



Условия задач, ответы и критерии оценивания

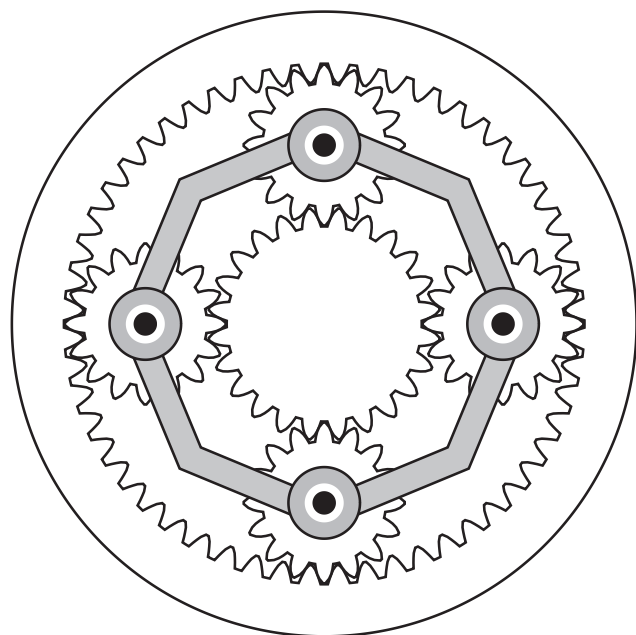
1. Планетарная передача (8 баллов)

Крюков П. А.

Внешняя шестерня планетарной передачи (см. приведённый ниже рисунок из «Википедии») называется *коронной*, внутренняя — *солнечной*, жёсткое подвижное звено, на котором закреплены оси маленьких планетарных шестерёнок, называется *водилом*.

А. (3 балла) Если водило неподвижно, а солнечная шестерня вращается с частотой n оборотов в секунду, то с какой частотой вращается коронная шестерня?

В. (5 баллов) Пусть солнечная и коронная шестерни вращаются в одну сторону, делая n и N оборотов в секунду соответственно. Чему равна частота вращения водила?



Ответ: А) $N_A = \frac{3n}{7}$; В) $N_B = \frac{3n+7N}{10}$.

Критерии

Верные ответы на оба вопроса задачи оцениваются полным баллом при любом способе решения, даже если отсутствуют пояснения, комментирующие эти ответы.

Если при ответе на вопрос части А допущена вычислительная ошибка (или неверно произведён подсчёт зубьев по рисунку), хотя с физической точки зрения всё сделано правильно, то такой ответ даёт оценку 2 балла.

Если при ответе на вопрос части А допущена вычислительная ошибка (или неверный ответ явля-

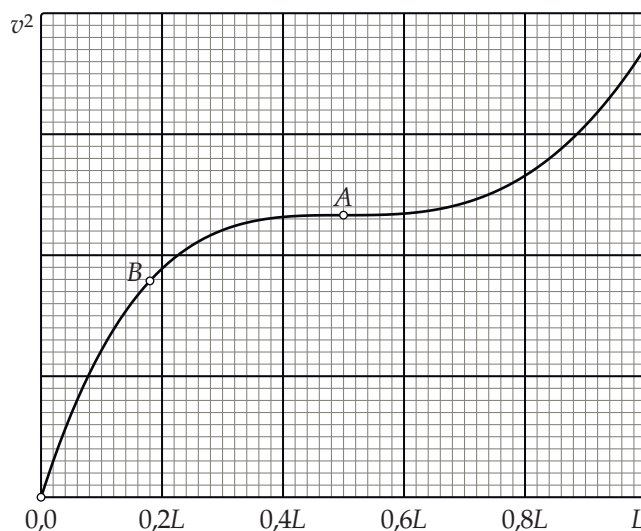
ется следствием неправильного подсчёта количества зубьев шестерёнок по рисунку), хотя с физической точки зрения всё сделано правильно, то такой ответ даёт оценку 3,5 балла. Если ответ на вопрос части В неверный, но в процессе решения предлагается перейти во вращающуюся систему отсчёта, либо рассматривать движение относительно водила (солнечной или коронной шестерёнки), однако само рассмотрение сделано с ошибками, то такой ответ даёт оценку 3,5 балла.

Если верные ответы не получены или решение содержит существенные ошибки принципиального характера, но в нём присутствуют некоторые верные утверждения, например, правильно произведён подсчёт зубьев или указывается, что линейная скорость края вращающегося диска определяется по формуле $v = \omega R$, то такие утверждения дают оценку 1 балл за задачу.

2. Падение аппарата (9 баллов)

Крюков П. А.

В поле тяжести Земли вниз по вертикали из состояния покоя движется летательный аппарат, на который кроме силы тяжести может действовать только подъёмная сила, создаваемая двигателем, направленная вертикально и сложным образом меняющаяся со временем. На рисунке представлен график зависимости квадрата скорости аппарата от пройденного расстояния на начальном участке его движения длиной L . Числовые значения цены деления сетки по каждой из осей неизвестны. В нулевой момент времени двигатель аппарата не работает. Известно, что если бы двигатель вообще не включался, то аппарат прошёл бы расстояние L за время, равное 7,75 с.



Можно считать, что на рассматриваемом участке ускорение свободного падения равно 10 м/с^2 , а сила сопротивления воздуха пренебрежимо мала. Найдите скорость и ускорение аппарата при его движении с включённым двигателем в моменты времени, соответствующие точкам A и B графика.

Ответ: $v_A = (30 \pm 3) \text{ м/с}$, $v_B = (27 \pm 3) \text{ м/с}$; $a_A = 0$, $a_B = (3,5 \pm 0,5) \text{ м/с}^2$.

Критерии

Верные ответы на все вопросы задачи (скорости и ускорения для двух точек) оцениваются полным баллом при любом способе решения, даже если отсутствуют пояснения, комментирующие эти ответы. Верными считаются ответы, попадающие в указанные выше диапазоны.

Промежуточные результаты, полученные в процессе решения, оцениваются следующим образом.

Получена формула $a = \frac{\Delta(v^2)}{2\Delta L}$ или аналогичная, или иным образом сделан вывод о том, что тангенс угла наклона касательной пропорционален ускорению аппарата — *4 балла*.

Верно определена цена деления сетки по оси ординат — *1 балл*. Верной ценой деления считается значение квадрата скорости, попадающее в диапазон $(400 \pm 40) \text{ м}^2/\text{с}^2$, и соответствующее расстоянию по вертикали между основными линиями сетки (линии большей толщины).

Получены ответы для скоростей, попадающие в диапазоны: $v_A = (30 \pm 3) \text{ м/с}$ и $v_B = (27 \pm 3) \text{ м/с}$, — *1 балл*. Если ответы для скоростей не попадают в диапазоны, вследствие грубости вычислений, то — *0,5 балла*.

Верно найдено ускорение, соответствующее точке A , — *1 балл*.

Получен ответ для ускорения, соответствующего точке B , попадающий в диапазон $a_B = (3,5 \pm \pm 0,5) \text{ м/с}^2$ — *2 балла*. Если ответ не попадает в диапазон, вследствие грубости вычислений, то — *1 балл*.

Если неверные ответы являются следствием неправильно вычисленной цены деления сетки, то за них выставляются оценки, как за непопадающие в диапазон.

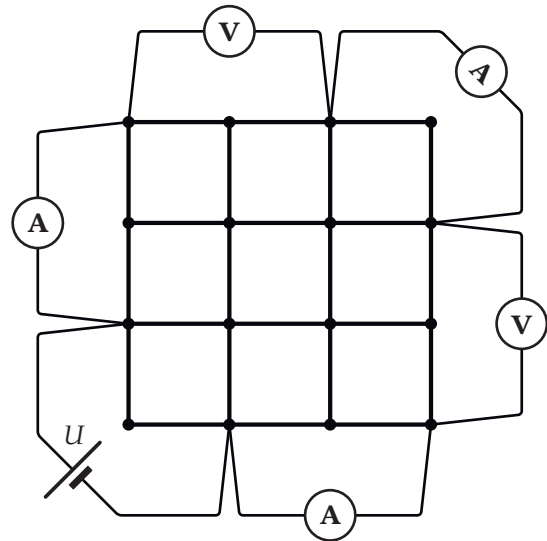
Баллы, выставленные за промежуточные результаты, суммируются.

3. Опять приборы (10 баллов)

Крюков П. А.

В схеме, изображённой на рисунке, все приборы идеальные. Батарейка, напряжение между выводами которой равно $U = 6 \text{ В}$, тоже идеальная. Сопротивление любого проводника, соединяющего соседние узлы сетки, равно 200 Ом . Сопротивле-

ние подводящих проводов, изображаемых тонкими линиями чёрного цвета, равно нулю. Найдите показания приборов.



Ответ: показания амперметров равны 12 мА , $6,5 \text{ мА}$ и 12 мА ; показания вольтметров равны 3 В .

Критерии

Верные ответы на вопросы задачи (два значения тока и одно значение напряжения) оцениваются полным баллом при любом способе решения, даже если отсутствуют пояснения, комментирующие эти ответы.

Решения оцениваются из расчёта *8 баллов* за верное определение токов и *2 балла* за верное определение напряжения.

Определение токов оценивается из расчёта *4 балла* за каждый из верно найденных токов.

Если верный ответ для напряжения не получен, только вследствие вычислительных ошибок, то такой ответ даёт оценку *1 балл* за вопрос о показаниях вольтметра. Если верный ответ для одного из токов не получен, только вследствие вычислительных ошибок, то такой ответ даёт оценку *3 балла*.

Если решение не содержит ответов на вопросы или эти ответы неверные, вследствие принципиальных ошибок, то промежуточные результаты, полученные в процессе решения, оцениваются следующим образом.

Тем или иным образом указывается, что потенциалы узлов, лежащих на диагонали, равны — *1 балл*. Например, может быть написано, что их можно соединить.

Указывается, что потенциалы узлов, ближайших к левому верхнему узлу, равны потенциалам узлов, лежащих на диагонали, — *1 балл*.

Записана замкнутая система уравнений для токов или потенциалов, которая в случае её реше-

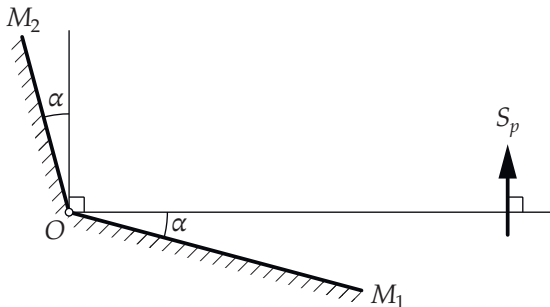
ния приводила бы к верным ответам, или схема перерисована в виде, пригодном для расчёта (содержит комбинации параллельных и последовательных соединений или соединения типа «звезда»), — 2 балла.

Баллы, выставленные за промежуточные результаты, суммируются.

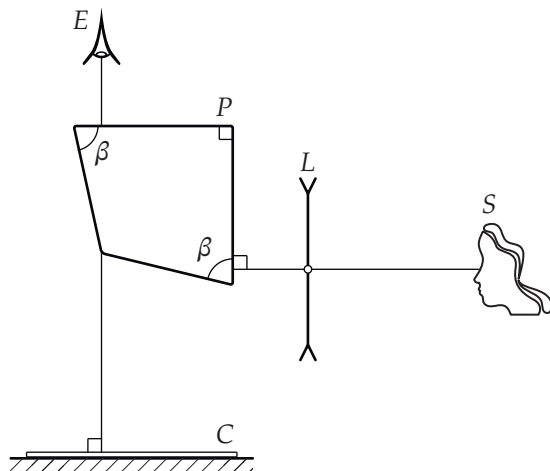
4. Камера-люцида (7 баллов)

Крюков П. А.

А. (3 балла) Два плоских зеркала M_1O и M_2O образуют двугранный угол (см. рисунок), при этом плоскость зеркала M_1O составляет неизвестный угол α с горизонтальной прямой, а плоскость зеркала M_2O такой же угол α ($0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{4}$) с вертикальной прямой. Найдите такое значение (или значения, если их несколько) угла α , что изображение плоского предмета S_p , располагающегося вертикально, лежит в горизонтальной плоскости.



В. (4 балла) На рисунке, приведённом ниже, изображена оптическая схема камеры-люциды — устройства, которое раньше применялось для перерисовывания предметов, людей, пейзажей с натуры. Размеры на схеме непропорционально изменены. Глаз рисовальщика обозначен буквой E , а перерисовываемый объект — буквой S .



В устройстве используется рассеивающая линза L , а также призма P из стекла с показателем преломления $n = \frac{3}{2}$, имеющая в сечении четырёх-

угольник с одним прямым углом и двумя одинаковыми острыми углами, равными β . Рисовальщик смотрит вертикально вниз на лист бумаги C (на котором рисует).

Считайте, что расстояние от линзы L до изображаемого объекта S значительно больше, чем расстояние между E и C . Линейные размеры призмы существенно меньше расстояния от L до S и расстояния от глаза рисовальщика до листа.

Объясните, как работает это устройство. Чему равен угол β призмы, которая использовалась в этом устройстве, по вашему мнению? Какую роль играет рассеивающая линза?

Ответ: А) $\alpha_1 = \frac{\pi}{8}$, $\alpha_2 = \frac{\pi}{4}$; В) Рассеивающая линза создаёт уменьшенное изображение предмета вблизи фокальной плоскости. Грани призмы, составляющие тупой угол, играют роль зеркал, поворачивая изображение на угол $\frac{\pi}{2}$, так что человек видит это изображение в плоскости листа, на котором он рисует. $\beta = \frac{3\pi}{8}$.

Критерии

Оценивать решения предлагается на основе распределения баллов, данного в условии, с учётом следующих дополнительных соображений.

В части А верный ответ должен содержать два значения угла: $\alpha_1 = \frac{\pi}{8}$, $\alpha_2 = \frac{\pi}{4}$. Если найдено только значение $\alpha_1 = \frac{\pi}{8}$, то такой ответ даёт оценку 2 балла за всю часть вне зависимости от того, каким образом он получен и как прокомментирован. Аналогично, если найдено только значение $\alpha_2 = \frac{\pi}{4}$, то такой ответ даёт оценку 1 балл. Если значение α_2 найдено верно, а значение α_1 не найдено, вследствие вычислительных ошибок, при том, что с физической точки зрения всё сделано правильно, то такое решение даёт оценку 1,5 балла за всю часть А.

Промежуточные результаты, полученные при ответе на вопросы части В, оцениваются следующим образом.

Указывается, что линза формирует уменьшенное мнимое изображение предмета — 1 балл (даже, если не сказано, что это изображение располагается, практически, в фокальной плоскости).

Указывается, что человек видит уменьшенное изображение предмета в плоскости листа, на котором рисует, — 2 балла.

Верно найден угол $\beta = \frac{3\pi}{8}$ или указано, что значение угла должно быть близко к $\frac{3\pi}{8}$ — 1 балл.

Баллы, выставленные за промежуточные результаты, суммируются.

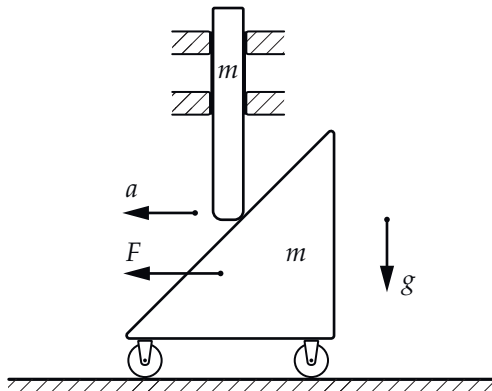
5. Клин и стержень (9 баллов)

Варламов С. Д.

Верхняя грань клина массой $m = 3$ кг составляет угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтом. Клин снабжен лёгкими колесиками и стоит на горизонтальной поверхности (см. рисунок). Стержень массой m , расположенный вертикально, может двигаться только вверх-вниз вдоль вертикальных направляющих, не испытывая трения. Между стержнем и клином имеется трение, характеризующееся неизвестным коэффициентом μ . Если на клин действуют горизонтальной силой $F = 102$ Н (как показано на рисунке), то клин и стержень движутся так, что касаются друг друга; ускорение клина сонаправлено силе и равно $a = 1$ м/с². Ускорение свободного падения g считайте равным 10 м/с².

А. (4 балла) Найдите коэффициент трения μ .

В. (5 баллов) Какую горизонтальную силу F_1 нужно прикладывать к клину, чтобы он двигался с ускорением a в противоположную сторону?



Ответ: А) $\mu = \frac{1}{2}$; В) $F_1 = 6$ Н.

Критерии

Верные ответы на вопросы задачи оцениваются полным баллом при любом способе решения, даже если отсутствуют пояснения, комментирующие эти ответы.

Если верный ответ на вопрос части А не получен, вследствие вычислительных ошибок, при том, что с физической точки зрения всё сделано верно (записаны законы Ньютона), такой ответ даёт оценку 2,5 балла.

Если в части В получен неверный ответ, только вследствие неверного определения коэффициента трения в части А, то оценка за такой ответ не снижается и составляет 5 баллов. Если неверный ответ на вопрос части В является следствием вычислительных ошибок, при том, что с физической точки зрения всё сделано правильно, то такой ответ даёт оценку 3,5 балла.

Если верные ответы на вопросы не получены или ответы отсутствуют, при этом решение не подходит ни под один из случаев, описанных выше, но содержит некоторые верные утверждения или промежуточные результаты, то эти промежуточные результаты оцениваются следующим образом.

Указывается, что ускорения клина и стержня равны по абсолютной величине — 1 балл.

Верно определяются направления сил трения и реакции, действующих на клин и стержня в части А — 1 балл.

Верно определяются направления сил трения и реакции, действующих на клин и стержня в части В — 1 балл.

Записаны уравнения второго закона Ньютона для клина и стержня в части А (в любой форме) — 0,5 балла.

Записаны уравнения второго закона Ньютона для клина и стержня в части В (в любой форме) — 0,5 балла.

Баллы, выставленные за промежуточные результаты, суммируются.