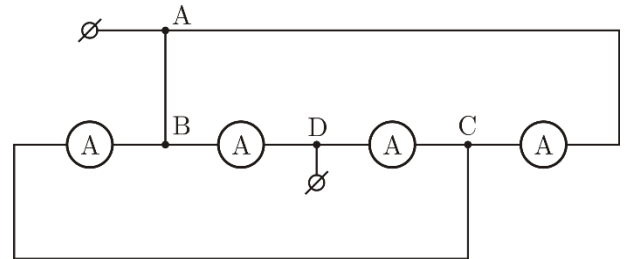
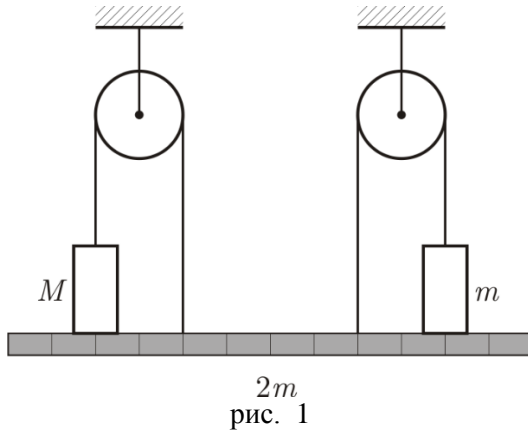


9 класс

Задача 1. Постоянная планка

В системе (рис.1) найдите величины сил, с которыми грузы действуют на однородную планку. При каких значениях массы M возможно равновесие грузов на планке? Нити и блоки невесомы. Трения нет. Масса m известна.



Задача 2. Карлсон уже не тот

Однажды у Карлсона заглох моторчик, и он начал падать вертикально вниз с постоянной скоростью $v_1 = 6$ м/с. После ремонта моторчик стал развивать постоянную силу тяги. Из-за этого, при вертикальном подъеме Карлсон выходил на скорость $v_2 = 3$ м/с. С какой постоянной скоростью он двигался в горизонтальном полете? Считать силу сопротивления воздуха пропорциональной квадрату скорости. Карлсон, будучи в меру упитанным, одинаково обтекаем во всех направлениях.

Задача 3. Амперметры

Из четырёх одинаковых амперметров собрали электрическую цепь (рис. 2), которую подключили к источнику с небольшим напряжением. Определите силу тока, текущего через переключку АВ (сопротивление переключки и соединительных проводов много меньше сопротивления амперметра), если сумма показаний всех амперметров $I_0 = 49$ мА.

Задача 4. Полёт

Величина скорости камня, брошенного с горизонтальной плоскости под углом к горизонту, через время $\tau = 0,5$ с после броска составляла $\alpha = 80\%$ от величины начальной скорости, а ещё через τ соответственно $\beta = 70\%$.

- 1) Найдите продолжительность T полёта камня.
- 2) На каком расстоянии S от места броска упал камень?

Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с², сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Задача 5. Положение Солнца

На листе с приведённой фотографией (рис. 3) восстановите положение Солнца и верхнего края забора. Все построения проводите непосредственно на выданном листе с фотографией и по окончании тура сдайте его вместе с работой. В своей тетради приведите необходимые пояснения.

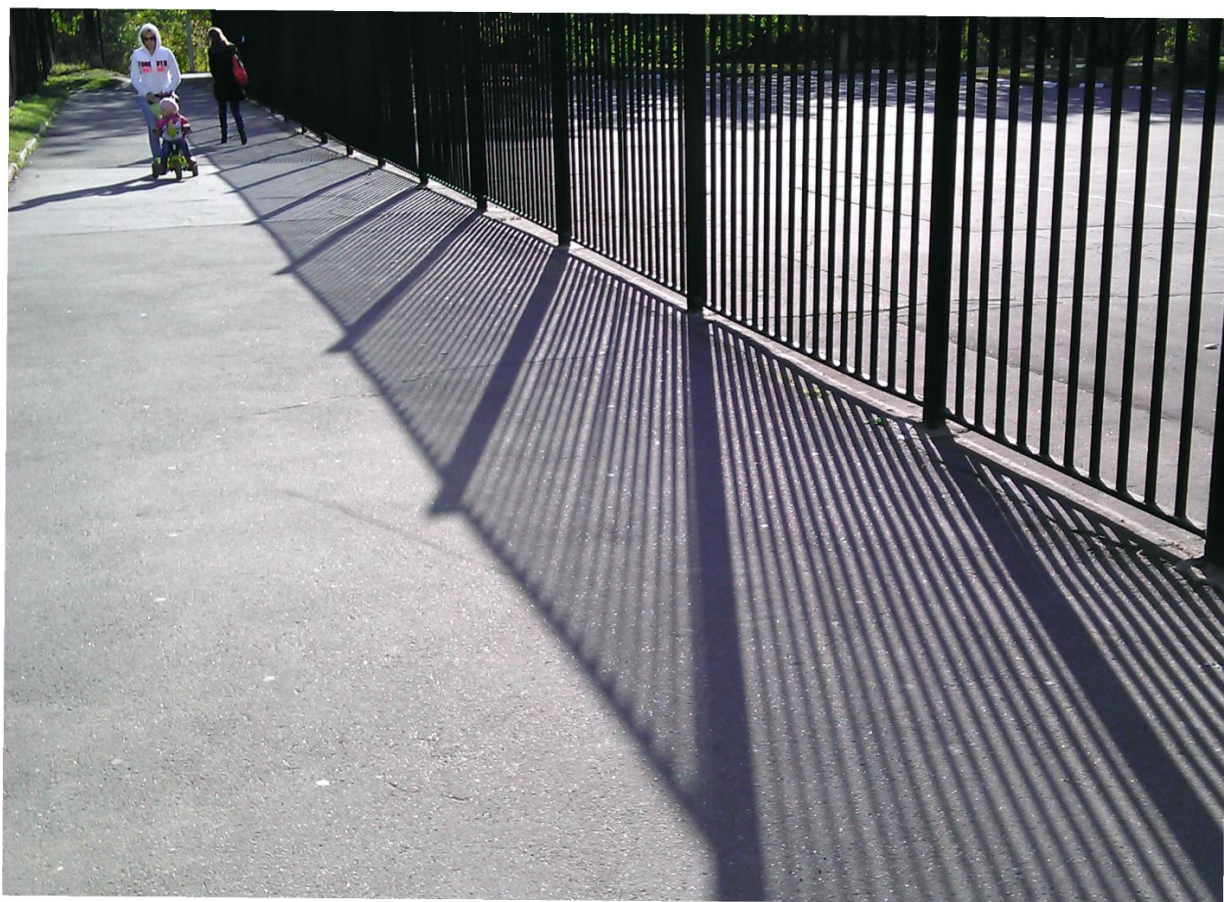


рис. 3

Возможные решения

9 класс

Задача 1. Постоянная планка

Равновесие возможно, если существуют отличные от нуля силы реакции грузов и планки и силы натяжения нитей. Для нахождения сил натяжения рассмотрим только внешние силы, действующие на систему грузы+блоки+планка. Правила моментов относительно точек O_1 и O_2 , лежащих на линиях действия сил натяжения верхних нитей (рис. 12), имеют вид:

$$Mgx + 2T_2 6x = 2mg 3x + mg 7x \quad (\text{относительно точки } O_1),$$

$$mgx + 2T_1 6x = 2mg 3x + Mg 7x \quad (\text{относительно точки } O_2).$$

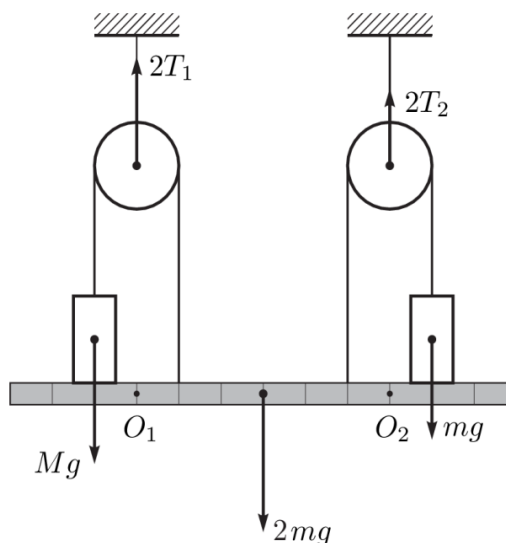


рис. 12

Откуда $T_1 = \frac{5m + 7M}{12} g$, $T_2 = \frac{13m - M}{12} g$.

Видно, что левая нить не провисает при любых массах M , а правая натянута при $M < 13m$. Запишем условия равновесия для каждого из грузов в отдельности:

$$Mg = T_1 + N_1,$$

$$mg = T_2 + N_2.$$

Откуда с учетом выражений для сил натяжения силы реакции равны: $N_1 = 5(M - m)g / 12$ и $N_2 = (M - m)g / 12$. Положительные значения сил реакции будут только при $M > m$.

Окончательно, равновесие системы возможно для $m \leq M < 13m$.

Примерные критерии оценивания

Проанализированы условия равновесия	1 балл
Записаны уравнения моментов для системы (для планки)	2 балла
Получено условие для натянутых нитей	2 балла
Уравнения равновесия грузов	2 балла
Условия сохранения контакта грузов и планки	2 балла
Явно записан диапазон значений для M	1 балл

Задача 2. Карлсон уже не тот

По условию сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости, то есть задаётся формулой kv^2 . При свободном падении сила тяжести равна силе сопротивления:

$$mg = kv_1^2, \quad \text{откуда} \quad k = \frac{mg}{v_1^2}.$$

Обозначим силу тяги моторчика после ремонта F_T . При вертикальном взлёте сила тяги равна сумме силы тяжести и силы сопротивления:

$$F_T = mg + kv_2^2 = mg \left(1 + \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2 \right).$$

При горизонтальном полёте сила тяги компенсирует силу тяжести, направленную вертикально и силу сопротивления, направленную горизонтально:

$$F_T^2 = mg^2 + kv_3^2{}^2 = mg^2 \left(1 + \left(\frac{v_3}{v_1} \right)^4 \right).$$

Из приведённой выше системы уравнений найдём v_3 :

$$v_3 = \sqrt[4]{v_2^2 v_2^2 + 2v_1^2} = 5,19 \text{ м/с}.$$

Примерные критерии оценивания

За второй закон Ньютона для свободного падения.....	2 балла
Выражена сила тяги при вертикальном взлёте.....	3 балла
Выражена сила тяги при горизонтальном полёте	3 балла
Получен ответ в символьной форме	1 балл
Числовой ответ	1 балл

Задача 3. Амперметры

Пронумеруем амперметры слева направо (

рис. 13) и изобразим эквивалентную схему (рис. 14). Поскольку все амперметры одинаковые, одинаковы и их внутренние сопротивления. Значит, $I_1 = I_4 = I$, $I_3 = I_1 + I_4 = 2I$. Обозначим внутреннее сопротивление амперметра r , тогда напряжение источника равно

$$U = I_1 r + I_3 r = 3Ir = I_2 r, \quad \text{откуда} \quad I_2 = 3I.$$

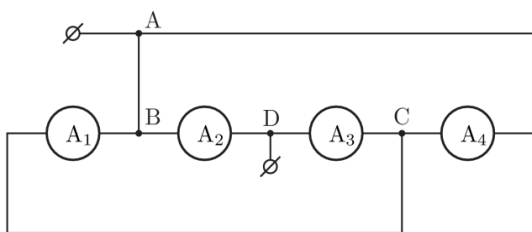


рис. 13

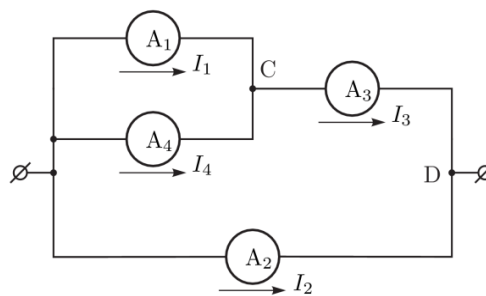


рис. 14

По условию $I_0 = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 7I$, откуда $I = I_0/7 = 7$ мА. Искомая сила тока через перемычку АВ $I_{AB} = I_1 + I_2 = 4I = 28$ мА.

Примерные критерии оценивания

Указано, что все амперметры имеют равные внутренние сопротивления	1 балл
Найдена сила тока I_1	2 балла
Найдена сила тока I_2	2 балла
Указано, что $I_{AB} = I_1 + I_2$	2 балла
Найдена сила тока I_{AB}	3 балла

Задача 4. Полёт

Пусть v_{x0} — проекция скорости камня в начальный момент на горизонтальную ось, а v_{y0} — на вертикальную. Если пренебречь сопротивлением воздуха, то проекция скорости камня на горизонтальную ось сохраняется, а проекция на вертикальную ось будет изменяться по закону

$$v_y(t) = v_{y0} - gt.$$

Величина скорости камня в любой момент может быть найдена по формуле

$$v(t) = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_{x0}^2 + v_{y0} - gt}^2.$$

По условию

$$\begin{aligned} v(\tau) &= \sqrt{v_{x0}^2 + v_{y0} - g\tau^2} = \alpha \sqrt{v_{x0}^2 + v_{y0}^2}, \\ v(2\tau) &= \sqrt{v_{x0}^2 + v_{y0} - 2g\tau^2} = \beta \sqrt{v_{x0}^2 + v_{y0}^2}. \end{aligned} \tag{1}$$

Решая эту систему найдем $v_{x0} = 10,53$ м/с, $v_{y0} = 10,85$ м/с. Время полёта $t_{\text{п}} = 2v_{y0}/g = 2,21$ с, расстояние от места броска до места падения $l = v_{x0}t_{\text{п}} = 23,3$ м.

Примерные критерии оценивания

Указано, что горизонтальная проекция скорости постоянна.....	1 балл
Уравнение для вертикальной проекции скорости.....	1 балл
Система (1) или аналогичная ей.....	2 балла
Формула для времени полёта $t_{\text{п}} = 2v_{y0}/g$	1 балл
Формула $l = v_{x0}t_{\text{п}}$	1 балл
Найдена величина времени падения с точностью не хуже 5%.....	2 балла
(если точность 6-10% даётся 1 балл, если точность хуже баллов не даётся)	
Найдено расстояние от точки броска до падения с точностью не хуже 5%.....	2 балла
(если точность 6-10% даётся 1 балл, если точность хуже баллов не даётся)	

Задача 5.

Световые лучи распространяются прямолинейно. Слева на фотографии запечатлены несколько людей вместе с отбрасываемыми ими тенями. Полностью видна тень девушки в чёрном плаще. Через вершины её головы и тени проведём прямую 1, на которой будет лежать изображение Солнца (рис. 15). Тоже справедливо, например, для ребёнка в коляске и его тени. Если на фотографии тень от какого-нибудь прута забора и прут лежат на одной прямой, то на этой же прямой находится изображение Солнца. Найдём на фотографии наиболее подходящий прут и проведём через него линию 2. На пересечении линий 1 и 2 лежит изображение Солнца. Обозначим эту точку S . Зная положение Солнца, можно восстановить положение верхнего края забора. Проведём прямую через верхушку тени, отбрасываемой одним из столбов, и точку S . Проведём также прямую, являющуюся продолжением этого столба. На пересечении двух этих прямых лежит вершина столба (точка A). Аналогичным образом можно найти вершину другого столба (точка B) и через две этих точки провести прямую, соответствующую верхнему краю столба. Эта прямая должна также проходить через точку S — пересечение прямых, являющихся продолжениями тени верхнего края забора и нижнего края забора. Эта точка также может быть использована для восстановления верхнего края забора.

Примерные критерии оценивания

Проведена прямая 1	2 балла
Проведена прямая 2	2 балла
Отмечено положение Солнца	1 балл
Отмечена вершина одного из столбов	2 балл
Отмечена вершина другого столба либо точка S	2 балла
Проведена линия соответствующая верхнему краю забора	1 балл



рис. 15