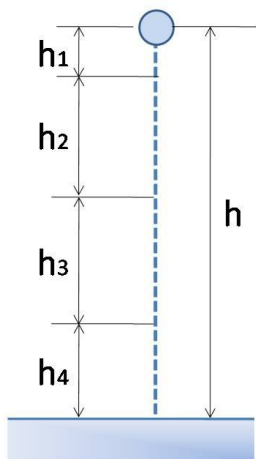


**9 класс**

**1.** Для подготовки к зимней олимпиаде в Сочи конькобежец на длинную дистанцию провел две контрольные тренировки. Во время первой тренировки он бежал половину дистанции со средней скоростью  $V_1$ , а вторую половину дистанции – со средней скоростью  $V_2$ . После второй тренировки оказалось, что первую половину времени, затраченного на прохождение всей дистанции, он бежал так, что его средняя скорость была равна  $V_1$ , а вторую половину времени он бежал со средней скоростью  $V_2$ . В какой из тренировок конькобежец показал лучший результат? Зависит ли ответ на этот вопрос от того, какие числовые значения принимают величины скоростей  $V_1$  и  $V_2$ ?

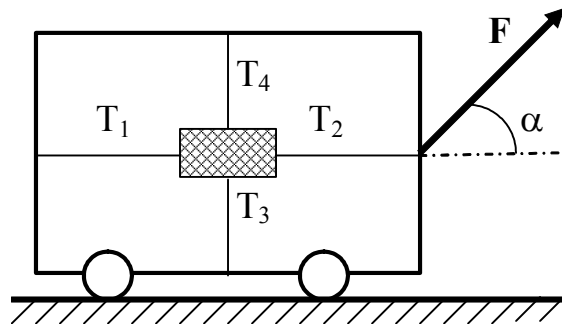
*(20 баллов)*



**2.** Шарик свободно (без начальной скорости) падает вертикально вниз с высоты  $h = 100$  м. Разделите траекторию движения шарика на четыре части  $h_1, h_2, h_3, h_4$  начиная сверху от точки падения (см. рисунок), так, чтобы времена прохождения каждой из этих частей относились как  $4:3:2:1$  соответственно. Сопротивлением воздуха пренебречь.

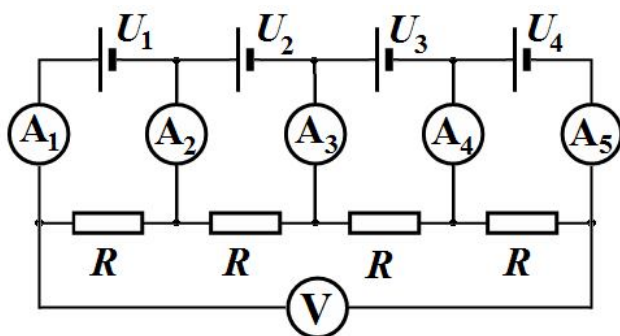
*(20 баллов)*

**3.** Четырмя натянутыми нитями груз закреплен на тележке, которая движется под действием силы  $F$ , направленной под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. Силы натяжения горизонтальных нитей соответственно  $T_1$  и  $T_2$ , а вертикальных –  $T_3$  и  $T_4$  (см. рисунок). Какой должна быть сила тяги  $F$ , чтобы отношение сил натяжения нитей было равно  $T_1 : T_2 : T_3 : T_4 = 1:2:3:4$ ? Коэффициент трения поверхности, по которой движется тележка,  $\mu = 0,2$ . Масса тележки с грузом  $M = 20$  кг. Нити невесомы.



*(20 баллов)*

4. В плотно закрытой кастрюле-скороварке воду нагрели до температуры  $t_1 = 120\text{ }^\circ\text{C}$ . Если резко открыть крышку скороварки, то вода закипает, и часть ее испаряется. Определите, сколько процентов составляет масса испарившейся воды, по отношению к исходной массе воды в кастрюле.



5. В цепи, показанной на рисунке, сопротивления всех резисторов одинаковы и равны  $R = 1,0\text{ Ом}$ . Все измерительные приборы идеальные, внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы. Напряжения источников таковы, что амперметры  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  и  $A_4$  показывают одинаковые значения

сил токов равные  $I_1 = 1\text{ А}$ .

- Укажите направления токов через все резисторы и амперметры.
- Какую силу тока показывает амперметр  $A_5$ ?
- Какое напряжение показывает вольтметр?

### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАЧ.

- Максимальный балл за каждую задачу – 20.
- За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до 20. Если задача отсутствует, то в таблице пишется X.
- Если решение задачи содержит разрозненные записи, присутствует рисунок (хоть частично правильный) и одна- две правильные формулы, но решение, как таковое отсутствует или абсолютно неверное, то можно поставить 1-2 балла.
- Если решение абсолютно верное, содержит все необходимые формулы и физические законы, имеет понятные пояснения, а также проведены необходимые математические преобразования и получен правильный ответ (ответы) – это 20 баллов.
- Верные решения задач могут отличаться от авторских.
- За отсутствие пояснений, ответа или единиц физических величин можно снять 1-2 балла.
- В случае если задача содержит правильный путь решения, но не доведена до ответа или получен неправильный ответ, при этом присутствуют отдельные правильные элементы решения, то оценивание провести по критериям, приведенным ниже после каждой задачи.

### РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ.

1. Для подготовки к зимней олимпиаде в Сочи конькобежец на длинную дистанцию провел две контрольные тренировки. Во время первой тренировки он бежал половину дистанции со средней скоростью  $v_1$ , а вторую половину дистанции – со средней скоростью  $v_2$ . После второй тренировки оказалось, что первую половину времени, затраченного на прохождение всей дистанции, он бежал так, что его средняя скорость была равна  $v_1$ , а вторую половину времени он бежал со средней скоростью  $v_2$ . В какой из тренировок конькобежец показал лучший результат? Зависит ли ответ на этот вопрос от того, какие числовые значения принимают величины скоростей  $v_1$  и  $v_2$ ?

Решение.

Пусть  $s$  – длина дистанции,  $t_1$  – время прохождения дистанции после первой тренировки,  $t_2$  – время прохождения дистанции после второй тренировки.

1. Средняя скорость первой тренировки

$$v_{\text{ср}1} = \frac{s}{\frac{s}{2v_1} + \frac{s}{2v_2}} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2}, \quad (1.1) \quad \Rightarrow \quad t_1 = \frac{s}{v_{\text{ср}1}} = \frac{s(v_1 + v_2)}{2v_1v_2}. \quad (1.2)$$

2. Средняя скорость второй тренировки

$$v_{\text{ср}2} = \frac{\frac{v_1t_2}{2} + \frac{v_2t_2}{2}}{t_2} = \frac{v_1 + v_2}{2}, \quad (2.1) \quad \Rightarrow \quad t_2 = \frac{s}{v_{\text{ср}2}} = \frac{2s}{v_1 + v_2}. \quad (2.2)$$

3. Сравним  $v_{\text{ср}1}$  и  $v_{\text{ср}2}$ . Для этого посчитаем разность

$$v_{\text{ср}2} - v_{\text{ср}1} = \frac{v_1 + v_2}{2} - \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2(v_1 + v_2)} \geq 0. \quad (3)$$

Если  $v_1 \neq v_2$ , то  $v_{\text{ср}2} > v_{\text{ср}1}$ , а значит  $t_2 < t_1$ .

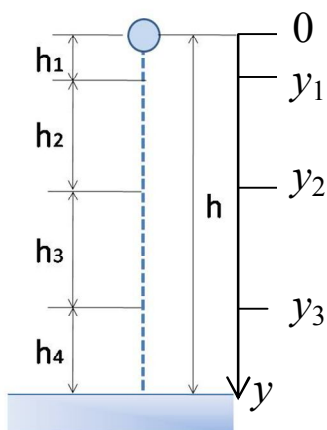
**Ответ.** Во второй тренировке конькобежец показал меньшее время, этот результат не зависит от числовых значений скоростей, если только они не равны. Если  $v_1 = v_2$ , то в обеих тренировках он бежит одинаково.

### Критерии оценивания задачи 1.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мак. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Получена формула для средней скорости (1.1) или (и) формула времени движения (1.2) после первой тренировки	от 1 до 6 баллов в зависимости от правильности и полноты решения
2	Получена формула для средней скорости (2.1) или (и) формула времени движения	от 1 до 6 баллов в зависимости от

	(2.2) после второй тренировки	правильности и полноты решения
3	Проведено сравнение средних скоростей или времен первой и второй тренировок	от 1 до 6 баллов в зависимости от правильности и полноты решения
	Сделан правильный вывод и дан ответ на оба вопроса задачи	1-2 балла

2. Шарик свободно (без начальной скорости) падает вертикально вниз с высоты  $h = 100$  м. Разделите траекторию движения шарика на четыре части  $h_1, h_2, h_3, h_4$  начиная сверху от точки падения (см. рисунок), так, чтобы времена прохождения каждой из этих частей относились как  $4:3:2:1$  соответственно. Сопротивлением воздуха пренебречь.



### Решение

1. Уравнение движения шарика  $y = \frac{gt^2}{2}$  (1-1) (см. рис.). Обозначим  $T$  – время падения шарика на землю с высоты  $h$ . Тогда

$$h = \frac{gT^2}{2} \quad (1-2), \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (1-3)$$

2. Временя прохождения каждого отрезка равны соответственно  $t_1 = 0,4T$ ,  $t_2 = 0,3T$ ,  $t_3 = 0,2T$ ,  $t_4 = 0,1T$ . (2)

3. Координаты шарика в выбранных точках равны

$$y_1 = \frac{gt_1^2}{2} = 0,16h, \quad y_2 = \frac{g(t_1 + t_2)^2}{2} = 0,49h, \quad y_3 = \frac{g(t_1 + t_2 + t_3)^2}{2} = 0,81h. \quad (3)$$

$$4. \quad h_1 = y_1 = 0,16h = 16 \text{ м}, \quad (4-1) \quad h_2 = y_2 - y_1 = 0,33h = 33 \text{ м}, \quad (4-2)$$

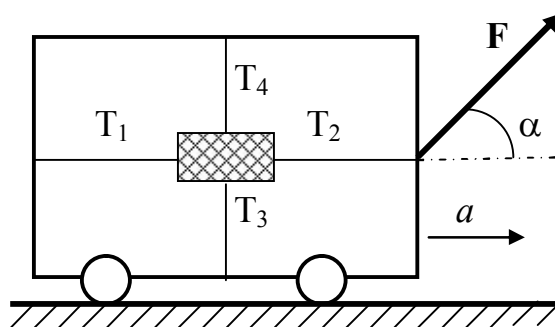
$$h_3 = y_3 - y_2 = 0,32h = 32 \text{ м}, \quad (4-3) \quad h_4 = h - y_3 = 0,19h = 19 \text{ м}. \quad (4-4)$$

**Ответ.**  $h_1 = 0,16h = 16 \text{ м}, \quad h_2 = 0,33h = 33 \text{ м}, \quad h_3 = 0,32h = 32 \text{ м},$   
 $h_4 = 0,19h = 19 \text{ м}.$

### Критерии оценивания задачи 2.

	<b>Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются</b>	<b>Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.</b>
1	Записано уравнение движения шарика (1-1)	2 балл
	Записаны формулы, связывающие высоту падения и время падения (1-2) или (1-3)	2 балла
2	Получена связь времен прохождения каждого участка (2) и времени падения $T$	по 1 баллу за каждую связь (всего 4 балла)
3	Получены правильные координаты шарика в выбранных точках (3)	по 1 баллу за каждую правильно найденную координату (всего 4 балла)
4	Получены формулы и посчитаны числовые значения длины каждого участка (4-1) – (4-4)	по 2 баллу за каждую (всего 8 балла)

**3.** Четырьмя натянутыми нитями груз закреплен на тележке, которая движется под действием силы  $F$ , направленной под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. Силы натяжения горизонтальных нитей соответственно  $T_1$  и  $T_2$ , а вертикальных –  $T_3$  и  $T_4$  (см. рисунок). Какой должна быть сила тяги  $F$ , чтобы отношение сил натяжения нитей было равно  $T_1:T_2:T_3:T_4 = 1:2:3:4$ ? Коэффициент трения поверхности, по которой движется тележка,  $\mu = 0,2$ . Масса тележки с грузом  $M = 20$  кг. Нити невесомы.



### Решение

1. Уравнения динамики для груза ( $m$  – масса груза):

$$\begin{cases} ma = T_2 - T_1, \\ mg + T_3 - T_4 = 0 \end{cases} \quad (1-1)$$

Тогда ускорение тележки равно  $a = g \frac{T_2 - T_1}{T_4 - T_3} = g$ . (1-2)

2. Уравнения динамики для системы (тележка с грузом):

$$\begin{cases} Ma = F \cos \alpha - F_{\delta\delta}, \\ N + F \sin \alpha - Mg = 0, \\ F_{\delta\delta} = \mu N \end{cases} \quad (2-1)$$

$$\Rightarrow F = \frac{M(a + \mu g)}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} = \frac{Mg(1 + \mu)}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}. \quad (2-2)$$

3. Числовой расчет. Возьмем  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .  $F = \frac{20 \cdot 10(1 + 0,2)}{\frac{\sqrt{2}}{2}(1 + 0,2)} \approx 280 \text{ Н}$ . (3)

**Ответ.**  $F = \frac{Mg(1 + \mu)}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} \approx 280 \text{ Н}$ .

### Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Сделан рисунок, на котором указаны все необходимые для решения задачи силы, действующие на груз и на систему	от 1 до 2 баллов
	Записаны уравнения динамики для груза (1-1).	по 1 баллу за каждое уравнение (всего 2 балла)
	Приведено решение системы (1-1) и получена формула (1-2) для ускорения тележки	от 1 до 4 баллов в зависимости от правильности и полноты решения

2	Записаны уравнения динамики для тележки и формула для силы трения (2-1).	по 1 баллу за каждое уравнение (всего 3 балла)
	Приведено решение системы (2-1) и получена формула (2-2) для искомой силы тяги	+от 1 до 6 баллов в зависимости от правильности и полноты решения
3	Проделан расчет и получено правильное числовое значение (3)	от 1 до 2 баллов в зависимости от наличия числового расчета и его точности
	Записан (выделен) ответ к задаче	1 балл

4. В плотно закрытой кастрюле-скороварке воду нагрели до температуры  $t_1 = 120^\circ\text{C}$ . Если резко открыть крышку скороварки, то вода закипает, и часть ее испаряется. Определите, сколько процентов составляет масса испарившейся воды, по отношению к исходной массе воды в кастрюле.

#### Решение

1. Испарение части воды массой  $\Delta m$  будет происходить за счет теплоты, получаемой при остывании всей основной массы  $m$  воды до температуры  $t_k = 100^\circ\text{C}$ .

2. Пренебрегая изменением массы остывающей воды (это можно сделать, если  $\Delta m \ll m$ ), запишем уравнение теплового баланса.

$$\Delta m r = mc(t_1 - t_{\hat{e}}) \quad (2-1) \Rightarrow \frac{\Delta m}{m} = \frac{c(t_1 - t_{\hat{e}})}{r} \quad (2-2)$$

3. Числовой расчет. Принимаем следующие значения физических величин, используемых в задаче: удельная теплоемкость воды  $c = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ , удельная теплота парообразования  $r = 2,3 \text{ МДж}/\text{кг}$ .

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{4,2 \cdot 10^3 (120 - 100)}{2,3 \cdot 10^6} = 3,65 \cdot 10^{-2} \ll 1 \quad (3). \text{ Это означает, что}$$

предположение о малой массе испарившейся воды, верно.

$$\text{Ответ. } \frac{\Delta m}{m} = \frac{c(t_1 - t_{\hat{e}})}{r} \cdot 100\% = 3,7\%.$$

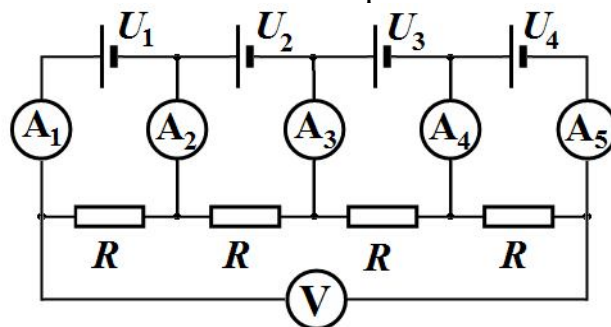
#### Критерии оценивания задачи 4.

	<b>Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются</b>	<b>Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.</b>
1	Правильно понята физическая картина, процесса и имеются соответствующие	от 1 до 5 баллов

	пояснения	
2	Записано уравнение теплового баланса (2-1)	5 баллов
	Получена формула (2-2)	от 1 до 5 баллов в зависимости от правильности и полноты решения
3	Правильно указаны значения удельной теплоемкости воды и удельной теплоты парообразования воды	по 1 баллу за каждое значение (всего 2 балла)
	Проделан расчет и получено правильное числовое значение (3) в долях или процентах	от 1 до 2 баллов в зависимости от наличия числового расчета и его точности
	Записан (выделен) ответ к задаче в процентах	1 балл

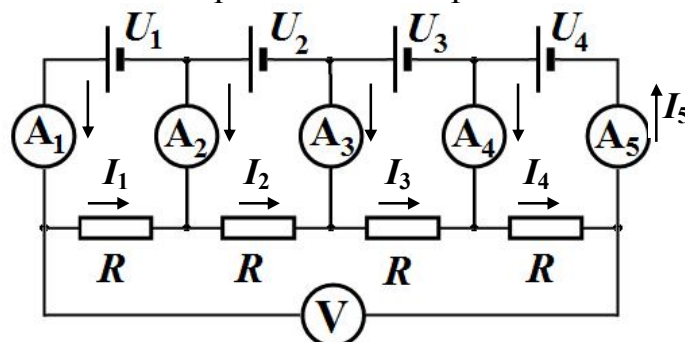
5. В цепи, показанной на рисунке, сопротивления всех резисторов одинаковы и равны  $R = 1,0$  Ом. Все измерительные приборы идеальные, внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы. Напряжения источников таковы, что амперметры  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  и  $A_4$  показывают одинаковые значения сил токов равные  $I_1 = 1$  А.

- Укажите направления токов через все резисторы и амперметры.
- Какую силу тока показывает амперметр  $A_5$ ?
- Какое напряжение показывает вольтметр?



Решение

- На рисунке показаны правильные направления токов





2. Так как вольтметр идеальный, то его сопротивление бесконечно велико, и ток через него не течет. Поэтому, ток через первый слева резистор равен  $I_1 = 1,0$  А. Пользуясь тем, что токи, входящие в узел, складываются, найдем токи через остальные резисторы:  $I_2 = 2I_1 = 2,0$  А,  $I_3 = I_2 + I_1 = 3I_1 = 3,0$  А,  $I_4 = I_3 + I_1 = 4I_1 = 4,0$  А. Этот суммарный ток протекает через пятый амперметр, только в направлении, противоположном току  $I_1$ . Поэтому  $I_5 = I_4 = 4,0$  А.

3. Вольтметр показывает напряжение равное сумме напряжений на резисторах:  $U = I_1R + I_2R + I_3R + I_4R = (I_1 + I_2 + I_3 + I_4)R = (1 + 2 + 3 + 4) \cdot 1 = 10$  В.

**Ответ.**  $I_5 = 4,0$  А,  $U = 10$  В.

### Критерии оценивания задачи 5.

	<b>Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются</b>	<b>Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.</b>
1	Указаны правильные направления токов через все резисторы и амперметры	по 1 баллу за каждый элемент (всего 9 баллов)
2	Посчитаны токи через резисторы $I_1, I_2, I_3, I_4$	по 1 балл за каждый ток (всего 4 балла)
	Посчитана сила тока $I_5$ через амперметр $A_5$	от 1 до 2 балла
3	Получена формула для вычисления напряжения $U$ , которое показывает вольтметр	от 1 до 2 баллов в зависимости от правильности и полноты решения
	Проведен расчет и получено числовое значение напряжения $U$	от 1 до 2 баллов в зависимости от наличия числового расчета и его точности
	Записан (выделен) ответ к задаче	1 балл