

# ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «РОБОФЕСТ» по ФИЗИКЕ 2018-2019 года

## МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП

Участники отборочного этапа участвовали в региональных робототехнических соревнованиях и выполняли задания отборочного этапа по физике. Задания робототехнических соревнований и задания по физике были тематически связаны. Все участники, выполняли **один из 12 вариантов** заданий. Задания были разделены по возрастным категориям.

**Максимальная сумма баллов за робототехнические соревнования: 50 баллов.**

**Максимальная сумма баллов за задание по физике: 50 баллов.**

**Максимальная сумма баллов участника на отборочном этапе: 100 баллов.**

Распределение баллов задания по вопросам варьировалась от задания к заданию, но во всех заданиях оценки за каждый из вопросов, в соответствии с уровнем сложности составляли **5 баллов, 10 баллов, 15 баллов и 20 баллов (сумма – 50 баллов)**.

### ЗАДАНИЯ ОТБОРОЧНОГО ЭТАПА ПО ФИЗИКЕ:

#### Задание 1 (7-8 классы)

1. Средняя скорость тела на участке пути – это отношение пути  $s$  тела к длительности интервала времени  $t$ , за который тело прошло этот путь:  $V_{cp} = \frac{s}{t}$ .

1.1. Робот проезжает трассу, состоящую из горизонтального участка длиной  $L=6$  м и симметричной горки (то есть такой, у которой подъем и спуск одинаковы по длине и наклону). Полная ширина горки  $D=288$  см, а высота  $h=42$  см. Робот движется по горизонтальному участку со скоростью  $v_1=1,0$  м/с, на подъеме – со скоростью  $v_2=0,6$  м/с, а на спуске – со скоростью  $v_3=1,2$  м/с. Найдите среднюю скорость робота на трассе. Как изменится ответ, если при той же скорости на горизонтальном участке скорость на подъеме в  $k > 1$  раз уменьшится, а на спуске во столько же раз увеличится?

1.2. Пусть скорость робота на некотором участке пути изменяется по закону  $v(t) = v_0 + a \cdot t$ , где  $a$  – постоянная величина, измеряемая в м/с<sup>2</sup>. Эта величина в физике называется *ускорением*, а такое движение – *равноускоренным*. Какой будет средняя скорость этого движения на участке пути, пройденном за время  $t$ ? Выведите формулу для средней скорости и найдите ее численное значение, если  $v_0 = 1,5$  м/с,  $a = 1,5$  м/с<sup>2</sup>,  $t = 2$  с.

1.3. Определите средние скорости тел ( $V_1$  и  $V_2$ ), зависимость скорости которых от времени показана на рисунках 1 и 2. На рис.2 криволинейные участки в используемом

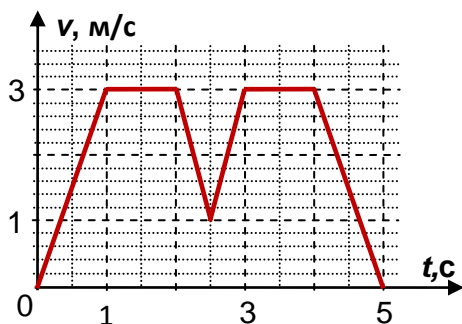


рис.1

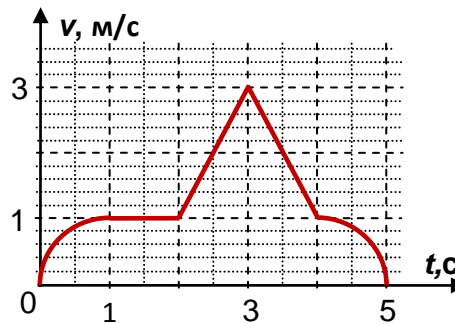


рис.2

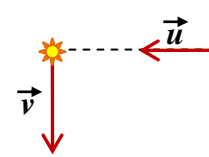
масштабе являются четвертями окружности. Ответ запишите в м/с, при необходимости округляя до сотых и поясните способ его получения.

1.4. Два робота (№1 и №2) проезжают одну и ту же трассу несколько раз. В первом раунде робот №1 проехал трассу быстрее на  $\Delta t = 6$  с. Во втором раунде №2 увеличил среднюю скорость прохождения трассы в 1,5 раза, и теперь он проехал трассу быстрее на  $\Delta t' = 4$  с. В третьем раунде робот №1 увеличил свою среднюю скорость на трассе на 20%. Кто из роботов проедет трассу быстрее в 3-м раунде и на сколько?

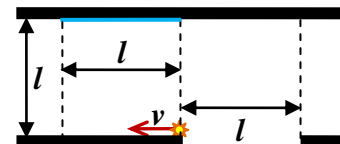
## Задание 2 (8-9 классы)

2. Рассмотрим оптические системы, которые могут являться частью оборудования различных технических устройств.

2.1. Два робота перемещаются по площадке во взаимно-перпендикулярных направлениях. На одном из них (движущемся со скоростью  $v = 3 \text{ м/с}$ ) находится небольшая лампочка, на другом (его скорость равна  $u = 2 \text{ м/с}$ ) закреплено вертикально плоское зеркало (см. рисунок). С какой скоростью движется изображение лампочки в этом зеркале (относительно неподвижного наблюдателя на площадке)?

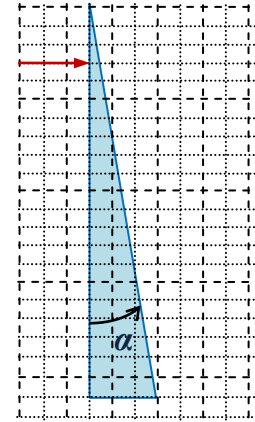


2.2. Робот небольших размеров движется с постоянной скоростью  $v = 1 \text{ м/с}$  вдоль стены коридора шириной  $l = 1 \text{ м}$ , в одной из стен которого есть проем шириной  $l = 1 \text{ м}$ , а на другой висит плоское зеркало такой же в точности ширины (1 м), по высоте в точности соответствующее высоте стены. Толщина панелей, из которых сооружены стены, превышает размеры робота, панели покрашены черной краской (то есть поглощают почти весь падающий на них свет). На роботе установлена маленькая лампочка. В некоторый момент времени робот находится рядом с краем проема. В течении какого времени после этого свет от лампочки попадает в проем?



2.3. В некоторой оптической системе используется прозрачный клин с углом при вершине

$\alpha = 15^\circ$  (см. рисунок: реальные пропорции клина в точности такие же, как на рисунке). На одну из его вертикальных плоских поверхностей падает из воздуха нормально (так, как показано на рисунке) горизонтальный тонкий лазерный луч. Известно, что при нормальном падении на любую из граней клина – как снаружи, так и изнутри, примерно половина потока энергии световых пучков отражается, и примерно столько же – проходит, а поглощением на поверхности и в веществе клина можно пренебречь. Показатель преломления вещества клина равен  $n = 1,5$ . Сколько лучей выйдет из клина обратно в воздух (луч, отраженный в точке падения, не считать)? Выполните построение хода лучей в клине и ответьте на вопрос. Обоснуйте правильность своего ответа.



2.4. Фотодатчик состоит из фотоэлемента, ток в цепи которого пропорционален мощности поступающего на фотоэлемент света, и собирающей линзы, направляющей свет от внешнего источника на фотоэлемент. Фотоэлемент расположен в главном фокусе линзы, его чувствительная поверхность в виде кружка площадью  $\sigma = 4 \text{ мм}^2$  развернута перпендикулярно главной оптической оси. Диаметр линзы  $d = 36 \text{ мм}$ , ее фокусное расстояние  $F = 50 \text{ см}$ . Окуляр фотоэлемента нацеливается точно на маленькую лампочку, мощность светового излучения которой  $P = 62,8 \text{ Вт}$ , причем лампочка светит по всем направлениям одинаково. Известно, что при мощности поступающего света  $P_0 = 0,1 \text{ мВт}$  ток фотодатчика равен  $I_0 = 15 \text{ мА}$ . Каким будет ток фотодатчика, если лампочка перемещается таким образом, что расстояние от нее до окуляра изменяется от  $5 \text{ м}$  до  $7 \text{ м}$ ? Поглощением света пренебречь.

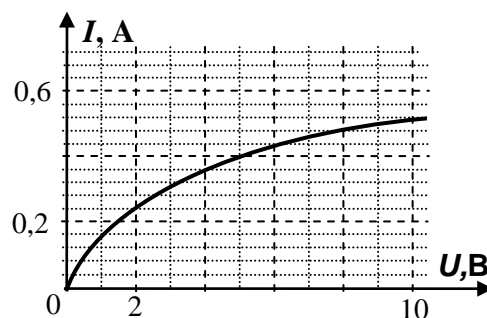
### Задание 3 (10-11 классы)

3. Допустим, у нас есть несколько одинаковых аккумуляторов и вольтметр. При подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора он показывает напряжение  $U_1 = 9$  В, а при подключении к двум аккумуляторам, соединенным параллельно – напряжение  $U_2 = 10$  В.

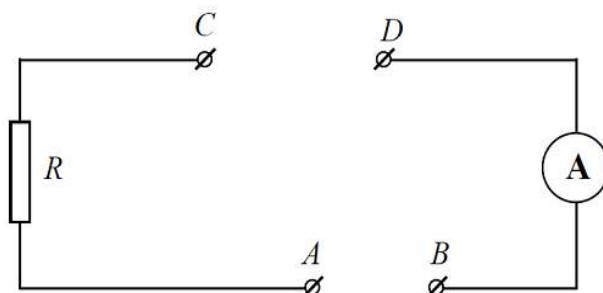
3.1. С чем связано такое заметное различие показаний? Соотношение каких параметров вольтметра и аккумулятора можно определить на основании этих измерений?

3.2. Что покажет этот же вольтметр, если его подключить к тем же двум аккумуляторам, но соединенным последовательно? А что на его месте показал бы «практически идеальный» вольтметр?

3.3. Существуют элементы электрических цепей, у которых протекающий ток не пропорционален приложенному напряжению. Например, у ламп накаливания ток растет медленнее, чем напряжение (такие элементы, не подчиняющиеся закону Ома, называют «нелинейными»). Связь тока с напряжением для подобных элементов описывается вольт-амперной характеристикой (ВАХ). Рассмотрим лампу, ВАХ которой показана на рисунке. Оказалось, что при подключении ее к одному аккумулятору ток через лампу точно такой же, как и через вольтметр, также подключенный к одному аккумулятору. Какой ток течет при этом через лампу? Какая мощность потребляется лампой? Чему равно внутреннее сопротивление аккумулятора?



3.4. Рассмотрим схему, показанную на рисунке. Между клеммами  $A$  и  $B$  поддерживается неизменное напряжение. Если замкнуть клеммы  $C$  и  $D$  проводом с пренебрежимо малым сопротивлением, то практически идеальный амперметр в схеме покажет силу тока, равную  $I = 6,0$  А. Допустим, что у нас есть две одинаковые лампочки накаливания, для которых связь силы тока с приложенным напряжением дается формулой  $I(U) = I_0 \sqrt{\frac{U}{U_0}}$ .



Если соединить эти лампочки последовательно и подключить к клеммам  $C$  и  $D$ , амперметр покажет ток  $I_1 = 1,0$  А. Каковы будут показания амперметра, если подключить к клеммам  $C$  и  $D$  эти же две лампочки, но соединенные параллельно?

#### Задание 4 (9-11 классы)

4. Роботу необходимо преодолеть симметричную горку (подъем и спуск горки одинаковы по длине и наклону) высотой 21 см и полной шириной 144 см. Масса робота равна 1 кг, коэффициент трения между его ведущими (передними) колесами и поверхностью горки  $\mu = \frac{5}{8}$ . Геометрические параметры робота: у него две пары колес, расстояние между осями

которых  $l = 12$  см, расстояние между осью задних колес и перпендикулярной опоре плоскостью, в которой лежит центр масс,  $l' = 10$  см, расстояние от центра масс до плоскости опоры  $h = 6$  см. Радиус колес равен  $r = 3$  см. Режим работы двигателя выбран так, что ведущие колеса всегда проскальзывают. При этом силой трения, действующей на вторую пару колес, можно пренебречь. Кроме того, можно пренебрегать сопротивлением воздуха и считать наклон горки на подъеме и на спуске почти постоянным. Ускорение свободного падения считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

4.1. Определите силу нормальной реакции опоры, действующую на ведущие (передние) колеса. С каким ускорением движется робот на подъеме?

4.2. Не перевернется ли робот на спуске? Ответ обосновать.

4.3. Найдите увеличение механической энергии робота в процессе подъема. Считать, что робот начинает подъем с очень маленькой начальной скоростью.

4.4. Оказалось, что в процессе подъема ведущие колеса робота совершили ровно 6 полных оборотов. Найдите количество тепла, выделившееся из-за трения за время подъема. Пренебрегая прочими потерями, вычислите, какую работу совершил двигатель на подъеме.

### Задание 5 (7-8 классы)

5. Средняя скорость тела на участке пути – это отношение пути  $s$  тела к длительности интервала времени  $t$ , за который тело прошло этот путь:  $V_{cp} = \frac{s}{t}$ .

5.1. Робот проезжает трассу, состоящую из горизонтального участка длиной  $L = 5$  м и симметричной горки (то есть такой, у которой подъем и спуск одинаковы по длине и наклону). Полная ширина горки  $D = 240$  см, а высота  $h = 35$  см. Робот движется по горизонтальному участку со скоростью  $v_1 = 1,0$  м/с, на подъеме – со скоростью  $v_2 = 0,5$  м/с, а на спуске – со скоростью  $v_3 = 1,25$  м/с. Найдите среднюю скорость робота на трассе. Как изменится ответ, если при той же скорости на горизонтальном участке скорость на подъеме уменьшится на  $0 \text{ м/с} < \Delta v < 0,5 \text{ м/с}$ , а на спуске на столько же увеличится?

5.2. Пусть скорость робота на некотором участке пути изменяется по закону  $v(t) = v_0 + a \cdot t$ , где  $a$  – постоянная величина, измеряемая в  $\text{м/с}^2$ . Эта величина в физике называется *ускорением*, а такое движение – *равноускоренным*. Какой будет средняя скорость этого движения на участке пути, пройденном за время  $t$ ? Выведите формулу для средней скорости и найдите ее численное значение, если  $v_0 = 4$  м/с,  $a = -1,5 \text{ м/с}^2$ ,  $t = 2$  с.

5.3. Определите средние скорости тел ( $V_1$  и  $V_2$ ), зависимость скорости которых от времени показана на рисунках 1 и 2. На рис.2 криволинейные участки в используемом

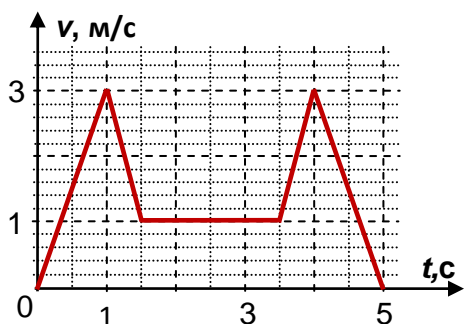


рис.1

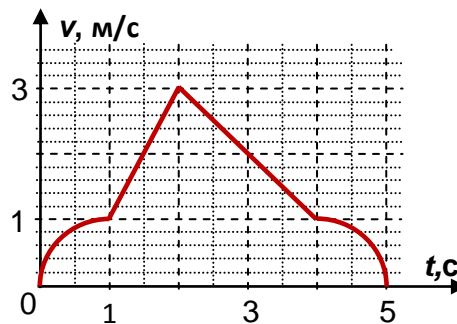


рис.2

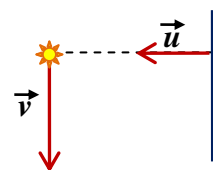
масштабе являются четвертями окружности. Ответ запишите в м/с, при необходимости округляя до сотых и поясните способ его получения.

5.4. Два робота (№1 и №2) проезжают одну и ту же трассу несколько раз. В первом раунде робот №1 проехал трассу быстрее на  $\Delta t = 9$  с. Во втором раунде №2 увеличил среднюю скорость прохождения трассы в 1,5 раза, и теперь он проехал трассу быстрее на  $\Delta t' = 1$  с. В третьем раунде робот №1 увеличил свою среднюю скорость на трассе на 20%. Кто из роботов проедет трассу быстрее в 3-м раунде и на сколько?

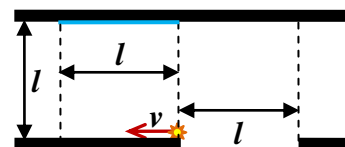
### Задание 6 (8-9 классы)

6. Рассмотрим оптические системы, которые могут являться частью оборудования различных технических устройств.

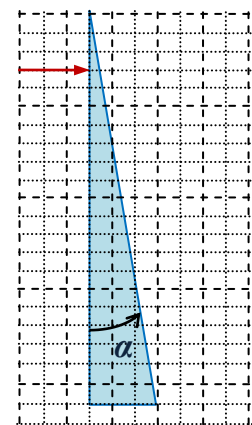
6.1. Два робота перемещаются по площадке во взаимно-перпендикулярных направлениях. На одном из них (движущемся со скоростью  $v = 2 \text{ м/с}$ ) находится небольшая лампочка, на другом (его скорость равна  $u = 0,75 \text{ м/с}$ ) закреплено вертикально плоское зеркало (см. рисунок). С какой скоростью движется изображение лампочки в этом зеркале (относительно неподвижного наблюдателя на площадке)?



6.2. Робот небольших размеров движется с постоянной скоростью  $v = 1,5 \text{ м/с}$  вдоль стены коридора шириной  $l = 2 \text{ м}$ , в одной из стен которого есть проем шириной  $l = 2 \text{ м}$ , а на другой висит плоское зеркало такой же в точности ширины ( $2 \text{ м}$ ), по высоте в точности соответствующее высоте стены. Толщина панелей, из которых сооружены стены, превышает размеры робота, и покрашены черной краской (то есть поглощают почти весь падающий на них свет). На роботе установлена маленькая лампочка. В некоторый момент времени робот находится рядом с краем проема. В течение какого времени после этого свет от лампочки попадает в проем?



6.3. В некоторой оптической системе используется прозрачный клин с углом при вершине  $\alpha = 15^\circ$  (см. рисунок: реальные пропорции клина в точности такие же, как на рисунке). На одну из его вертикальных плоских поверхностей падает из воздуха нормально (так, как показано на рисунке) горизонтальный тонкий лазерный луч. Известно, что при нормальном падении на любую из граней клина – как снаружи, так и изнутри, примерно половина потока энергии световых пучков отражается, и примерно столько же – проходит, а поглощением на поверхности и в веществе клина можно пренебречь. Показатель преломления вещества клина равен  $n = 1,4$ . Сколько лучей выйдет из клина обратно в воздух (луч, отраженный в точке падения, не считать)? Выполните построение хода лучей в клине и ответьте на вопрос. Обоснуйте правильность своего ответа.



6.4. Фотодатчик состоит из фотоэлемента, ток в цепи которого пропорционален мощности поступающего на фотоэлемент света, и собирающей линзы, направляющей свет от внешнего источника на фотоэлемент. Фотоэлемент расположен в главном фокусе линзы, его чувствительная поверхность в виде кружка площадью  $\sigma = 9 \text{ мм}^2$  развернута перпендикулярно главной оптической оси. Диаметр линзы  $d = 48 \text{ мм}$ , ее фокусное расстояние  $F = 75 \text{ см}$ . Окуляр фотоэлемента нацеливается точно на маленькую лампочку, мощность светового излучения которой  $P = 31,4 \text{ Вт}$ , причем лампочка светит по всем направлениям одинаково. Известно, что при мощности поступающего света  $P_0 = 0,1 \text{ мВт}$  ток фотодатчика равен  $I_0 = 15 \text{ мА}$ . Каким будет ток фотодатчика, если лампочка перемещается таким образом, что расстояние от нее до окуляра изменяется от  $5 \text{ м}$  до  $9 \text{ м}$ ? Поглощением света пренебречь.

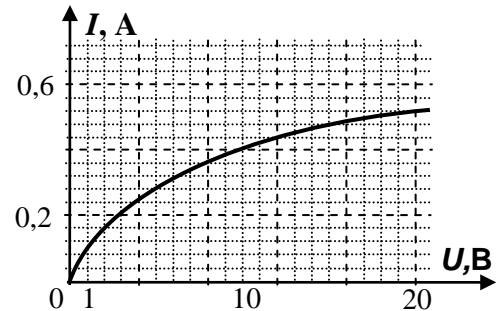
### Задание 7 (10-11 классы)

7. Допустим, у нас есть несколько одинаковых аккумуляторов и вольтметр. При подключении вольтметра к клеммам одного аккумулятора он показывает напряжение  $U_1 = 17$  В, а при подключении к двум аккумуляторам, соединенным параллельно – напряжение  $U_2 = 18$  В.

7.1. С чем связано такое заметное различие показаний? Соотношение каких параметров вольтметра и аккумулятора можно определить на основании этих измерений?

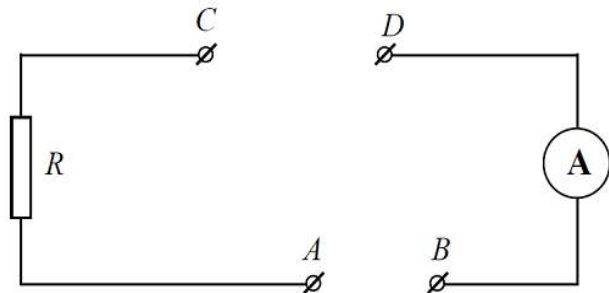
7.2. Что покажет этот же вольтметр, если его подключить к тем же двум аккумуляторам, но соединенным последовательно? А что на его месте показал бы «практически идеальный» вольтметр?

7.3. Существуют элементы электрических цепей, у которых протекающий ток не пропорционален приложенному напряжению. Например, у ламп накаливания ток растет медленнее, чем напряжение (такие элементы, не подчиняющиеся закону Ома, называют «нелинейными»). Связь тока с напряжением для подобных элементов описывается вольт-амперной характеристикой (ВАХ). Рассмотрим лампу, ВАХ которой показана на рисунке. Оказалось, что при подключении ее к одному аккумулятору ток через лампу точно такой же, как и через вольтметр, также подключенный к одному аккумулятору. Какой ток течет при этом через лампу? Какая мощность потребляется лампой? Чему равно внутреннее сопротивление аккумулятора?





7.4. Рассмотрим схему, показанную на рисунке. Между клеммами  $A$  и  $B$  поддерживается неизменное напряжение. Если замкнуть клеммы  $C$  и  $D$  проводом с пренебрежимо малым сопротивлением, то практически идеальный амперметр в схеме покажет силу тока, равную  $I = 4,2 \text{ А}$ . Допустим, что у нас есть две одинаковые лампочки накаливания, для которых связь силы тока с приложенным напряжением дается формулой  $I(U) = I_0 \sqrt{\frac{U}{U_0}}$ .

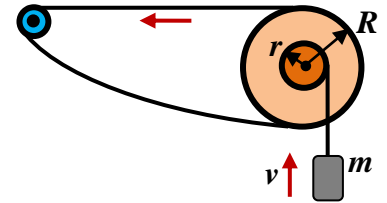


Если соединить эти лампочки последовательно и подключить к клеммам  $C$  и  $D$ , амперметр покажет ток  $I_1 = 0,7 \text{ А}$ . Каковы будут показания амперметра, если подключить к клеммам  $C$  и  $D$  эти же две лампочки, но соединенные параллельно?

### Задание 8 (9-11 классы)

8. В механике известно *правило рычага*: для того, чтобы у твердого тела вращение отсутствовало или происходило с постоянной угловой скоростью, сумма моментов приложенных к нему сил должна равняться нулю. Напомним, что *момент силы* можно определить как произведение величины силы на ее *плечо* (это расстояние от линии действия силы до оси вращения), взятое со знаком «плюс» или «минус». Знак зависит от направления вращения, которое эта сила «пытается» создать. Обычно договариваются считать направление вращения против часовой стрелки положительным, а по часовой стрелке – отрицательным.

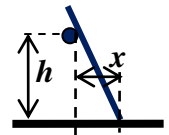
8.1. Вращение вала подъемного механизма (его радиус равен  $r = 4$  см) осуществляется с помощью цепной передачи (см. рисунок). Радиус жестко соединенной с валом шестерни  $R = 16$  см. Чему равна сила натяжения цепи при подъеме груза с массой  $m = 10$  кг с постоянной скоростью  $v = 3$  м/с, если силы трения, действующие на вал, пренебрежимо малы? Ускорение свободного падения считать равным  $g \approx 10$  м/с<sup>2</sup>.



Какую

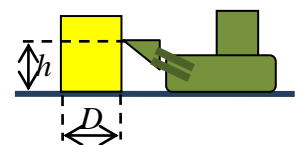
минимальную мощность должен развивать при этом двигатель, вращающий ведущую шестерню передачи?

8.2. Шест длиной  $L = 150$  см поставили так, что он опирается на гладкую горизонтальную балку ограждения соревновательной зоны, проходящую на высоте  $h = 120$  см. Точка опоры шеста о шероховатый пол по горизонтали смещена от ограждения на расстояние  $x = 60$  см. Масса шеста равна  $m = 5$  кг. С какой силой давит шест на ограждение?



8.3. На наклонную поверхность горки нужно установить препятствие для робота – брусок в форме параллелепипеда размерами 10 см × 30 см × 50 см. Брусок однороден, коэффициент трения всех граней бруска о поверхность горки равен  $\mu = 0,25$ . В первом случае брусок кладут на поверхность самой длинной гранью вдоль склона, а во втором – самой короткой. В каком случае можно наклонить поверхность к горизонту сильнее (чтобы брусок еще покоился) – в первом или во втором? На сколько градусов различаются максимальные допустимые углы наклона в этих случаях?

8.4. Модель «бульдозера» должна двигать перед собой ковшом с постоянной скоростью По горизонтальной поверхности однородный брусок шириной  $D = 16$  см, высота которого больше ширины. Коэффициент трения бруска о поверхность  $\mu = \frac{2}{3}$ . На какой максимальной высоте  $h$  над



поверхностью может находиться точка давления ковша на брусок, чтобы брусок двигался поступательно? Какую работу должен совершить бульдозер над бруском при перемещении бруска на 1 м, если масса бруска  $m = 600$  г?

### Задание 9 (7-8 классы)

9. Средняя скорость тела на участке пути – это отношение пути  $s$  тела к длительности интервала времени  $t$ , за который тело прошло этот путь:  $V_{cp} = \frac{s}{t}$ .

9.1. Робот проезжает трассу, состоящую из горизонтального участка длиной  $L = 4$  м и симметричной горки (то есть такой, у которой подъем и спуск одинаковы по длине и наклону). Полная ширина горки  $D = 288$  см, а высота  $h = 42$  см. Робот движется по горизонтальному участку со скоростью  $v_1 = 1,0$  м/с, на подъеме – со скоростью  $v_2 = 0,5$  м/с, а на спуске – со скоростью  $v_3 = 1,5$  м/с. Найдите среднюю скорость робота на трассе. Как изменится ответ, если скорость робота на горизонтальном участке уменьшится на  $n\%$ , а на наклонных (и на подъеме, и на спуске) на столько процентов же увеличится?

9.2. Пусть скорость робота на некотором участке пути *равномерно* растет (то есть изменение скорости за любой интервал времени  $v(t) - v(t_0) = a \cdot (t - t_0)$ , где  $a$  – постоянная величина, измеряемая в  $\text{м/с}^2$ ). Эта величина в физике называется *ускорением*, а такое движение – *равноускоренным*. В начале рассматриваемого участка пути скорость равна  $v_1$ , а в конце –  $v_2$ . Чему равен пройденный робот путь, если на преодоление этого участка он потратил время  $t$ ? Выведите формулу для величины пути и найдите ее численное значение, если  $v_1 = 1,5$  м/с,  $v_2 = 2,5$  м/с,  $t = 2$  с.

9.3. Определите средние скорости тел ( $V_1$  и  $V_2$ ), зависимость скорости которых от времени показана на рисунках 1 и 2. На рис.2 криволинейные участки в используемом масштабе

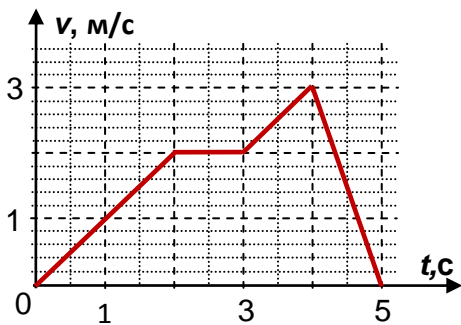


рис.1

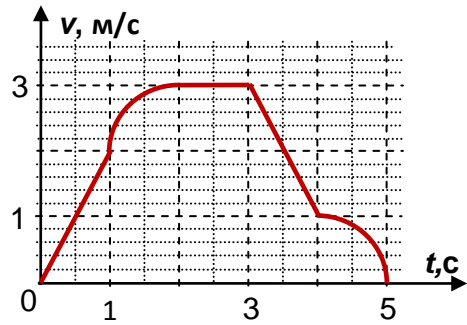


рис.2

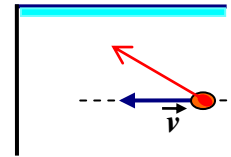
являются четвертями окружности. Ответ запишите в м/с, при необходимости округляя до сотых и поясните способ его получения.

9.4. Два робота (№1 и №2) проезжают одну и ту же трассу несколько раз. В первом раунде робот №1 проехал трассу быстрее на  $\Delta t = 2$  с. Во втором раунде №2 увеличил среднюю скорость прохождения трассы в 1,4 раза, и теперь он проехал трассу быстрее на  $\Delta t' = 8$  с. В третьем раунде робот №1 увеличил свою среднюю скорость на трассе на 20%. Кто из роботов проедет трассу быстрее в 3-м раунде и на сколько?

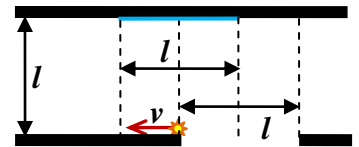
### Задание 10 (8-9 классы)

10. Рассмотрим оптические системы, которые могут являться частью оборудования различных технических устройств.

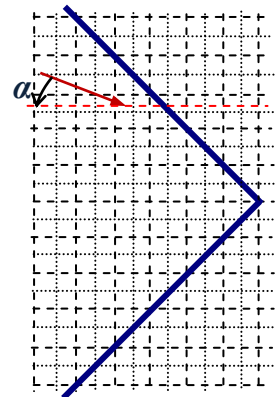
10.1. Робота перемещается по площадке, ограниченной с одного края зеркальным щитом, а с другого – матовым экраном (см. рисунок). Робот движется со скоростью  $v = 3 \text{ м/с}$  параллельно зеркальному щиту. На поверхности зеркала нанесен защитный слой из прозрачного пластика толщиной 2 см. Показатель преломления пластика равен 1,6. На роботе укреплена лазерная указка, ориентированная под углом  $30^\circ$  к вектору скорости. С какой скоростью движется пятнышко от лазерного луча по экрану?



10.2. Робот небольших размеров движется с постоянной скоростью  $v = 1 \text{ м/с}$  вдоль стены коридора шириной  $l = 2,4 \text{ м}$ , в одной из стен которого есть проем шириной  $l = 2,4 \text{ м}$ , а на другой висит плоское зеркало такой же в точности ширины (2,4 м), по высоте в точности соответствующее высоте стены. Толщина панелей, из которых сооружены стены, превышает размеры робота, и панели покрашены черной краской (то есть поглощают почти весь падающий на них свет). Зеркало смещено относительно проема на половину своей ширины (1,2 м). На роботе установлена маленькая лампочка. В некоторый момент времени робот находится рядом с краем проема. В течении какого времени после этого свет от лампочки попадает в проем?



10.3. В некоторой оптической системе используется двугранный уголкового отражатель – это два плоских зеркала, плоскости которых перпендикулярны. Рассмотрим тонкий пучок параллельных световых лучей (например, луч лазера), падающий на такой отражатель в плоскости, перпендикулярной ребру двугранного угла, образованного зеркалами, под углом  $0^\circ \leq \alpha < 45^\circ$  к оси симметрии отражателя (биссектрисе прямого угла). Пучок падает таким образом, что испытывает ровно два отражения – по одному от каждой из зеркальных плоскостей. Под каким углом к первоначальному направлению он будет идти после второго отражения? Как изменяется угол поворота луча при возрастании  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $45^\circ$ ?



10.4. Фотодатчик состоит из фотоэлемента, ток в цепи которого пропорционален мощности поступающего на фотоэлемент света, и собирающей линзы, направляющей свет от внешнего источника на фотоэлемент. Фотоэлемент расположен в главном фокусе линзы, его чувствительная поверхность в виде кружка площадью  $\sigma = 12,56 \text{ мм}^2$  развернута перпендикулярно главной оптической оси. Диаметр линзы  $d = 50 \text{ мм}$ , ее фокусное расстояние  $F = 80 \text{ см}$ . Окуляр фотоэлемента нацеливается точно на маленькую лампочку, мощность светового излучения которой  $P = 32 \text{ Вт}$ , причем лампочка светит по всем направлениям одинаково. Известно, что при мощности поступающего света  $P_0 = 0,1 \text{ мВт}$  ток фотодатчика равен  $I_0 = 14 \text{ мА}$ . Каким будет ток фотодатчика, если лампочка перемещается таким образом, что расстояние от нее до окуляра изменяется от 6 м до 8 м? Поглощением света пренебречь.

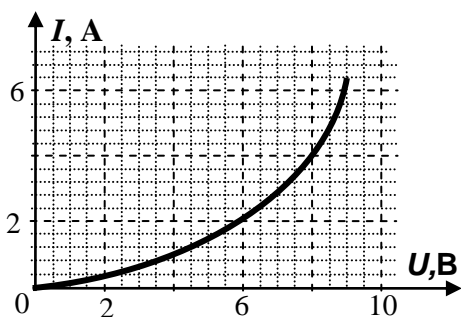
### Задание 11 (10-11 классы)

11. Допустим, у нас есть несколько одинаковых аккумуляторов и амперметр. При подключении амперметра к клеммам одного аккумулятора он показывает силу тока  $I_1 = 4$  А, а при подключении к двум аккумуляторам, соединенным последовательно – силу тока  $I_2 = 4,8$  А.

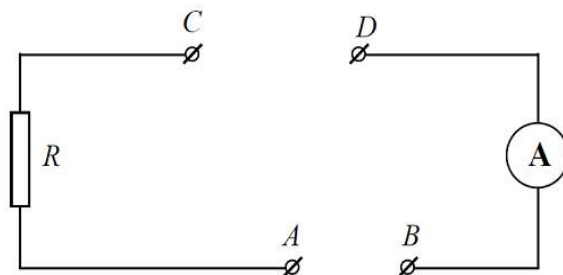
11.1. С чем связано такое заметное различие показаний? Соотношение каких параметров амперметра и аккумулятора можно определить на основании этих измерений?

11.2. Что покажет этот же амперметр, если его подключить к тем же двум аккумуляторам, но соединенным параллельно? А что на его месте показал бы «практически идеальный» вольтметр?

11.3. Существуют элементы электрических цепей, у которых протекающий ток не пропорционален приложенному напряжению. Например, у полупроводниковых диодов ток растет быстрее, чем напряжение (такие элементы, не подчиняющиеся закону Ома, называют «нелинейными»). Связь тока с напряжением для подобных элементов описывается вольт-амперной характеристикой (ВАХ). Рассмотрим диод, ВАХ которого показана на рисунке. Оказалось, что при подключении его к одному аккумулятору напряжение на диоде точно такое же, как на амперметре, подключенному к одному аккумулятору. Чему равно это напряжение? Какова мощность, потребляемая диодом? Чему равно внутреннее сопротивление аккумулятора?



11.4. Рассмотрим схему, показанную на рисунке. Между клеммами  $A$  и  $B$  поддерживается неизменное напряжение. Если замкнуть клеммы  $C$  и  $D$  проводом с пренебрежимо малым сопротивлением, то практически идеальный амперметр в схеме покажет силу тока, равную  $I = 8$  А. Допустим, что у нас есть два одинаковых диода, для которых связь силы тока с приложенным напряжением в открытом состоянии



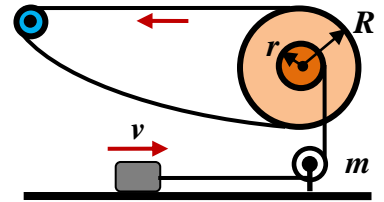
дается формулой  $I(U) = I_0 \left( \frac{U}{U_0} \right)^2$ . Если соединить эти диоды параллельно и подключить к клеммам  $C$  и  $D$ , амперметр покажет ток  $I_1 = 4$  А. Каковы будут показания амперметра, если

подключить к клеммам  $C$  и  $D$  эти же два диода, но соединенные последовательно?

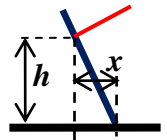
## Задание 12 (9-11 классы)

12. В механике известно *правило рычага*: для того, чтобы у твердого тела вращение отсутствовало или происходило с постоянной угловой скоростью, сумма моментов приложенных к нему сил должна равняться нулю. Напомним, что *момент силы* можно определить как произведение величины силы на ее *плечо* (это расстояние от линии действия силы до оси вращения), взятое со знаком «плюс» или «минус». Знак зависит от направления вращения, которое эта сила «пытается» создать. Обычно договариваются считать направление вращения против часовой стрелки положительным, а по часовой стрелке – отрицательным.

12.1. Вращение вала лебедки (его радиус равен  $r = 5$  см) осуществляется с помощью цепной передачи (см. рисунок). Радиус жестко соединенной с валом шестерни  $R = 15$  см. Чему равна сила натяжения цепи при перемещении по горизонтальной плоскости груза с массой  $m = 27$  кг с постоянной скоростью, если силы трения, действующие на вал, пренебрежимо малы? Коэффициент трения между грузом и поверхностью равен  $0,5$ . Ускорение свободного падения считать равным  $g \approx 10$  м/с<sup>2</sup>. Какую минимальную работу должен совершить двигатель, вращающий ведущую шестерню передачи, чтобы переместить груз на расстояние  $4$  м? Установленный на поверхности неподвижный блок очень легкий и вращается без трения.

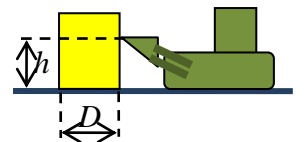


12.2. Шест длиной  $L = 195$  см подвесили, зацепив легкий прочным трос за небольшое отверстие, находящееся на некотором расстоянии от его конца. При этом оказалось, что нижним концом он опирается на шероховатый пол, а трос перпендикулярен шесту. Точка прикрепления к тросу оказалась на высоте  $h = 120$  см над полом, а точка опоры шеста о пол по горизонтали смещена от нее на расстояние  $x = 50$  см. Масса шеста равна  $m = 13$  кг. Найдите силу натяжения троса.



12.3. На наклонную поверхность горки нужно установить препятствие для робота – брусок в форме параллелепипеда размерами  $20$  см  $\times$   $40$  см  $\times$   $60$  см. Брусок однороден, коэффициент трения всех граней бруска о поверхность горки равен  $\mu = 0,577$ . В первом случае брусок кладут на поверхность самой длинной гранью вдоль склона (так, что «высотой» бруска над склоном оказалась длина самой короткой стороны), а во втором – самой короткой (так, что «высотой» оказалась длина средней грани). В каком случае можно наклонить поверхность к горизонту сильнее (чтобы брусок еще покоился) – в первом или во втором? На сколько градусов различаются максимальные допустимые углы наклона в этих случаях?

12.4. Модель «бульдозера» должна двигать перед собой ковшом с постоянной скоростью по горизонтальной поверхности однородный брусок шириной  $D = 21$  см, высота которого больше ширины. Коэффициент трения бруска о поверхность  $\mu = 0,75$ . На какой максимальной высоте  $h$  над поверхностью может находиться точка давления ковша на брусок,



чтобы брусок двигался поступательно? Какую минимальную мощность должен развивать бульдозер при перемещении бруска со скоростью  $2$  м/с, если масса бруска  $m = 800$  г?