

**Московская олимпиада школьников по физике, 2014/15, нулевой тур,  
очное задание 4-7 октября**

**Ответы и указания к задачам, критерии оценок и присуждения грамот**

*Авторы задач: В.Е.Котов, Д.Паринов, Д.Э.Харабадзе, Ф.Цыбров, О.Ю.Шведов*

За каждую задачу участник мог получить от 0 до 10 очков (число очков является целым, при необходимости округляется до ближайшего целого). Проверка осуществлялась только по ответам, решения, если они приведены школьником, не проверялись.

Ответ, приведенный без указания единиц измерения, в 10-11 классах не засчитывался, в 7-9 классах — оценивался вдвое меньшим количеством очков, чем ответ с указанными единицами измерений.

В вариантах, предложенных школьникам, числовые значения могли быть изменены.

Для получения грамоты победителя нулевого тура участник должен набрать: по 11 классу - не менее 45 очков из 50, по 7-10 классам - не менее 35 очков из 40.

Для получения грамоты призера нулевого тура участник должен набрать: по 11 классу - не менее 30 очков из 50, по 7-10 классам - не менее 27 очков из 40.

Для получения грамоты за успешное выполнение задания нулевого тура участник должен набрать: по 11 классу - не менее 15 очков из 50, по 7-10 классам - не менее 10 очков из 40.

**Задача 1 (7-8 классы).** Три гоночных автомобиля участвуют в заезде по замкнутой гоночной трассе длиной 1 км. Красный автомобиль 10 минут двигался со скоростью 144 км/ч, а оставшееся время — со скоростью 180 км/ч. Зелёный автомобиль проехал 25 км со скоростью 144 км/ч, а оставшееся расстояние двигался со скоростью 180 км/ч. Синий автомобиль проезжает нечётные круги со скоростью 144 км/ч, а чётные — со скоростью 180 км/ч. Автомобили стартуют с одного места. Заезд длится 20 минут, автомобиль, проехавший наибольшее расстояние, объявляется первым, следующий за ним — вторым, и так далее. Автомобили движутся в одном направлении. Какое расстояние прошел каждый из автомобилей? Какой автомобиль прошел наименьшее расстояние?

**Ответ.** Красный автомобиль прошел 54 км, зеленый 53,75 км, синий 53,25 км (наименьшее расстояние).

**Критерии оценок.** За правильно рассчитанное расстояние, пройденное каждым автомобилем начисляется +3 очка (всего 9 очков). За правильно указанный автомобиль, прошедший наименьшее расстояние, начисляется +1 очко.

**Задача 2 (7 класс).** В первый день школьник Вася прочитал 60 страниц очень толстой книги. Книга постепенно надоедает Васе, и в каждый следующий день он читает на 5 страниц меньше, чем в предыдущий. Сколько дней продлится чтение книги? Сколько страниц всего прочитает Вася?

**Ответ.** Чтение книги продлится 12 дней, Вася прочитает 390 страниц

**Критерии оценок.** За правильно указанное количество дней начисляется +5 очков, за правильно указанное количество страниц +5 очков.

**Задача 3а (7 класс).** У школьницы Ирины имеются весы, коробка с одинаковыми кубиками и коробка с одинаковыми шариками. На левой чаше весов — гиря неизвестной массы. В первом опыте Ирина стала класть на правую чашу весов кубики (по одному); она увидела, что масса двух кубиков еще меньше массы гири, а масса трех кубиков уже больше массы гири. Во втором опыте Ирина убрала кубики и стала класть на правую чашу весов шарики; она заметила, что масса одного шарика меньше массы гири, а масса двух шариков — уже больше. Чему может быть равно отношение массы шарика к массе кубика? Отношение в ответе записывайте в виде обыкновенной дроби.

**Указание к решению.** Пусть  $m_{\text{ш}}$  — масса шарика,  $m_{\text{к}}$  — масса кубика,  $M$  — масса гири. Как вытекает из условия задачи,

$$2m_{\text{к}} < M < 3m_{\text{к}}, \quad m_{\text{ш}} < M < 2m_{\text{ш}}.$$

Эти соотношения можно также записать как

$$\frac{1}{3}M < m_{\text{к}} < \frac{1}{2}M, \quad \frac{1}{2}M < m_{\text{ш}} < M.$$

Следовательно,

$$1 < m_{\text{ш}} : m_{\text{к}} < 3.$$

**Ответ.** Отношение массы шарика к массе кубика может быть от 1 до 3.

**Критерии оценок.** Участник за задачу получает:

- ✓ 2 очка, если указал только одно значение отношения, которое попадает в интервал в ответе;
- ✓ 3 очка, если указал конечный промежуток, частично перекрывающийся с промежутком в ответе, или указал несколько значений отношения в нужном интервале;
- ✓ 4 очка, если указал конечный промежуток, расположенный полностью внутри промежутка в ответе, при этом ни одна из границ не совпадает с ответом;
- ✓ 6 очков, если указал конечный промежуток, расположенный полностью внутри промежутка в ответе, при этом одна из границ совпадает с границей в ответе;
- ✓ 10 очков, если указанный в работе промежуток совпадает с промежутком в ответе.

**Задача 3б (8 класс).** У школьницы Карины имеются весы, коробка с одинаковыми кубиками и коробка с одинаковыми шариками. На правой чаше весов — гиря неизвестной массы. В первом опыте Карина стала класть на левую чашу весов кубики (по одному); она увидела, что масса трех кубиков еще меньше массы гири, а масса четырех кубиков уже больше массы гири. Во втором опыте Карина оставила на левой чаше весов один кубик, убрала остальные кубики и стала класть на левую чашу весов шарик; она заметила, что масса кубика и одного шарика меньше массы гири, а масса кубика и двух шариков — уже больше. Чему может быть равно отношение массы шарика к массе кубика? Отношение в ответе записывайте в виде обыкновенной дроби.

**Указание к решению.** Пусть  $m_{\text{ш}}$  — масса шарика,  $m_{\text{к}}$  — масса кубика,  $M_0$  — масса гири. Как вытекает из условия задачи,

$$3m_{\text{к}} < M_0 < 4m_{\text{к}}, \quad m_{\text{к}} + m_{\text{ш}} < M_0 < m_{\text{к}} + 2m_{\text{ш}}.$$

Обозначая через  $M = M_0 - m_{\text{к}}$ , приведем неравенства к виду:

$$2m_{\text{к}} < M < 3m_{\text{к}}, \quad m_{\text{ш}} < M < 2m_{\text{ш}}.$$

Дальнейшие рассуждения повторяют решение задачи 3а.

**Ответ.** Отношение массы шарика к массе кубика может быть от 1 до 3.

**Критерии оценок.** См. задачу 3а.

**Задача 3с (9 класс).** У школьницы Марины в холодильнике имеются ледяные кубики (все одинаковые) и шарик (все одинаковые). На столе у Марины — два одинаковых сосуда с одинаковым количеством воды комнатной температуры. В первый сосуд Марина стала класть ледяные кубики (по одному); она увидела, что три кубика полностью растаяли, а четвертый кубик — растаял частично. Во второй сосуд Марина положила один ледяной кубик, а затем — шарик. Она увидела, что кубик и один шарик полностью растаяли, а второй шарик — растаял частично. Чему может быть равно отношение массы шарика к массе кубика? Отношение в ответе записывайте в виде обыкновенной дроби. Потерями тепла можно пренебречь.

**Указание к решению.** Пусть  $C$  — общая теплоемкость воды и сосуда,  $c_{\text{л}}$  — удельная теплоемкость льда,  $\lambda$  — удельная теплота плавления льда,  $t_{\text{к}}$  — комнатная температура,  $t_{\text{х}}$  — температура в холодильнике. Исследуем, в каком случае льдинка массой  $m$ , взятая из холодильника, при погружении в сосуд полностью растает. Количество теплоты, выделяющееся при охлаждении воды и сосуда до  $0^\circ\text{C}$ , составляет  $Ct_{\text{к}}$ . Его должно хватить на нагревание льдинки до  $0^\circ\text{C}$  (требуемое количество теплоты  $c_{\text{л}}m|t_{\text{х}}|$ ) и на ее плавление (требуется количество теплоты  $\lambda m$ ). Следовательно, льдинка растает полностью при

$$Ct_{\text{к}} > c_{\text{л}}m|t_{\text{х}}| + \lambda m,$$

или при

$$m < \frac{Ct_K}{c_{\text{л}}|t_{\text{Х}}| + \lambda}.$$

По условию задачи,

$$3m_{\text{К}} < \frac{Ct_{\text{К}}}{c_{\text{л}}|t_{\text{Х}}| + \lambda} < 4m_{\text{К}}, \quad m_{\text{К}} + m_{\text{Ш}} < \frac{Ct_{\text{К}}}{c_{\text{л}}|t_{\text{Х}}| + \lambda} < m_{\text{К}} + 2m_{\text{Ш}}.$$

Обозначая

$$M = \frac{Ct_{\text{К}}}{c_{\text{л}}|t_{\text{Х}}| + \lambda} - m_{\text{К}},$$

сводим данную задачу к задаче 3а.

**Ответ.** Отношение массы шарика к массе кубика может быть от 1 до 3.

**Критерии оценок.** См. задачу 3а.

**Задача 3д (10-11 классы).** У школьницы Арины в холодильнике имеются ледяные кубики (все одинаковые) и шарики (все одинаковые). На столе у Арины - два одинаковых сосуда с одинаковым количеством воды комнатной температуры. В первый сосуд Арина положила шарик и далее стала класть ледяные кубики (по одному); она увидела, что шарик и три кубика полностью растаяли, а четвертый кубик — растаял частично. Во второй сосуд Арина сначала положила один ледяной кубик, а затем — шарики. Она увидела, что кубик и два шарика полностью растаяли, а третий шарик — растаял частично. Чему может быть равно отношение массы шарика к массе кубика? Отношение в ответе записывайте в виде обыкновенной дроби. Потерями тепла можно пренебречь.

**Указание к решению.** Пусть  $C$  — общая теплоемкость воды и сосуда,  $c_{\text{л}}$  — удельная теплоемкость льда,  $\lambda$  — удельная теплота плавления льда,  $t_{\text{К}}$  — комнатная температура,  $t_{\text{Х}}$  — температура в холодильнике. Исследуем, в каком случае льдинка массой  $m$ , взятая из холодильника, при погружении в сосуд полностью растает. Количество теплоты, выделяющееся при охлаждении воды и сосуда до  $0^{\circ}\text{C}$ , составляет  $Ct_{\text{К}}$ . Его должно хватить на нагревание льдинки до  $0^{\circ}\text{C}$  (требуемое количество теплоты  $c_{\text{л}}m|t_{\text{Х}}|$ ) и на ее плавление (требуется количество теплоты  $\lambda m$ ). Следовательно, льдинка растает полностью при

$$Ct_{\text{К}} > c_{\text{л}}m|t_{\text{Х}}| + \lambda m,$$

или при

$$m < \frac{Ct_{\text{К}}}{c_{\text{л}}|t_{\text{Х}}| + \lambda}.$$

По условию задачи,

$$m_{\text{Ш}} + 3m_{\text{К}} < \frac{Ct_{\text{К}}}{c_{\text{л}}|t_{\text{Х}}| + \lambda} < m_{\text{Ш}} + 4m_{\text{К}}, \quad m_{\text{К}} + 2m_{\text{Ш}} < \frac{Ct_{\text{К}}}{c_{\text{л}}|t_{\text{Х}}| + \lambda} < m_{\text{К}} + 3m_{\text{Ш}}.$$

Обозначая

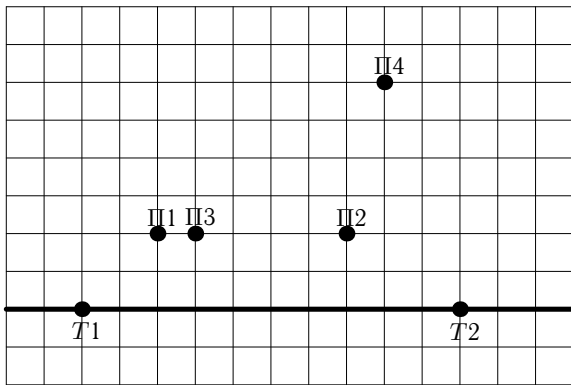
$$M = \frac{Ct_{\text{К}}}{c_{\text{л}}|t_{\text{Х}}| + \lambda} - m_{\text{Ш}} - m_{\text{К}},$$

сводим данную задачу к задаче 3а.

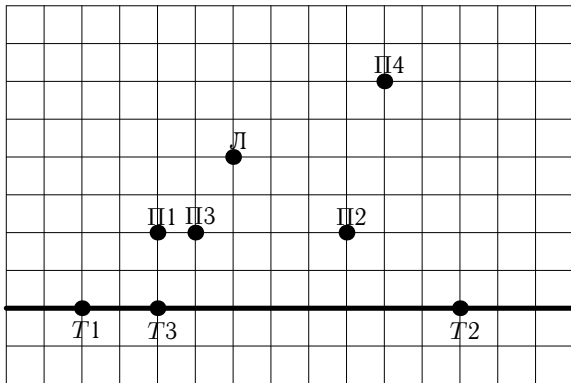
**Ответ.** Отношение массы шарика к массе кубика может быть от 1 до 3.

**Критерии оценок.** См. задачу 3а.

**Задача 4 (7-8 классы).** Школьница Светлана исследует тени на стене, отбрасываемые различными предметами. Включив лампочку, Светлана обнаружила, что у предмета П1 образуется тень Т1, а у предмета П2 — тень Т2 (вид сверху показан на рисунке). Перерисуйте рисунок к себе в работу и укажите, где располагается лампочка. Также укажите, какие тени на стене отбрасывают предметы П3 и П4. При решении задачи учитывайте, что свет от лампочки распространяется во все стороны по прямым линиям.

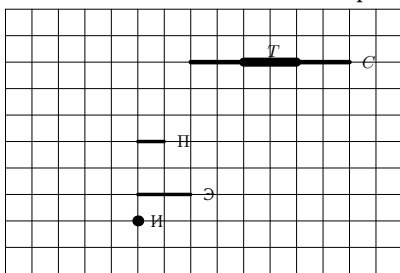


**Ответ.** Лампочка Л и тень Т3 от предмета П3 приведены на рисунке. Предмет П4 не отбрасывает тень на стену.

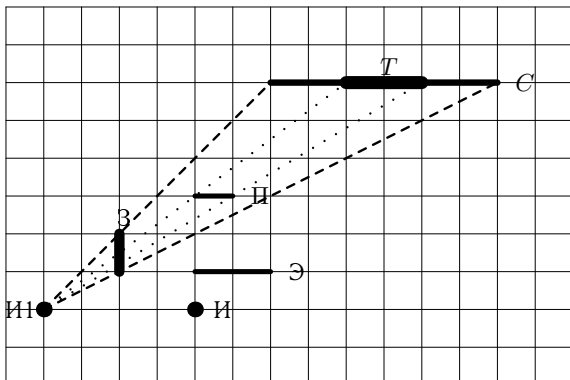


**Критерии оценок.** За правильно указанное положение лампочки участник получает +5 очков. За правильно отмеченное положение тени Т3 начисляется +3 очка. За указание, что тень от предмета П4 на стене наблюдать нельзя (в том числе при указании, что тень наблюдается на другой стене), участник получает +2 очка.

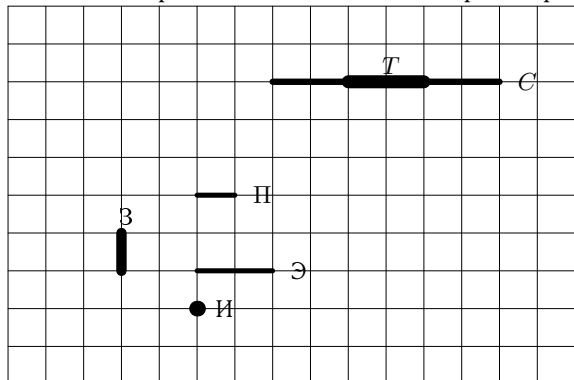
**Задача 5 (9-11 классы).** Источник света И отделен от стены С непрозрачным экраном Э (вид сверху показан на рисунке). Как надо расположить плоское зеркало, чтобы предмет П отбрасывал на стену тень Т, а остальная часть стены была освещена? Перерисуйте рисунок к себе в работу, нарисовав дополнительно зеркало. Постарайтесь использовать зеркало как можно меньшего размера.



**Указание к решению.** Чтобы предмет П отбрасывал тень Т, продолжения лучей света должны выходить из точки И1. Эта точка И1 должна являться изображением источника света И в зеркале. Отсюда однозначно определяем положение плоскости зеркала. Учитывая, что лучи света должны обязательно освещать концы стены, находим минимально возможный размер зеркала.



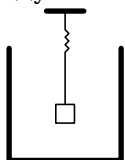
**Ответ.** Зеркало минимального размера изображено на рисунке.



**Критерии оценок.** При неправильно указанной плоскости зеркала участник получает 0 очков. Если плоскость зеркала указана верно, участник получает от 5 до 10 очков:

- ✓ 5 очков, если зеркало в работе не обеспечивает полной освещенности оставшейся части стены (не полностью покрывает зеркало в ответе);
- ✓ 7 очков, если зеркало обеспечивает полное освещение стены (покрывает зеркало в ответе), но больше, чем приведенное в ответе зеркало наименьшего размера;
- ✓ 10 очков, если зеркало в работе школьника совпадает с зеркалом в ответе.

**Задача 6а (8-9 классы).** Школьница Василиса проводит опыты с пружиной. Сначала Василиса обнаружила, что длина пружины в нерастянутом состоянии составляет 10 см, а груз массой  $m$  г, подвешенный к пружине, дополнительно растягивает ее на  $0,01m$  см. Затем Василиса подвесила пружину с грузом над сосудом в форме прямоугольного параллелепипеда, как показано на рисунке, и стала наливать в сосуд воду. Груз имеет форму куба длиной ребра 10 см, его плотность равна плотности воды. В начале опыта расстояние от нижней грани груза до дна сосуда составляет 30 см. Площадь основания сосуда составляет  $1000 \text{ см}^2$ . Нижняя грань куба во время опыта сохраняла горизонтальное положение. Постройте график зависимости длины пружины  $l$  от объема воды  $V$ , налитой в сосуд. При каких значениях объема  $V$  груз находился в воздухе? был частично погружен в воду? был полностью погружен в воду?



**Ответ.** График состоит из горизонтальной линии  $l = 20$  см при  $V < 30$  л (груз в воздухе), наклонного участка, соединяющего точки (20 см; 30 л) и (10 см; 49 л) (груз при  $V$  от 30 л до 49 л частично погружен в воду), горизонтальной линии  $l = 10$  см при  $V > 49$  л (груз полностью в воде).

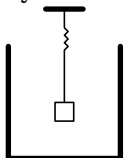
**Критерии оценок.** Участнику начисляются очки следующим образом:

- ✓ при  $V = 0$  значение  $l$  на графике в работе совпадает с ответом: +2 очка;
- ✓ график в работе начинается с горизонтального участка: +1 очко;
- ✓ график в работе после горизонтального участка имеет прямолинейный наклонный участок с отрицательным угловым коэффициентом: +1 очко;
- ✓ график в работе в диапазоне, когда груз погружен в воду частично, содержит только один прямолинейный участок: +1 очко;
- ✓ график в работе заканчивается горизонтальным участком: +1 очко;
- ✓ при достаточно большом  $V$  значение  $l$  на графике в работе совпадает с ответом: +1 очко;

✓ правильно указано значение  $V$  на границе «груз в воздухе — груз частично погружен в воду»: +1 очко;

✓ правильно указано значение  $V$  на границе «груз частично погружен в воду — груз в полностью в воде»: +2 очка.

**Задача 6б (10-11 классы).** Школьница Алиса проводит опыты с пружиной. Она подвесила пружину с грузом над сосудом в форме прямоугольного параллелепипеда, как показано на рисунке, и стала наливать в сосуд воду. Груз имеет форму куба длиной ребра 10 см, его плотность равна плотности воды. В начале опыта расстояние от нижней грани груза до дна сосуда составляет 30 см. Площадь основания сосуда составляет  $1000 \text{ см}^2$ . Нижняя грань куба во время опыта сохраняла горизонтальное положение. Жесткость пружины  $100 \text{ Н/м}$ , ее длина в нерастянутом состоянии составляет 10 см. Ускорение свободного падения  $10 \text{ м/с}^2$ . Постройте график зависимости длины пружины  $l$  от объема воды  $V$ , налитой в сосуд. При каких значениях объема  $V$  груз находился в воздухе? был частично погружен в воду? был полностью погружен в воду?



**Ответ.** График состоит из горизонтальной линии  $l = 20 \text{ см}$  при  $V < 30 \text{ л}$  (груз в воздухе), наклонного участка, соединяющего точки  $(20 \text{ см}; 30 \text{ л})$  и  $(10 \text{ см}; 49 \text{ л})$  (груз при  $V$  от 30 л до 49 л частично погружен в воду), горизонтальной линии  $l = 10 \text{ см}$  при  $V > 49 \text{ л}$  (груз полностью в воде).

**Критерии оценок.** См. задачу 6а.

**Задача 7 (9-11 классы).** Школьник Ярослав решил сконструировать такую электрическую цепь из изображенных на рисунке четырех лампочек, двух ключей и проводов, чтобы выполнялись следующие требования.

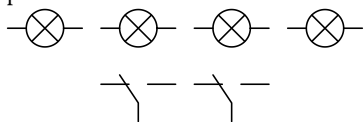
1. При подсоединении цепи к батарее при любом положении ключей должны гореть все четыре лампочки.

2. При переключении любого из ключей яркость хотя бы одной лампочки должна обязательно измениться.

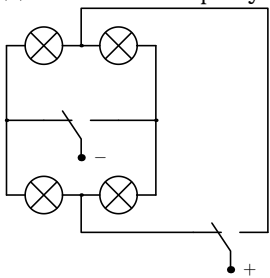
3. При любом положении ключей одна лампочка должна обязательно гореть в полный накал (напряжение на ней должно быть равно напряжению на батарее).

4. При любом положении ключей три лампочки должны обязательно гореть в треть накала (напряжение на каждой из лампочек должно быть равно одной трети от напряжения на батарее).

Помогите Ярославу сконструировать схему электрической цепи, удовлетворяющую как можно большему числу перечисленных требований. Укажите, к каким точкам цепи подсоединяется батарея.



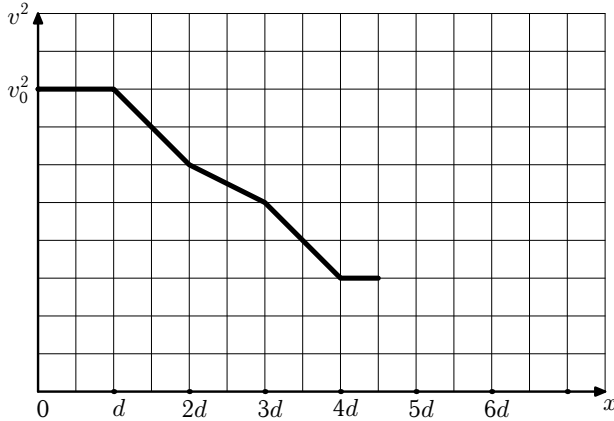
**Ответ.** Возможная схема электрической цепи, удовлетворяющая всем заявленным требованиям, представлена на рисунке.



**Критерии оценок.** Участник, выполнивший все требования условия задачи, получает 10 очков. Если хотя бы одно из требований полностью не выполнено, участник получает не более 3 очков: за первое требование +1 очко, за второе требование +1 очко, за третье требование +1 очко (+0,5

очка, если хотя бы при одном положении ключа одна лампочка горит в полный накал), за четвертое требование +1 очко (+0,5 очка, если хотя бы при одном положении ключа три лампочки горят в треть накала).

**Задача 8 (11 класс).** Вдоль оси  $x$  движется электрон. Перпендикулярно оси  $x$  располагаются заряженные металлические сетки, размеры которых много больше расстояния между ними. На рисунке представлен график зависимости квадрата скорости электрона от координаты  $x$ . Найдите  $x$ -координаты сеток. Считая заряд первой из сеток, через которую пролетел электрон, равным  $q$ , найдите заряды остальных сеток. Для электрона, запущенного из начала координат вдоль оси  $x$  с вдвое меньшей скоростью  $v_0/2$ , постройте графики зависимости квадрата скорости от координаты и проекции скорости  $v_x$  от времени.



**Ответ.** Координаты сеток и их электрические заряды представлены в таблице.

$x$ -координата сетки	$d$	$2d$	$3d$	$4d$
электрический заряд сетки	$+q$	$-q/2$	$+q/2$	$-q$

При запуске электрона со скоростью  $v_0/2$  график зависимости квадрата скорости от координаты представлен на рисунке:

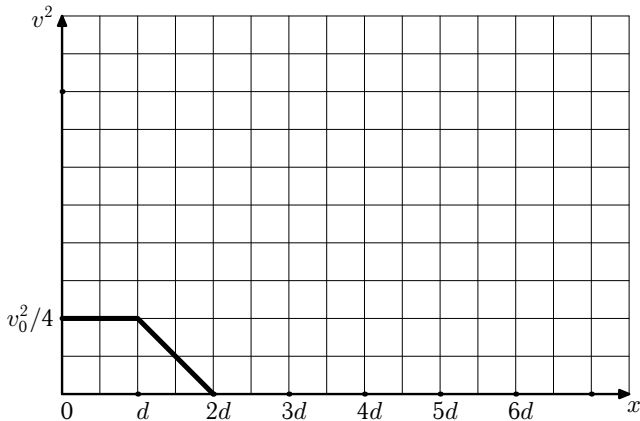
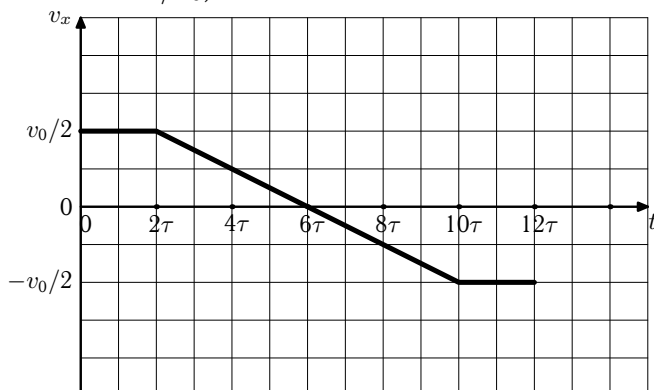


График зависимости проекции скорости  $v_x$  от времени  $t$  оказывается следующим (введено обозначение  $\tau = d/v_0$ ):



**Критерии оценок.** За правильно указанные координаты сеток участник получает до +1 очка

(по +0,25 очка за правильное значение каждой  $x$ -координаты).

За правильно указанные заряды сеток участник получает до +3 очков (по +1 очку за значение каждого из зарядов, кроме уже известного заряда  $q$ ).

За график зависимости  $v^2$  от  $x$  участник может получить от 0 до +2 очков согласно критериям:

- ✓ наличие горизонтального участка при  $x$  от 0 до  $d$ : +0,5 очка;
- ✓ наличие линейного наклонного участка при  $x$  от  $d$  до  $2d$ : +0,5 очка;
- ✓ при  $x = 2d$  квадрат скорости равен нулю: +1 очко;
- ✓ ошибки (график попадает в область  $v^2 > 0$ , продолжается на значения  $x > 2d$ ): до -1 очка.

За график зависимости  $v_x$  от  $t$  участник может получить от 0 до +4 очков согласно критериям:

- ✓ наличие горизонтального участка в начале: +0,5 очка;
- ✓ горизонтальному участку в начале соответствует временной промежуток  $2d/v_0$ : +1 очко;
- ✓ наличие линейного наклонного участка вслед за горизонтальным: +0,5 очка;
- ✓ на наклонном участке скорость уменьшается от начального значения до нуля за промежуток времени  $4d/v_0$ : +1 очко;
- ✓ после достижения значения  $v_x = 0$  график продолжен симметрично в область отрицательных  $v_x$ : +1 очко.