2 = V_1 + 5000 \\ 7.8 \cdot V_1 = 1.3 \cdot V_2 + 1300 \end{cases}$ $= \begin{cases} 7.8 \cdot V_1 = 1.3 \cdot (V_1 + 5000) + 1300 \\ 6.5 \cdot V_1 = 7800 \\ V_1 = 1200 (\text{см}^3) \end{cases}$	4
Сколько кубов лежит в ящике, если масса каждого равна $\Delta m = 360 \text{ г}$ ?	
Масса всех кубов: $m_1 = \rho_1 \cdot V_1 = 7.8 \text{ г/см}^3 \cdot 1200 \text{ см}^3 = 9360 \text{ г}$ . Количество кубов: $N_1 = 9360 \text{ г} : 360 \text{ г} = 26$ .	2
Чему равна масса одной пирамидки, если известно, что их 20 штук, а масса каждой одинакова?	
Масса всех пирамидок: $m_2 = 9360 \text{ г} - 1300 \text{ г} = 8060 \text{ г}$ . Масса одной пирамидки: $m_0 = m_2 : N_2 = 8060 \text{ г} : 20 = 403 \text{ г}$ .	2

### Задача 2.

По железнодорожному вокзалу с постоянной скоростью  $U$  идёт турист. По левому пути на вокзал прибывает поезд, двигаясь с постоянной скоростью  $v_1$ . По правому пути от вокзала отъезжает поезд с постоянной скоростью  $v_2$  (см. рис.). Турист обратил внимание, что проводники левого поезда, которые стоят в дверях каждого вагона, проезжали мимо него каждые  $t_1 = 2,4$  с. А проводники правого поезда, которые тоже стоят в дверях каждого вагона, проезжали мимо него каждые  $t_2 = 12$  с. Через какое время  $t_3$  проводники обоих поездов оказываются напротив друг друга? Учитывая, что длина каждого вагона равна 24 м, а величина скорости левого поезда больше величины скорости правого поезда на 4 м/с, определите скорость каждого поезда. С какой скоростью турист идёт по вокзалу?



### Решение

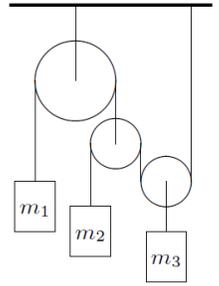
Через какое время $t_3$ проводники обоих поездов оказываются напротив друг друга?	
Если перейти в систему отсчёта связанную с носильщиком, то скорость левого поезда в этой СО будет равна $\vartheta_{от1} = \vartheta_1 + U$ , а скорость второго поезда в этой же СО $\vartheta_{от2} = \vartheta_2 - U$ . Тогда время через которое проводники левого поезда встречают носильщика $t_1 = L / \vartheta_1 + U$ (1), аналогично для правого поезда $t_2 = L / \vartheta_2 - U$ (2), где $L$ – длина вагона. Тогда искомое время $t_3 = L / \vartheta_1 + \vartheta_2$ (3). Решаем получившуюся систему. Для этого из (1) выразим $\vartheta_1 = L / t_1 - U$ (4); Из (2) выразим $\vartheta_2 = L / t_2 + U$ (5) (4) и (5) подставим в (3) и получим итоговую формулу $t_3 = t_2 \cdot t_1 / (t_2 + t_1)$ . После подстановки и вычислений получаем: $t_3 = 2$ с.	6
Учитывая, что длина каждого вагона равна 24 м, а величина скорости левого поезда больше величины скорости правого поезда на 4 м/с, определите скорость каждого поезда.	
Из условия задачи следует: $\vartheta_1 - \vartheta_2 = 4$ м/с (6) Если суммировать (4) и (5) то получим $\vartheta_1 + \vartheta_2 = L (t_2 + t_1) / t_2 \cdot t_1 = 12$ м/с (7) Складывая теперь (6) и (7) получим $2 \vartheta_1 = 16$ м/с Таким образом, ответ: $v_1 = 8$ м/с $v_2 = 4$ м/с	2
С какой скоростью турист идёт по вокзалу?	
Выразить скорость носильщика теперь можно, например из (1): $U = L / t_1 - \vartheta_1 = 2$ м/с	2

### Критерии оценки

1. Записана скорость носильщика относительно первого поезда – 1 балл
2. Записана скорость носильщика относительно второго поезда – 1 балл
3. Записана относительная скорость поездов – 1 балл
4. Записана система уравнений для ответа на первый вопрос – 1 балл
5. Дан правильный ответ на первый вопрос – 2 балла
6. Получено значение суммы скоростей поездов – 1 балл
7. Получено правильное значение скорости первого поезда – 1 балл
8. Получено правильное значение скорости второго поезда – 1 балл
9. Получено правильное значение скорости носильщика – 1 балл

### Задача 3.

Система из трёх грузов массами  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$ , трёх невесомых блоков и некоторого количества невесомых и нерастяжимых нитей находится в равновесии (см.рис.). Определите силы натяжения нитей и соотношение между массами грузов  $m_1 : m_2 : m_3$ .

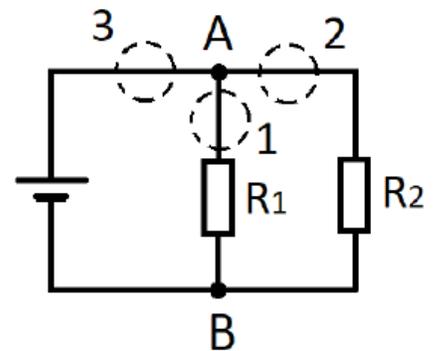


### Критерии оценки

Сила натяжения нити, на которой висит груз $m_3$ равна $m_3 g$ .	1
Сила натяжения нити, перекинутой через два нижних блока $m_3 g / 2$	2
Поскольку груз $m_2$ висит на этой же нити, то $m_2 g = m_3 g / 2$ , откуда $m_2 = m_3 / 2$	1
Сила натяжения нити, перекинутой через верхний блок равна $2 m_3 g / 2 = m_3 g$	2
На этой нити висит груз $m_1$ , откуда $m_1 = m_3$	1
Сила натяжения нити, прикреплённой к верхнему блоку $2 m_3 g$	1
Окончательно $m_1 : m_2 : m_3 = 2 : 1 : 2$ .	2

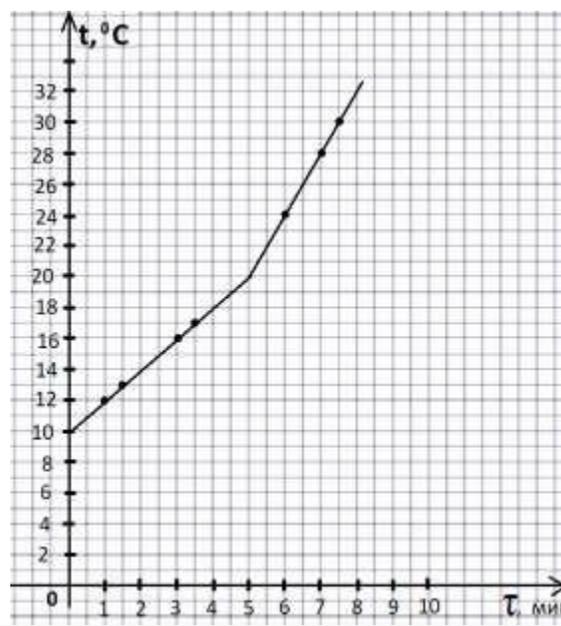
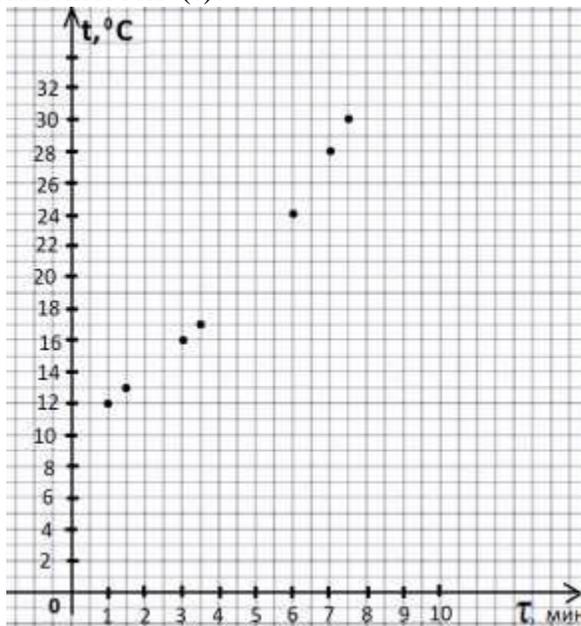
### Задача 4.

В электричестве известен закон, по которому ток, втекающий в узел А, равен сумме токов, вытекающих из нее. Для проверки этого соберём схему (см. рис.). Будем по очереди подключать амперметр в положения 1, 2 и 3, показанные пунктирными линиями. При подключении схемы к автомобильному аккумулятору с напряжением  $U=12$  В, в положении 1 амперметр покажет ток  $I_1 = 2$  А, во втором –  $I_2 = 3$  А, в третьем –  $I_3 = 4$  А. Кажется, что закон не выполняется. Определите сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$  и сопротивление амперметра  $R_A$ .





прямых может приходиться на точку, которой нет в таблице. Итоговый график зависимости  $t(\tau)$ :



Построен график  
подписаны оси – 1, оформлен равномерный масштаб по осям – 1, нанесены точки, соответствующие таблице – 1, проведены прямые (прямая – это не кривая (sic!)) – 1.  
Участникам выдавался лист условий с распечатанной миллиметровкой. По плану график должен быть на нём. Рисунки участников, сделанные на других листках, **тоже проверяются**.

4 (в  
сумме)

Первый вопрос. Начальную температуру воды в сосуде.

Продолжив первый участок графика до пересечения с осью температур, получим значение начальной температуры воды. Получаем, что начальная температура воды в сосуде  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

1

Второй вопрос. Время, когда Баг слил часть воды.

Очевидно, что в момент времени 5 мин изменился угол наклона графика. Значит при неизменной мощности нагревателя скорость нагревания воды увеличилась. Следовательно, в этот момент времени уменьшилась масса воды. Получаем, что Баг набрал воду в момент времени 5 мин.

2

Третий вопрос. Массу воды, которую слил Баг.

Записано выражение для связи мощности нагревателя и скорости изменения температуры.  
Количество теплоты, полученное от нагревателя, идет на нагревание воды:  $Q = ct\Delta T$ ,  
Кроме того:  $Q = N\tau$ .  
Получаем:  $N\tau = ct\Delta T$ .

1

Из графика можно получить необходимые значения изменения температуры и времени  
Чтобы найти массу оставшейся воды, рассмотрим второй участок графика – от 5 мин до 7,5 мин. За это время вода нагрелась от 20 до 30 градусов.

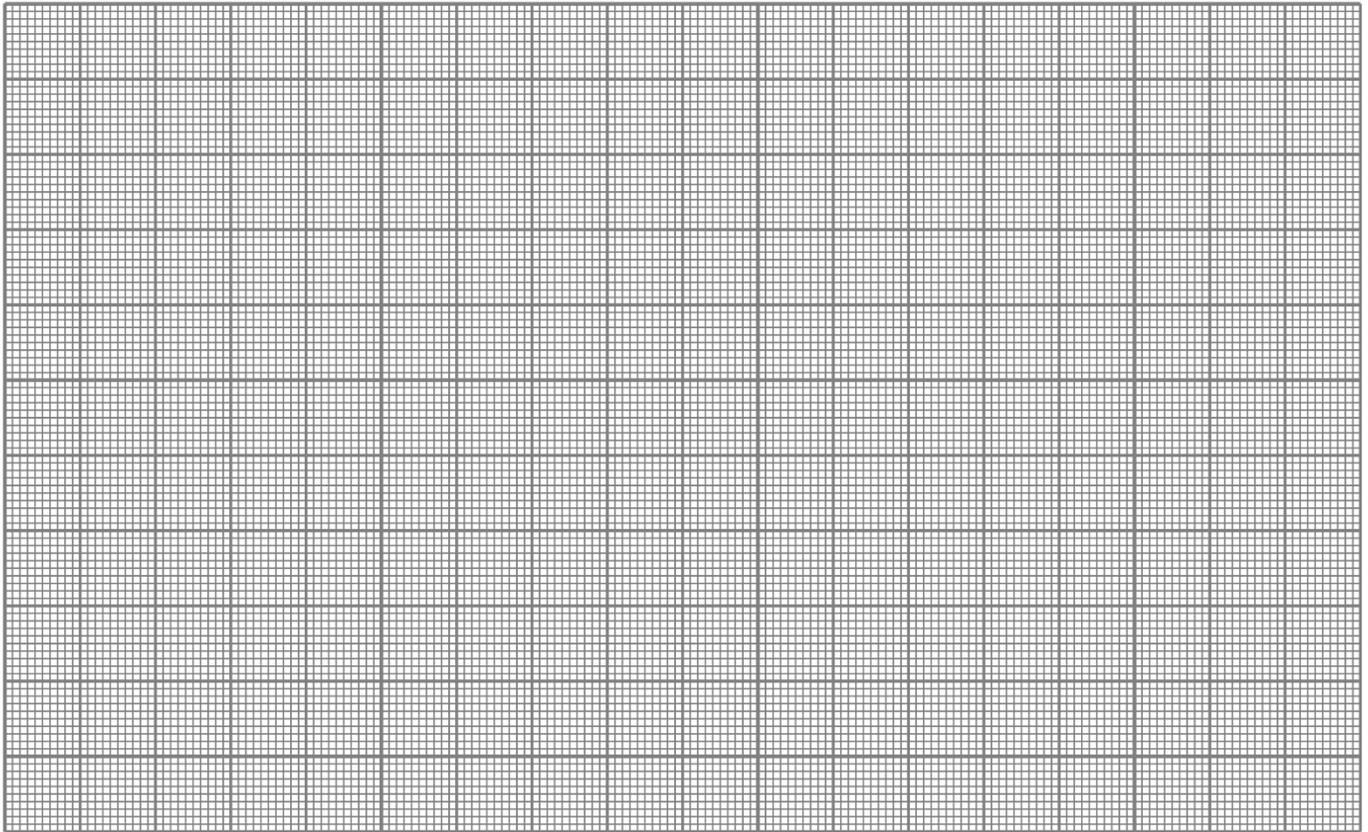
1

Для получения верного числового ответа, подставим эти значения в уравнение:

$$m = N\tau / c\Delta T = 1400 \cdot 2,5 \cdot 60 / 4200 \cdot 10 = 5 \text{ кг.}$$

1

**Примечание.** Задача касается обработки экспериментальных данных. Ответы участников, попадающие в 10% ворта от авторских значений, засчитываются как верные.



---

Эту **часть** условия под чертой вы можете взять с собой. Ознакомиться с решениями, критериями оценивания, результатами олимпиады и порядком проведения апелляции можно на сайте <http://imc.tomsk.ru/>. Видео разборы будут доступны в telegram канале [https://t.me/fma\\_school](https://t.me/fma_school)

Всероссийская олимпиада школьников по физике 2023-2024 года.  
Муниципальный этап. 10 класс. Время выполнения 230 минут. Каждая задача оценивается в 10 баллов. Вопросы по условию задач принимаются только письменно!

**Поясняйте свой ответ решением. Желаем успехов!**

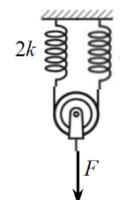
Если участник получил **правильный обоснованный** ответ неавторским способом, то участник получает полные баллы, относящиеся к этому вопросу.

При ответе на один вопрос могут быть выполнены критерии из другого вопроса.

### Задача 1.

Какую силу надо приложить к невесомому блоку, подвешенному на двух пружинах жесткостями  $k$  и  $2k$ , соответственно, чтобы сместить его вниз на расстояние  $x = 5$  см?

$k = 10$  Н/м



#### Критерии оценки

Приложим к блоку силу $F$ . Сила натяжения нити, закреплённой к пружинам $T=F/2$ .	2
Удлинение первой пружины $x_1=T/k=F/2k$	1
Удлинение второй пружины $x_2=T/2k=F/4k$	1
Кинематическая связь удлинения пружин и смещения блока: $2x= x_1 + x_2$	3
После подстановки: $2x= F/2k + F/4k =3/4 F/k$	
Окончательно в общем виде (балл выставляется если участник получил верный ответ, решая численно, поскольку в условии не просили получать ответ в общем виде) $F = 8kx/3$	2
Численный ответ: $F = 8kx/3=8*10*0.05/3=4/3=1.33$	1

### Задача 2.

В теплоизолированный сосуд с водой при температуре  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  опустили металлическую болванку температурой  $t_1 = 5^\circ\text{C}$ . Теплообмен осуществлялся только между водой и болванкой. Удельная теплоёмкость воды  $c_v = 4200$  Дж/кг $^\circ\text{C}$ , удельная теплоёмкость материала болванки  $c_m = 640$  Дж/кг $^\circ\text{C}$ . Через 1 минуту после начала эксперимента температура воды оказалась равной  $t_2 = 18^\circ\text{C}$ , а болванки —  $t_3 = 7^\circ\text{C}$ . Определите отношение массы болванки к массе воды. Какой была бы температура воды к моменту, когда болванки нагрелись бы до  $t_3 = 7^\circ\text{C}$ , если бы в сосуд опустили бы две болванки? Считайте, что вода не выливается из сосуда. Какая температура установится в сосуде после завершения теплообмена, если бы в первом эксперименте вместо исходной болванки, в сосуд поместили болванку такой же формы, но все её линейные размеры были уменьшены вдвое?

#### Критерии оценки

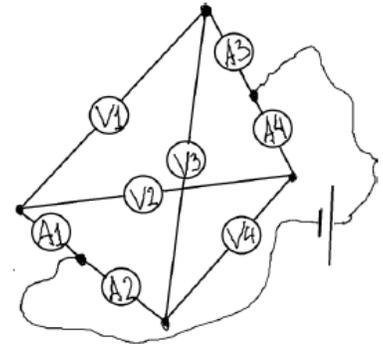
Первый вопрос. Определите отношение массы болванки к массе воды.	
Теплота, отдаваемая водой: $Q_1=c_v m_v \Delta T_v=4200 \cdot m_v \cdot (20-18)$ . Теплота, получаемая болванкой: $Q_2=c_m m_m \Delta T_m=640 \cdot m_m \cdot (7-5)$ . С учетом того, что $Q_1=Q_2$ , получаем: $m_v/m_m=640/4200=0.15$ .	3
Второй вопрос. Какой была бы температура воды к моменту, когда болванки нагрелись бы до $t_3 = 7^\circ\text{C}$ , если бы в сосуд опустили бы две болванки?	
Уравнение теплообмена в данном случае $c_v m_v \Delta T_v=c_m 2m_m \Delta T_m$ . Так как температура болванки опять изменилась на ту же величину, то изменение температуры воды будет в два раза больше по сравнению с исходным. Получаем, что $\Delta T_v=4^\circ\text{C}$ . Следовательно, конечная температура воды: $T=20-4=16^\circ\text{C}$ .	3

Третий вопрос. Какая температура установится в сосуде после завершения теплообмена, если бы в первом эксперименте вместо исходной болванки, в сосуд поместили болванку такой же формы, но все её линейные размеры были уменьшены вдвое	
Если линейные размеры тела уменьшили в 2 раза, то его объем уменьшится в 8 раз, значит и масса уменьшится в 8 раз.	2
Уравнение теплообмена в данном случае: $c_B m_B \Delta T_B = c_M (m_M/8) \Delta T$ . $c_B m_B (20 - T) = c_M (m_M/8) (T - 5)$ . $4200 \cdot 0.15 \cdot (20 - T) = 640 \cdot 18 \cdot (T - 5)$ . Откуда конечная температура равна: $T = 18.3 \text{ }^\circ\text{C}$ .	2

### Задача 3.

Из четырёх одинаковых амперметров с сопротивлением  $R_A = 2 \text{ Ом}$  и четырех одинаковых вольтметров с сопротивлением  $R_V = 100 \text{ Ом}$  собрали цепь в форме тетраэдра и подключили к источнику постоянного напряжения (см.рис.). Через источник протекает ток  $I_0 = 3 \text{ А}$ .

- 1) Найдите показания амперметров и вольтметров в цепи.
- 2) Чему равно напряжение источника?
- 3) Рассчитайте сопротивление цепи.



### Критерии оценки

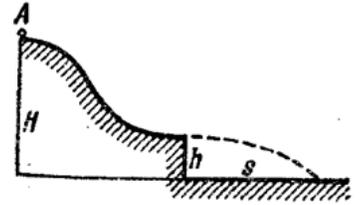
Первый вопрос. Найдите показания амперметров и вольтметров в цепи.	
Ток, подаваемый в цепь, вначале проходит через два одинаковых амперметра, в конце выходит также через два одинаковых амперметра. Поскольку после каждого амперметра на «входе» и до амперметра на «выходе» всегда находится два одинаковых вольтметра, ток в амперметрах распределяется поровну. Поскольку общий ток в цепи 3А, то каждый из вольтметров показывает $3\text{А}/2 = 1,5\text{А}$ . Найдём напряжение на амперметре. $U_A = 1,5 \text{ А} \cdot 2 \text{ Ом} = 3 \text{ В}$ . Рассмотрим ток, выходящий из амперметра А3. Он делится на две части, протекающие по 1 и 3 вольтметрам. Так как оба маршрута для тока являются совершенно одинаковыми, то ток поделится пополам. Аналогично произойдет с током, вышедшим из амперметра А4. Получаем, что через каждый вольтметр течет ток $0,75\text{А}$ . Тогда напряжение на вольтметре равно $100\text{Ом} \cdot 0,75\text{А} = 75\text{В}$	
Второй вопрос. Чему равно напряжение источника?	
Напряжение на источнике равно сумме напряжений на элементах, через которые проходит заряд, двигаясь от плюса источника к минусу. $U_{ист} = U_A + U_V + U_A = 3\text{В} + 75\text{В} + 3\text{В} = 81\text{В}$ .	
Третий вопрос. Рассчитайте сопротивление цепи.	
Общее сопротивление схемы можно найти как отношение общего напряжения (напряжение на источнике) к общему току (току через источник). $R_{ц} = 81\text{В} / 3\text{А} = 27 \text{ Ом}$ .	

### Критерии оценки

- 1 Приведено обоснование почему показания всех амперметров одинаковые 1 балл
- 2 Верно определено показание одного из амперметров 1,5 А 2 балла
- 3 Приведено обоснование почему показания всех вольтметров одинаковые 1 балл
- 4 Верно определено показание одного из вольтметров 75 В 2 балла
- 5 Определено напряжение, подаваемое на схему 81В 2 балла
- 6 Рассчитано общее сопротивление 27 Ом 2 балла

#### Задача 4.

Снежная горка имеет сложный профиль (см.рис.) Начальная высота  $H$ , после гладкого спуска идёт горизонтальный участок, расположенный на высоте  $h$  над землёй. Снежок  $A$  скатывается без начальной скорости и без трения с вершины горки. На каком расстоянии от  $S$  от основания горки приземлится снежок? При каком  $h$  это расстояние будет максимальным?



#### Критерии оценки

Скорость снежка на вылете из горки $V = \sqrt{2g(H - h)}$	2
Время падения с высоты $h : t = \sqrt{2h/g}$	2
$S = Vt = \sqrt{2h/g} \sqrt{2g(H - h)} = 2\sqrt{h(H - h)}$	2
Подкоренное выражение – парабола с вершиной в точке $h = H/2$	2
Максимальное $S_{max} = H$	2

#### Задача 5.

На рельсах стоит тележка массы  $M$ , на которой стоит инженер Иван массы  $m$ . Иван прыгает вдоль рельса со скоростью  $V$  относительно земли. С какой скоростью  $U$  будет двигаться тележка?

Теперь будем считать  $U$  известной. Иван догоняет тележку и прыгает на неё перпендикулярно направлению её движения со скоростью  $V$  относительно земли. Тележка не сходит при этом с рельс. Изменится ли скорость тележки? Если нет – докажите это, если да – найдите новую скорость тележки  $U_1$ .

#### Критерии оценки

Согласно закону сохранения импульса: $MU = mV$ Откуда $U = mV/M$	4
Закон сохранения импульса для неупругого соударения тележки и инженера: $MU = (m + M)U_1$ Откуда $U_1 = MU/(m + M)$	6

Эту **часть** условия под чертой вы можете взять с собой. Ознакомиться с решениями, критериями оценивания, результатами олимпиады и порядком проведения апелляции можно на сайте <http://imc.tomsk.ru/>. Видео разборы будут доступны в telegram канале [https://t.me/fma\\_school](https://t.me/fma_school)

Всероссийская олимпиада школьников по физике 2023-2024 года.  
Муниципальный этап. 11 класс. Время выполнения 230 минут. Каждая задача оценивается в 10 баллов. Вопросы по условию задач принимаются только письменно!

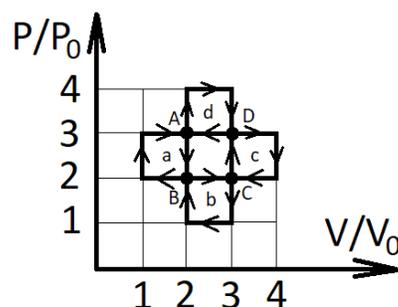
**Поясняйте свой ответ решением.** Желаем успехов!

Если участник получил **правильный обоснованный** ответ неавторским способом, то участник получает полные баллы, относящиеся к этому вопросу.

При ответе на один вопрос могут быть выполнены критерии из другого вопроса.

### Задача 1.

Над одним молем идеального одноатомного газа совершают замкнутый процесс  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ . Процесс начинается в состоянии А, совершает замкнутый квадратный цикла  $a$ , затем по изохоре переходит к точке В, и далее по аналогии: цикла  $b$ , перехода к точке С, цикла  $c$ , перехода к точке D, цикла  $d$  и возвращения к точке А. Какую работу совершает газ в таком цикле? Какое суммарное количество теплоты получает газ за время, когда его объем не меняется? Какое суммарное количество теплоты получает газ за время, когда его давление не меняется? Чему равно КПД цикла?

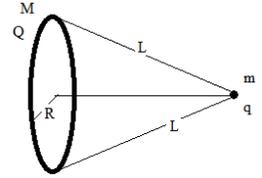


### Критерии оценки

<p>Работа равна площади под графиком (со знаком). Работа в каждом из циклов <math>a, b, c, d</math> положительна и равна <math>P_0V_0</math>. 1 балл При переходах между точками <math>A-B-C-D-A</math> работа отрицательна, равна <math>-P_0V_0</math>. Суммарная работа <math>3P_0V_0</math>. 1 балл</p>	2	
<p>В изохорных процессах система получает тепло при увеличении давления, причем <math>Q = 3/2 V \Delta P</math>. Нас интересуют процессы, показанные на рисунке. 1 балл Процесс <math>CD</math> происходит 2 раза (в цикле <math>c</math> и при переходе <math>C-D</math>). 1 балл Искомое количество теплоты равно <math>Q_V = (3/2 + 2 \cdot (3/2 + 3/2) + 3 \cdot (2 \cdot 3/2)) P_0V_0 = 33/2 P_0V_0</math>. 1 балл * если не учтено 2-х кратное прохождение процесса <math>CD</math>, то ставится 1 балл</p>		3
<p>В изобарных процессах система получает тепло при увеличении объема, причем <math>Q = 5/2 P \Delta V</math>. Нас интересуют процессы, показанные на рисунке 1 балл Процесс <math>BC</math> происходит 2 раза (в цикле <math>b</math> и при переходе <math>B-C</math>). 1 балл Нужное количество теплоты равно <math>Q_P = (2 \cdot (2 \cdot 5/2) + 3 \cdot (5/2 + 5/2) + 4 \cdot (5/2)) P_0V_0 = 35 P_0V_0</math>. 1 балл * если не учтено 2-х кратное прохождение процесса <math>BC</math>, то ставится 1 балл</p>		3
<p>Полное количество теплоты, полученное газом <math>Q = 103/2 P_0V_0</math></p>	1	
<p>КПД равно <math>6/103</math></p>	1	

### Задача 2.

На покоящееся тонкое проводящее заряженное кольцо налетает маленький заряженный шарик со скоростью  $v_0$ , направленной в центр кольца. Начальное расстояние между зарядами на кольце и шариком  $L_0$ . Найдите скорость центра масс системы в момент, когда расстояние  $L$  между зарядами кольца и шариком будет минимальным. Найдите это  $L$



Масса кольца  $M$ , радиус  $R$ , заряд  $Q$ . Масса шарика  $m$ , заряд  $q$ . Во время движения плоскость кольца остается перпендикулярной прямой соединяющей центр кольца и заряженный шарик. Влиянием силы тяжести пренебречь.

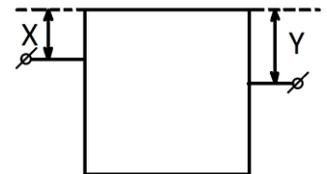
#### Возможное решение и критерии оценивания.

1	Система кольцо-шарик замкнута, следовательно, скорость центра масс в процессе движения не изменяется.	1 балл
2	$\vec{v}_{\text{цм}}(M + m) = m\vec{v}_0 \Rightarrow \vec{v}_{\text{цм}} = \vec{v}_0 \frac{m}{M + m}$	2 балла
3	Если скорость шарика не достаточна, чтобы пролететь сквозь кольцо, то минимальное расстояние будет в момент, когда скорости шарика и кольца сравняются (и станут равны скорости центра масс).	1 балл
4	Из закона сохранения энергии: $\frac{mv_0^2}{2} + \frac{kqQ}{L_0} = \frac{kqQ}{L} + \frac{m^2v_0^2}{2(m+M)}$	2 балла
5	$L_{\text{мин}} = \frac{1}{\frac{1}{L_0} + \frac{Mmv_0^2}{2(m+M)kqQ}}$	1 балл
6	Минимальная начальная скорость шарика $v_{0\text{мин}}$ , при которой он сможет пролететь сквозь кольцо, находится из условия, что скорости кольца и шарика сравнялись в момент, когда шарик оказался в центре кольца: $\frac{mv_0^2}{2} + \frac{kqQ}{L_0} = \frac{kqQ}{R} + \frac{m^2v_0^2}{2(m+M)}$	1 балл
7	Откуда $v_{0\text{мин}} = \sqrt{\frac{2kqQ(M+m)}{Mm} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{L_0} \right)}$	1 балл
8	Ответ: при $v_0 < v_{0\text{мин}}$ , искомое минимальное расстояние равно $L_{\text{мин}} = \frac{1}{\frac{1}{L_0} + \frac{Mmv_0^2}{2(m+M)kqQ}}$ , при $v_0 > v_{0\text{мин}}$ , минимальное расстояние равно радиусу кольца $R$ .	1 балл

*Примечание. Если при ответе на второй вопрос рассмотрен только первый случай, то баллы за пункты 6-8 не ставятся.*

### Задача 3.

Из четырёх однородных проводов сопротивлением  $R$  и длиной  $L$  каждый, собрали квадратную рамку (см. рис.). Какими должны быть координаты подключения подводящих проводов  $X$  и  $Y$ , чтобы общее сопротивление рамки было максимальным?

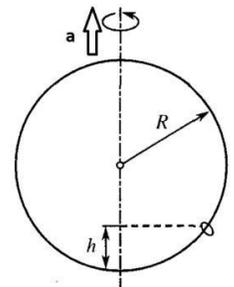


#### Критерии оценки

Общее сопротивление рамки $R_{\text{общ}} = \frac{(R + \frac{(x+y)}{L}R)(R + \frac{(2L-x-y)}{L}R)}{4R}$	2
Введём новую переменную $x+y=z$ и преобразуем $R_{\text{общ}} = \frac{R}{4} \left(1 + \frac{z}{L}\right) \left(1 + \frac{(2L-z)}{L}\right) = \frac{R}{4} \left(1 + \frac{z}{L}\right) \left(3 - \frac{z}{L}\right)$	2
Выражение в скобках – это парабола с вершиной в точке $z=2L$	3
Ответ положение контактов может быть любым, лишь бы $x + y = 2L$	3

#### Задача 4.

По вертикально расположенному обручу радиуса  $R=50$  см может без трения скользить колечко. Обруч вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр с угловой скоростью  $\omega=8$  рад/с и одновременно движется вверх с ускорением  $a=6$  м/с<sup>2</sup>. Колечко находится в равновесии на высоте  $h$  от нижней точки обруча. Определите  $h$ .



#### Возможное решение.

Перейдем в систему отсчета, связанную с обручем и запишем Второй закон Ньютона.

$$\vec{F}_{\text{цб}} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{и}} = \vec{0}$$

Перейдем к проекциям на оси:

$$x: m\omega^2 R \sin\alpha - N \sin\alpha = 0$$

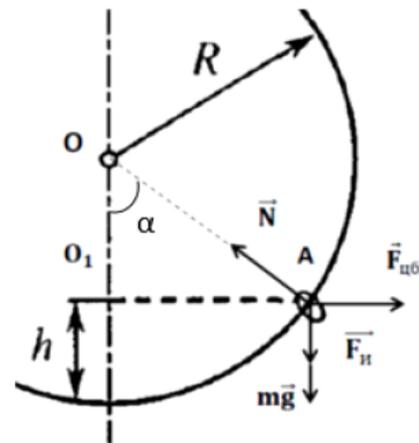
$$y: N \cos\alpha - mg - ma = 0$$

Исключив  $N$  из уравнений, получаем  $\cos\alpha = \frac{g+a}{R\omega^2}$ .

Из треугольника  $OO_1A$  следует, что  $\cos\alpha = \frac{R-h}{R}$ .

Далее получаем  $h = R - \frac{g+a}{\omega^2}$

Ответ:  $h = 25$  см

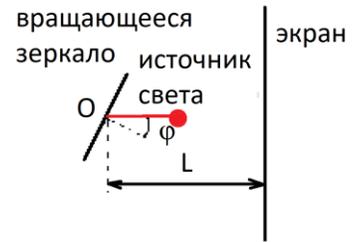


#### Критерии оценивания.

1	Рисунок с указанием сил	1 балл
2	Правильное указание двух сил инерции, либо двух составляющих ускорения	2 балла
3	Корректная запись 2 ЗН в проекции на касательную ось либо 2 оси	3 балла
4	Связь высоты подъема и угла	1 балл
5	Формула для $h = R - \frac{g+a}{\omega^2}$	2 балла
6	Численный ответ $h = 25$ см	1 балл

### Задача 5.

Плоское зеркало вращается с угловой скоростью  $\omega$ . Ось вращения зеркала перпендикулярна плоскости рисунка и проходит через точку  $O$ . Точечный источник света направляет луч, перпендикулярный экрану, на зеркало в точку  $O$ . После отражения в зеркале луч попадает на экран. Расстояние от зеркала до экрана  $L$  много больше размеров зеркала. Определите скорость «светового зайчика» на экране в момент, когда угол падения луча на зеркало: а) равен нулю; б) равен  $\varphi$ .



#### Возможное решение

В момент, когда угол падения луча на зеркало равен нулю при отражении луч меняет направление своего движения на противоположное. За малое время  $\Delta t$  после этого зеркало поворачивается на угол  $\Delta\varphi = \omega \cdot \Delta t$ , отраженный зеркалом луч отклоняется на угол:

$$2\Delta\varphi = 2\omega\Delta t$$

2 балла

а «зайчик» на экране перемещается на расстояние

$$\Delta x = 2L \cdot \omega\Delta t$$

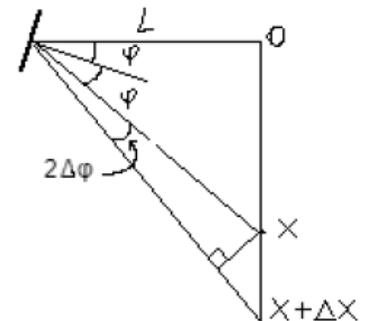
2 балла

А его скорость в этот момент

$$v_0 = \Delta x / \Delta t = 2L\omega.$$

1 балл

В момент, когда угол падения луча на зеркало равен  $\varphi$  при отражении луч отклоняется от первоначального направления движения на угол  $\pi - 2\varphi$  (см.рис.). За малое время  $\Delta t$  после этого зеркало поворачивается (на рисунке по часовой стрелке) на угол  $\Delta\varphi = \omega \cdot \Delta t$ , отраженный зеркалом луч отклоняется за это время на угол  $2\Delta\varphi = 2\omega\Delta t$ .



Из подобия треугольников ( $\Delta t$  почти ноль,  $\Delta\varphi$  почти ноль) следует:

$$\frac{\Delta x}{\sqrt{L^2 + x^2}} = 2\omega\Delta t \frac{\sqrt{L^2 + x^2}}{L}.$$

3 балла

$$\operatorname{tg}(2\varphi) = x/L.$$

Следовательно искомая скорость «зайчика» в этот момент

$$v(\varphi) = \Delta x / \Delta t = 2L\omega / \cos^2(2\varphi).$$

2 балла

Примечание (не требовалось от учащихся, написано для общего развития): Заметим, что при  $\varphi = 45^\circ$  скорость «зайчика» становится бесконечно большой, хотя известно, что скорости объектов не могут превышать скорость света. Проблема заключается в том, что при решении задачи мы не учитывали время движения лучика света от зеркала до экрана, так как при большинстве углов проходимые лучиком расстояния малы, а скорость света очень большая. Однако при угле близком к  $\varphi = 45^\circ$  длина пути лучика начинает стремиться к бесконечности и временем движения света до экрана уже нельзя пренебрегать. То есть при таких углах выбранная нами модель перестает работать.

Эту часть условия под чертой вы можете взять с собой. Ознакомьтесь с решениями, критериями оценивания, результатами олимпиады и порядком проведения апелляции можно на сайте <http://imc.tomsk.ru/>. Видео разборы будут доступны в telegram канале [https://t.me/fma\\_school](https://t.me/fma_school)