

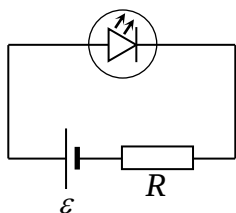
Задания, решения и критерии оценки работ очного отборочного тура
Инженерной олимпиады школьников
Очный отборочный тур, 10 класс, 2025-2026 учебный год

1. Узлом в мореплавании называется скорость, равная 1 морской миле (1852 м) в час. Название этой единицы скорости – узел - связано со способом измерения скорости кораблей. С борта корабля в воду сбрасывалась дощечка, привязанная к длинной верёвке (лаглиню), намотанной на катушку (вьюшку). Дощечка привязана к веревке так, что в воде она располагалась перпендикулярно ходу судна и практически сразу останавливалась относительно воды. Корабль уходил вперёд, а катушка разматывалась, стравливая верёвку. На верёвке на равных расстояниях друг от друга завязывались узлы. Матрос, проводящий измерение скорости корабля, пропускал стравливаемую верёвку через руку и считал узлы, прошедшие через руку за 1 минуту. Расстояние между узлами подбиралось так, чтобы один прошедший через руку за 1 минуту узел соответствовал скорости корабля 1 морская миля в час. Каким должно быть расстояние между узлами? Какой будет скорость 12 узлов в километрах в час? А какой будет скорость 40 км/час в узлах?

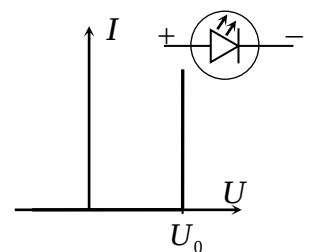
2. Расход бензина автомобиля составляет $\Delta m = 80$ г на $\Delta s = 1$ км пути при его скорости $v_1 = 72$ км/ч. Считая, что сила сопротивления движению автомобиля пропорциональна квадрату его скорости, найдите, какую мощность должен развивать двигатель при скорости $v_2 = 108$ км/ч. Коэффициент полезного действия двигателя $\eta = 30\%$, удельная теплота сгорания бензина $q = 44 \cdot 10^6$ Дж/кг.

3. Имеется два одинаковых калориметра, в которые налито одинаковое количество воды: в первый – с температурой $t_1 = 20^\circ \text{C}$, во второй – с температурой $t_2 = 100^\circ \text{C}$. Кроме того, в первом калориметре находится некоторое тело. Когда тело вытаскивают из первого калориметра и перекладывают во второй, в нём устанавливается температура $t_x = 63^\circ \text{C}$. Какая температура установится в первом калориметре, если тело вытащить из второго калориметра и снова опустить в первый?

Всеми потерями тепла пренебречь.



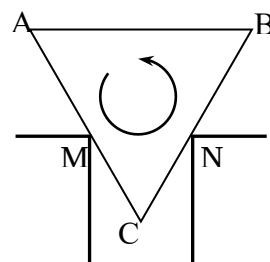
4. Вольтамперная характеристика светодиода (зависимость тока, текущего через светодиод от напряжения на нем) приведена на рисунке справа; напряжение открытия диода $U_0 = 3$ В. Известно, что если мощность



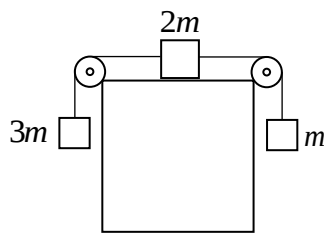
энерговыведения на светодиоде превосходит значение $P_m = 100$ мВт, светодиод перегорает.

Светодиод включают в электрическую цепь вместе с идеальным источником ЭДС $\varepsilon = 6$ В и токоограничивающим резистором, функция которого заключается в ограничении тока в цепи (см. рисунок слева). При каком минимальном значении R светодиод не перегорит?

5. Вырезанный из листа фанеры равносторонний треугольник ABC движется в своей плоскости так, что его боковые стороны скользят по опорам M и N (см. рисунок). Угловая скорость треугольника постоянна и равна ω . Найти скорость и ускорение точки C в тот момент времени,



когда сторона треугольника AB горизонтальна. В этот момент $CM=CN$, $MN=a$.



6. На гладкой горизонтальной поверхности расположен куб, на двух верхних ребрах которого укреплены два блока. Через блоки перекинута невесомая и нерастяжимая нить, к концам которой прикреплены три

тела массами m , $2m$ и $3m$ (см. рисунок). Какой горизонтальной силой нужно действовать на куб, чтобы он покоился? Трение между всеми поверхностями отсутствует.

Решения и критерии оценивания

1. Пусть корабль движется со скоростью 1 узел – 1 морская миля в час. Тогда за час размоталась бы веревка длиной 1852 метра. А за 1 минуту – время измерения скорости корабля – в 60 раз меньше. Значит, за 1 минуту разматается веревка длиной

$$l = \frac{1852}{60} = 30,87 \text{ м}$$

И, значит, расстояние между узлами должно быть таким. Найдем скорость 12 узлов в километрах в час. Имеем

$$v = 12 (\text{узлов}) = 12 \cdot 1,852 (\text{км/ч}) = 22,2 (\text{км/ч})$$

Обратный пересчет

$$v = 40 (\text{км/ч}) = \frac{40}{1,852} \cdot 1,852 (\text{км/ч}) = 21,6 (\text{уз})$$

Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов):

1. Правильно понята основная идея измерения скорости с помощью дощечки и лаглиня - 1 балл
 2. Правильное расстояние между узлами на лаглине – 1 балл
 3. Правильный способ пересчета скоростей – 1 балл
 4. Правильно пересчитаны узлы в километры в час – 1 балл
 5. Правильно пересчитаны километры в час в узлы – 1 балл
- Оценка за задачу находится как сумма оценок по перечисленным критериям.

2. Найдем сначала коэффициент пропорциональности k в формуле

$$F = kv^2$$

для силы сопротивления движению автомобиля (по условию сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости автомобиля v). При движении автомобиля с постоянной скоростью v_1 на пути $\Delta s = 1$ км сила сопротивления совершит работу

$$A = -F_1 \Delta s = -kv_1^2 \Delta s,$$

которую должен компенсировать двигатель автомобиля

$$kv_1^2 \Delta s = \Delta m \eta q \quad \Rightarrow \quad k = \frac{\Delta m \eta q}{v_1^2 \Delta s}$$

где Δm - расход бензина, η - КПД двигателя, q - удельная теплота сгорания бензина. При движении автомобиля с постоянной скоростью v_2 закон сохранения энергии дает

$$P = F_2 v_2 = kv_2^3 = \frac{\Delta m \eta q}{v_1^2 \Delta s} v_2^3$$

где P - мощность двигателя автомобиля, развиваемая на скорости v_2 . Подставляя в эту формулу заданные в условии значения, получим

$$P = 71,3 \text{ кВт.}$$

Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов):

1. Правильная идея решения – найти коэффициент пропорциональности в формуле для силы сопротивления при одной скорости, а потом использовать его при другой - 1 балл
 2. Правильный закон сохранения энергии при скорости v_1 – 1 балл
 3. Правильно найден коэффициент пропорциональности в формуле для силы сопротивления – 1 балл
 4. Правильный ответ для мощности двигателя при скорости v_2 (формула) – 1 балл
 5. Правильный ответ для мощности двигателя при скорости v_2 (число) – 1 балл
- Оценка за задачу находится как сумма оценок по перечисленным критериям.

3. Проще всего решить эту задачу, рассматривая сразу конечное состояние калориметров. С точки зрения содержимого они вернулись к первоначальному состоянию, но температура во втором калориметре уменьшилась от t_2 до t_x . Поэтому второй калориметр потерял следующую энергию $Q = C(t_2 - t_x)$ (где C - теплоёмкость калориметра вместе с водой, но без тела). Поскольку по условию потерями тепла можно пренебречь, то всю эту энергию получил первый калориметр. Поэтому уравнение теплового баланса для двух переключиваний тела (во второй калориметр, а потом назад) даёт

$$C(t_2 - t_x) = (C + C_0)(t_y - t_1)$$

где C_0 - теплоёмкость тела, t_y - искомая температура первого калориметра после возвращения в него тела. Отсюда

$$t_y = t_1 + \frac{(t_2 - t_x)}{1 + \frac{C_0}{C}} \quad (*)$$

А отношение теплоёмкостей можно найти, рассматривая первый процесс установления равновесия. Для переключивания тела из первого калориметра во второй получаем из уравнения теплового баланса

$$C(t_2 - t_x) = C_0(t_x - t_1) \quad \Rightarrow \quad \frac{C_0}{C} = \frac{t_2 - t_x}{t_x - t_1}$$

Подставляя эту формулу в уравнение (*), найдём конечную температуру первого калориметра.

$$t_y = t_1 + \frac{(t_2 - t_x)(t_x - t_1)}{t_2 - t_1} = 39,9^\circ \text{C}$$

Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов):

1. Правильная идея решения – применение условия теплового баланса сразу к конечному состоянию – 1 балл
2. Правильная энергия потерянная вторым калориметром - 1 балл
3. Правильное уравнение теплового баланса – 1 балл
4. Правильный ответ (буквенная формула) – 1 балл
5. Правильный ответ (число) – 1 балл

Оценка за задачу находится как сумма оценок по перечисленным критериям.

4. Так как ЭДС источника больше напряжения открытия светодиода, ток в цепи пойдет. Значит, напряжение на светодиоде будет равно напряжению открытия независимо от тока в цепи. Поскольку сумма падений напряжения в цепи равна ЭДС, то для напряжения U на резисторе имеем

$$U = \varepsilon - U_0$$

Так через резистор (и остальные элементы цепи) находим по закону Ома для участка цепи

$$I = \frac{\varepsilon - U_0}{R}$$

Такой же ток будет течь и через светодиод, и мощность энерговыделения на светодиоде будет равна работе электрического поля в единицу времени при переносе заряда через светодиод

$$P = U_0 I = \frac{U_0(\varepsilon - U_0)}{R}$$

Чтобы светодиод не перегорел, эта мощность должна быть меньше предельной мощности светодиода P_m . Или

$$\frac{U_0(\varepsilon - U_0)}{R} \leq P_m$$

Отсюда находим минимальное значение сопротивления токоограничивающего резистора, при котором светодиод не перегорает

$$R = \frac{U_0(\varepsilon - U_0)}{P_m} = 90 \text{ Ом.}$$

Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов):

1. Правильная использование вольтамперной характеристики - 1 балл
2. Правильное (и обоснованное) утверждение об открытии светодиода – 1 балл
3. Правильно найдено напряжение на резисторе – 1 балл
4. Правильно найдена мощность энерговыделения на светодиоде – 1 балл
5. Правильный ответ (формула и число) – 1 балл

Оценка за задачу находится как сумма оценок по перечисленным критериям.

5. Очевидно, центром вращения треугольника является точка О, лежащая на пересечении перпендикуляров к сторонам треугольника, проведенным в точках М и N (см. рисунок). Поскольку $\angle OCN = 30^\circ$, из треугольника OCN находим

$$ON = \frac{a}{\sqrt{3}}, \quad OC = \frac{2a}{\sqrt{3}}$$

Отсюда находим скорость точек М, N и С

$$v_{M,N} = \omega \cdot OM = \frac{a\omega}{\sqrt{3}}, \quad v_C = \omega \cdot OC = \frac{2a\omega}{\sqrt{3}}$$

(Можно проверить этот результат на выполнение «условия палочки». Поскольку скорость точки С направлена горизонтально, скорость точки М – вдоль палочки, для них должно быть выполнено условие

$$v_M = v_C \cos 60^\circ = \frac{v_C}{2},$$

которое, как это следует из предыдущей формулы, выполнено).

Поскольку величина скорости точки С в рассматриваемый момент достигает экстремума, то значение скорости точки С в этот момент не меняется. Поэтому ускорение точки С в этот момент является центростремительным и равным

$$a_C = \omega^2 \cdot OC = \frac{2a\omega^2}{\sqrt{3}}$$

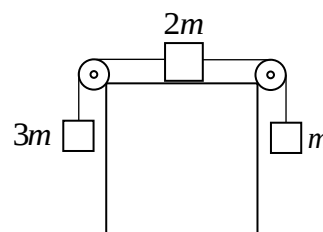
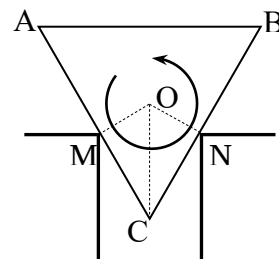
Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов):

1. Правильная идея решения – найти центр вращения треугольника, а потом кинематически скорость и ускорение точки С - 1 балл
2. Правильно найден центр вращения треугольника – 1 балл
3. Правильно найдена скорость точки С – 1 балл
4. Доказано, что ускорение точки С – центростремительное – 1 балл
5. Правильно найдено ускорение точки С – 1 балл

Оценка за задачу находится как сумма оценок по перечисленным критериям.

Если участник ничего не говорит о том, что тангенциальное ускорение точки С равно нулю, то по четвертому критерию ставится ноль.

6. На куб в горизонтальном направлении действуют (через блоки) две силы натяжения нити, причем сила натяжения левой нити больше силы натяжения правой (поскольку верхнее тело движется с ускорением, направленным влево, под действием этих сил). Поэтому сила F , с которой нужно действовать на куб, чтобы он покоился, равна разности



ЭТИХ СИЛ

$$F = T_{\text{лев}} - T_{\text{пр}}$$

Силы натяжения нитей можно найти, рассматривая динамическую задачу для трех связанных нитью тел (при условии покоя куба). Имеем из второго закона Ньютона в проекциях на направление движения тел

$$3ma = 3mg - T_{\text{лев}}$$

$$2ma = T_{\text{лев}} - T_{\text{пр}}$$

$$ma = T_{\text{пр}} - mg$$

где a - ускорение тел. Складывая эти уравнения, найдем ускорение тел

$$a = \frac{1}{3}g$$

Подставляя это ускорение во второе уравнение системы, найдем горизонтальную силу, которую необходимо приложить к кубу, чтобы он покоился

$$F = T_{\text{лев}} - T_{\text{пр}} = 2ma = \frac{2}{3}mg$$

Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов):

1. Правильно найдены горизонтальные силы, действующие на куб - 1 балл
2. Правильная идея решения – сила, которой нужно действовать на куб, чтобы он покоился равна разности сил натяжения левой и правой нитей – 1 балл
3. Правильно расставлены силы, действующие на все тела системы – 1 балл
4. Правильная система уравнений для ускорений тел и сил натяжения нитей – 1 балл
5. Правильный ответ – 1 балл

Оценка за задачу находится как сумма оценок по перечисленным критериям.

Если участник ничего не говорит о том, что тангенциальное ускорение точки С равно нулю, то по четвертому критерию ставится нуль.

Оценка работы

Оценка работы складывается из оценок задач. Максимальная оценка работы – 30 баллов. Допустимыми являются все целые оценки от 0 до 30.