

Критерии оценивания

1. Кинематическое построение (7 баллов)

№	Критерий	Балл
1. Теоретическое обоснование (2,5 балла)		2,5
1.1	Указано, что вращение диска является неравномерным ($\varepsilon \neq 0$), поскольку ускорение \vec{a}_B и скорость \vec{v}_B не ортогональны.	0,3
1.2	Записано выражение для тангенса угла θ между полной скоростью и полным ускорением через ω^2/ε .	0,7
1.3	Обоснована инвариантность угла θ для всех точек диска в данный момент времени.	1,0
1.4	Доказана (или подразумевается, что следует из обоснования) пропорциональность модулей скорости и ускорения расстоянию до оси ($v = \omega R, a = R\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}$).	0,5
2. Алгоритм построения (3,5 балла)		3,5
2.1	Описан способ нахождения прямой, на которой лежит \vec{v}_A , путём переноса угла θ от вектора \vec{a}_A .	0,5
2.2	Приведён способ нахождения мгновенного центра вращения O (пересечение перпендикуляров к скоростям).	0,6
2.3	Обоснован выбор направления вектора \vec{v}_A вдоль прямой (анализ направления вращения или исключение тупого угла).	0,4
2.4	Описан алгоритм построения модуля \vec{v}_A через подобие или аналогичным образом.	0,7
2.5	Указано направление вектора \vec{a}_B на пунктирной линии (согласованность с направлением \vec{v}_B и знаком ε).	0,3
2.6	Описан алгоритм построения модуля \vec{a}_B исходя из пропорции $a_B/a_A = v_B/v_A$ (или аналогичной).	0,7
2.7	Указано на возможность выполнения стандартных геометрических операций (например, построения угла, равного данному) с помощью циркуля и линейки без делений.	0,3
3. Реализация (1,0 балл)		1,0
3.1	Аккуратность и точность графических построений (параллельность, пересечение в нужных точках).	0,5
3.2	Итоговые векторы \vec{v}_A и \vec{a}_B соответствуют пропорциям исходного рисунка: должно получаться $a_B/a_A = v_B/v_A = 2/3$.	0,5
ИТОГО		7,0

Примечания.

- *Часть 1:* если инвариантность угла θ постулируется без вывода через ω и ε , за п. 1.2 и п. 1.3 оценка не снижается.
- *Часть 2:* ошибка в выборе направления вращения (вектор \vec{v}_A развёрнут на 180 градусов) приводит к снижению оценки за п. 2.3 до нуля, а за пп. 2.4–2.7 — на 50%.
- *Часть 2:* если вместо строгого геометрического построения (через подобие) предлагается эмпирическое измерение длин отрезков линейкой с последующим расчётом пропорции, баллы за п. 2.4 и п. 2.6 снижаются на 50%.
- *Часть 3:* использование линейки с делениями для измерения длин (вместо геометрически точного построения) приводит к снижению оценки за каждый из пунктов 3.1 и 3.2 на 50%.

2. Оптическое построение (10 баллов)

№	Критерий	Балл
1. Построение фокуса на главной оси (4,0 балла)		4,0
1.1	Обосновано или использовано положение линзы (плоскость проходит через O перпендикулярно S_1S_2).	0,5
1.2	Построение вспомогательного предмета S_1D_1 и его изображения S_2B_2 (или аналогичный метод с побочной осью).	1,0
1.3	Нахождение точки падения луча на линзу (точка A) и проведение луча, параллельного оси.	1,0
1.4	Определение положения фокуса F как точки пересечения преломлённого луча (или его продолжения) с оптической осью.	1,0
1.5	Краткое текстовое описание выполненных этапов построения (в соответствии с требованием условия).	0,5
2. ГМТ фокусов при произвольной оси (6,0 баллов)		6,0
2.1	Записана формула линзы для «наклонной» оси: $\frac{1}{a \cos \varphi} + \frac{1}{a' \cos \varphi} = \frac{1}{f_\varphi}$.	0,5
2.2	Получена аналитическая зависимость фокусного расстояния от угла наклона: $f_\varphi = f \cos \varphi$.	1,0
2.3	Обосновано, что точка F_φ является проекцией точки F на произвольную ось, проходящую через O ($\angle OF_\varphi F = 90^\circ$).	0,5
2.4	Идентификация ГМТ как окружности с диаметром OF .	3,0
2.5	Описание итогового построения (нахождение центра C и проведение окружности через O и F).	1,0
ИТОГО		10,0

Примечания.

- *Использование линейки в части 1:* если положение фокуса определяется путём измерения длин с помощью линейки с последующим вычислением фокусного расстояния по формуле линзы, то за эту часть выставляется 2 балла при правильном результате и 0 баллов — в противном случае.
- *Альтернативные подходы в части 1:* допускается использование любого корректного метода (например, через фокальную плоскость). Если метод физически верен, баллы 1.1–1.4 выставляются полностью.

- *Альтернативные подходы в части 2:* в случае, если ГМТ получено другим способом, баллы за пункты 2.1–2.4 выставляются полностью при условии строгого обоснования. В случае, если утверждение 2.4 никак не обосновано или обоснование содержит ошибочные утверждения, за п.п. 2.1–2.3 баллы не выставляются, а за п. 2.4 выставляются в полном объёме.
- *Обоснование:* при верном чертеже ГМТ отсутствие текстового пояснения к построениям во второй части не является основанием для снятия баллов.

3. С общим эмиттером (12 баллов)

№	Критерий	Балл
1. Статический режим и токи коллектора (4,0 балла)		4,0
1.1	Записано уравнение связи напряжения коллектор-эмиттер и тока коллектора: $U_{кэ} = U_0 - I_к R$.	0,6
1.2	Показывается или подразумевается, что выходное напряжение равно напряжению коллектор-эмиттер: $U_{вых} = U_{кэ} = U_0 - I_к R$.	0,6
1.3	Получено общее аналитическое выражение для $I_к$ через ток базы $I_б$: $I_к = I_б \cdot \frac{200 \left(1 + \frac{U_0}{U_A}\right)}{1 + \frac{200 I_б R}{U_A}}$	1,2
1.4	Рассчитано $I_б(0) \approx 2,3208$ мкА. Полный балл при $2,3208 \pm 0,0232$ мкА; 0,3 б. при $2,3208 \pm 0,0464$ мкА.	0,4
1.5	Вычислен $I_{к0}$ для $R = 1$ кОм: $\approx 503,6$ мкА. Полный балл при $503,6 \pm 5,0$ мкА; 0,45 б. при $503,6 \pm 10,0$ мкА.	0,6
1.6	Вычислен $I_{к0}$ для $R = 10$ кОм: $\approx 483,5$ мкА. Полный балл при $483,5 \pm 4,8$ мкА; 0,45 б. при $483,5 \pm 9,6$ мкА.	0,6
2. Коэффициент усиления по току (2,4 балла)		2,4
2.1	Записано аналитическое выражение для K_I как функции от $I_б$ и R : $K_I = \frac{200 \cdot \left(1 + \frac{U_0}{U_A}\right)}{1 + \frac{200 I_б R}{U_A}}$	0,4
2.2	Обоснована возможность пренебрежения изменением K_I в пределах относительной погрешности 1,0% при малых колебаниях тока базы.	1,0
2.3	Получен $K_I \approx 213,1$. Полный балл при $213,1 \pm 2,1$; 0,75 б. при $213,1 \pm 4,2$.	1,0
3. Коэффициент усиления по напряжению (5,6 балла)		5,6
<i>Вариант А. Расчёт по максимальному отклонению (разностный метод)</i>		
3.1.а	Использован метод крайних точек (<i>расчёт приращений тока и напряжения</i>).	0,6
3.2.а	Найдены значения тока базы в крайних точках $I_б(U_б \pm U_1)$. Если они были найдены ранее, то оценка за этот пункт всё равно выставляется.	1,0
3.3.а	Составлено уравнение для амплитуды выходного напряжения U_2 через разность токов коллектора в крайних точках.	1,0
<i>Вариант Б. Расчёт с использованием линеаризации ВАХ</i>		

3.1.б	Предпринята попытка вывода аналитической зависимости $U_{\text{вых}}$ от $U_{\text{вх}}$ (линеаризация).	0,6
3.2.б	Найдено значение производной (крутизны) dI_6/dU_{63} в рабочей точке U_6 .	1,0
3.3.б	Получена итоговая формула связи малой амплитуды U_2 с входной амплитудой U_1 через производную.	1,0
<i>Общие пункты для обоих вариантов</i>		
3.4	Получена итоговая расчётная формула для K_U .	1,0
3.5	Вычислено K_U для $R = 1$ кОм: $\approx 19,3$. Полный балл при $19,3 \pm 0,38$; 0,6 б. при $19,3 \pm 0,96$.	0,8
3.6	Вычислено K_U для $R = 10$ кОм: $\approx 185,5$. Полный балл при $185,5 \pm 3,7$; 0,6 б. при $185,5 \pm 9,2$.	0,8
3.7	Проведён анализ применимости линейной модели (учёт влияния нелинейности/ангармоничности) при заданных амплитудах.	0,4
ИТОГО		12,0

Примечания.

- *Эффект Эрли:* Если в п. 1.3, 2.1 и далее пренебрегают слагаемым $\frac{200I_6R}{U_A}$ в знаменателе дроби, это приводит к штрафу в 50% баллов за эти пункты.
- *Обоснование в п. 2.2:* Если возможность пренебрежения изменением K_I просто постулируется без обоснования (оценки изменения тока базы), выставляется половина балла (0,5 б.).
- *Вычислительные ошибки:* Ошибки в вычислениях в п.п. 1.5, 1.6, 2.3, 3.5, 3.6, приводящие к выходу за диапазоны точности при верных рассуждениях, приводят к снижению оценки на 50%.

4. О бусинке и грузе (12 баллов)

№	Критерий	Балл
1. Равновесие и динамика при $k = 1/\sqrt{3}$ (6,0 баллов)		6,0
1.1	Геометрически обосновано выражение для изменения длины нити (или высоты груза): $\Delta h = 2R \sin(\varphi/2)$.	0,6
1.2	Записана потенциальная энергия системы $W(\varphi) = mgR(k \cdot 2 \sin(\varphi/2) - \sin \varphi)$ или эквивалентная формула.	0,6
<i>Вариант А. Энергетический метод</i>		
1.3.А	Найдено условие экстремума энергии через взятие производной: $dW/d\varphi = 0$.	0,6
1.4.А	Проведены тригонометрические преобразования и получено квадратное уравнение относительно $\cos(\varphi/2)$.	0,6
<i>Вариант Б. Силовой метод</i>		
1.3.Б	Записано уравнение баланса сил в проекции на касательную к кольцу (учёт проекций mg и T).	0,6

1.4.Б	Использована связь силы натяжения нити с весом груза ($T = ktg$) и получено тригонометрическое уравнение.	0,6
<i>Продолжение решения</i>		
1.5	Найден численный корень для устойчивого равновесия: $\varphi_1 = 60^\circ$ (или $\cos(\varphi/2) = 1/2$).	0,5
1.6	Найден численный корень для неустойчивого равновесия: $\varphi_2 \approx 250,5^\circ$ (или $\cos(\varphi/2) = -1/\sqrt{3}$).	0,5
1.7	Доказана устойчивость φ_1 и неустойчивость φ_2 (любым способом).	0,8
1.8	Установлена кинематическая связь скоростей тел: $u = v \cos(\gamma)$, где γ — угол между нитью и касательной.	0,6
1.9	Составлено уравнение закона сохранения энергии для перехода из точки φ_1 в φ_2 .	0,6
1.10	Получен итоговый расчётный ответ для минимальной скорости: $v_{\min} \approx 1,74\sqrt{gR}$.	0,6
2. Анализ существования устойчивого равновесия (2,0 балла)		2,0
2.1	Получена общая зависимость положения равновесия от параметра k в виде $\cos(\varphi/2) = f(k)$.	0,5
2.2	Проведён анализ физической области существования устойчивого корня ($ \cos(\varphi/2) \leq 1$).	0,5
2.3	Исследовано поведение функции (вторая производная или знак силы) при изменении k .	0,5
2.4	Сформулирован верный итоговый ответ: при $k > 1$ устойчивое равновесие отсутствует.	0,5
3. Учёт трения (4,0 балла)		4,0
3.1	Получены выражения для сил нормальной реакции $N(\varphi)$ и проекции силы тяжести на касательную.	1,0
3.2	Записано условие отсутствия скольжения через коэффициент трения: $ F_{\text{тр}} \leq \mu N$.	1,0
3.3	Исследовано соотношение сил или критический угол $\alpha = \arctg \mu$ в диапазоне $\varphi \in (0, \pi/2)$.	1,0
3.4	Сформулирован верный итоговый ответ: устойчивое равновесие в данном диапазоне углов невозможно.	1,0
ИТОГО		12,0

Примечания.

- *Общее правило:* Если рассуждения верные, но ответ не верный вследствие арифметических ошибок, штраф составляет 50% от балла за соответствующий пункт.
- *Части 2 и 3:* Если в данных частях верный ответ получен из неверных предпосылок или отсутствует обоснование, баллы за ответ (пп. 2.4 и 3.4) выставляются полностью.
- *Часть 2 (методология):* Если использован другой способ (например, прямое исследование второй производной), баллы за логические этапы выставляются полностью.

5. В потоке (9 баллов)

№	Критерий	Балл
1. Расчёт характеристик температуры (4,5 балла)		4,5
1.1	Сделан физически обоснованный вывод о том, что парциальное давление и температура ненасыщенного пара изменяются пропорционально соответствующим параметрам воздуха (см. примечание).	1,0
1.2	Использована связь молярной теплоёмкости c_p с показателем адиабаты γ и газовой постоянной R : $c_p = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}$.	0,8
1.3	Выполнена корректная подстановка выражения для скорости звука и числа Маха в закон сохранения энергии: $\frac{c_p T}{\mu} + \frac{M^2}{2} \cdot \frac{\gamma R T}{\mu} = \text{const}$.	0,7
1.4	Получена итоговая аналитическая зависимость T от числа Маха M : $T = T_0 \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2 \right)^{-1}$.	1,0
1.5	Рассчитано $T_{\min} \approx 287,8$ К. Диапазоны точности: <ul style="list-style-type: none"> погрешность $\leq 0,5\%$ (286,4 ... 289,2 К) — 1,0 б. погрешность $\leq 1,0\%$ (284,9 ... 290,7 К) — 0,5 б. 	1,0
2. Пересчёт давления по адиабате (1,6 балла)		1,6
2.1	Обоснован переход от уравнения адиабаты $P\rho^{-\gamma} = \text{const}$ к переменным (P, T) с использованием уравнения Менделеева — Клапейрона.	0,2
2.2	Получена аналитическая связь давления и абсолютной температуры для адиабатического процесса: $P \sim T^{\gamma/(\gamma-1)}$.	1,0
2.3	Рассчитан показатель степени для воздуха: $k = \gamma/(\gamma - 1) = 3,5$.	0,4
3. Работа с графиком и условие конденсации (1,6 балла)		1,6
3.1	Обосновано, что конденсация пара начинается при достижении «точки росы» в области минимума температуры (см. примечание).	1,0
3.2	По графику определено давление $P_{\text{нас}}(T_0) \approx 2,65$ кПа. Диапазоны: <ul style="list-style-type: none"> погрешность $\leq 2\%$ (2,60 ... 2,70 кПа) — 0,2 б. погрешность $\leq 4\%$ (2,55 ... 2,75 кПа) — 0,1 б. 	0,2
3.3	По графику определено давление $P_{\text{нас}}(T_{\min}) \approx 1,68$ кПа. Диапазоны: <ul style="list-style-type: none"> погрешность $\leq 6\%$ (1,58 ... 1,78 кПа) — 0,4 б. погрешность $\leq 12\%$ (1,48 ... 1,88 кПа) — 0,2 б. 	0,4
4. Финальный расчёт влажности (1,3 балла)		1,3
4.1	Составлена пропорция для нахождения $P_{\text{п}}(T_0)$ через $P_{\text{нас}}(T_{\min})$ и отношение температур.	0,7
4.2	Получен численный ответ для φ_{max} . Диапазоны точности: <ul style="list-style-type: none"> погрешность $\leq 3\%$ (66 ... 72%) — 0,6 б. погрешность $\leq 6\%$ (63 ... 75%) — 0,45 б. погрешность $\leq 9\%$ (60 ... 78%) — 0,3 б. 	0,6
ИТОГО		9,0

Примечания.

- *Общее примечание:* если в решении сразу используются численные значения констант ($\gamma = 7/5$, $c_p = 7R/2$), то оценка за соответствующие пункта не снижается.
- *Пункты 1.3, 1.4, 2.2:* ошибки в алгебраических преобразованиях или арифметике влекут снижение баллов за пункт на 50%.
- *Пункты 1.1, 3.1:* если физический вывод о поведении пара или условие конденсации явно не сформулированы, но корректно используются в решении, баллы выставляются полностью.
- *Пункты 1.4, 1.5:* если в работе отсутствует прямое утверждение о том, что минимум температуры достигается при максимальном числе Маха, баллы не снижаются.
- *Пункт 3.3:* при неверном значении T_{\min} балл выставляется полностью, если давление определено по графику верно для полученной участником температуры.