

Задача 1. Ножницы - кусачки.

Возможное решение.

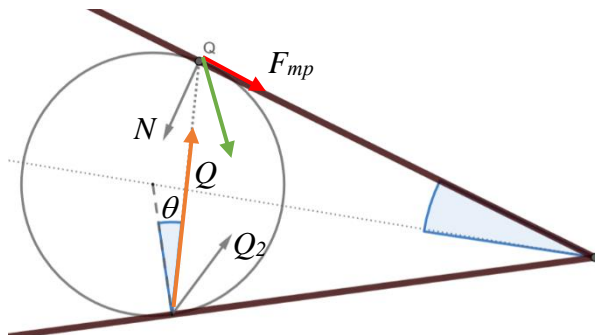
Ножницы разрежут проволоку тогда, когда полные реакции \vec{Q}_1, \vec{Q}_2 ($\vec{Q} = \vec{N} + \vec{F}_{тр}$) уравниваются друг друга. Это произойдет, когда границы конуса трения будут перпендикулярны оси симметрии (биссектрисе угла раствора ножниц)

$$\operatorname{tg} \theta = \mu$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{\alpha_{\min}}{2}$$

$$\Rightarrow \mu = \operatorname{tg} \theta = \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha_{\min}}{2} \right)$$

$$\Rightarrow \mu = \operatorname{tg} 5^\circ = 0,087$$



Критерии оценивания

1	Выполнен рисунок. Правильно расставлены ВСЕ силы, действующие на проволоку (сила нормального давления лезвия, сила трения И/ИЛИ полная реакция \vec{Q}_1, \vec{Q}_2 ($\vec{Q} = \vec{N} + \vec{F}_{тр}$)).	2 балла
2	Верно записано условие (любым способом), при котором скольжение проволоки прекращается. 1 способ – через моменты сил 2 способ – через выбор направление полной реакции, при которой эти силы компенсируются (см. решение выше)	4 балла
3	Получено соотношение для нахождения коэффициента трения $\mu = \operatorname{tg} \frac{\alpha_{\min}}{2}$	3 балла
4	Получен верный числовой ответ 0,087	1 балл
5	итого	10 баллов

Задача 2. Капля дождя.

Капля дождя массой $m = 0,1$ г начинает падать в воздухе, имеющем температуру $T = 274$ К, и, спустя некоторое время, падает с постоянной скоростью v .

1. Через какое время от начала движения капля начнет падать равномерно и почему?

2. Как изменится скорость падения капли при увеличении температуры воздуха на 9%?

Считайте, что все молекулы воздуха двигаются с одинаковыми скоростями u , направленными равновероятно вертикально вверх или вниз, а масса капли постоянна. Молярная масса воздуха 29 г/моль.

Возможное решение и критерии оценивания

1	Капля начинает падать с ускорением. Действующая на каплю сила сопротивления растет с увеличением скорости капли, пока не уравнивается силой тяжести. Записано условие равномерного движения капли – равенство силы тяжести и силы сопротивления. Ответ на первый вопрос задачи засчитывается даже при	2 балла
---	---	---------

	отсутствии времени установления движения. При наличии формулы Стокса – плюс балл за этот пункт.	
2	Записана скорость теплового движения молекулы воздуха $v = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$ или указана ее связь с температурой $v \sim \sqrt{T}$	1 балл
3	Импульс, который передает молекула воздуха покоящейся капле при абсолютно упругом ударе, равна удвоенному импульсу молекулы $\Delta p = 2m_0 u$	1 балл
4	За время Δt с каплей столкнется $N = nV = nSL = nSu \Delta t$ частиц. Тогда сила, с которой за время Δt на неподвижную каплю действует поток молекул воздуха, равна $F = \Delta p / \Delta t = 2m_0 nSu = 2m_0 nSu^2$. Значит, сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости: $F = \xi u^2$.	2 балла
5	Когда молекулы воздуха налетают на движущуюся каплю сверху или снизу, они действуют на каплю с силами $F_1 = \xi (u-v)^2$ и $F_2 = \xi (u+v)^2$	1 балл
6	Суммарное действие сил $F_{12} = 4\xi uv = mg$, откуда $v = mg / (4\xi u)$	2 балла
7	Отношение скоростей капли при начальной температуре и изменившейся: $\frac{v(T')}{v(T)} = \frac{u(T)}{u(T')} = \sqrt{\frac{T}{T'}} = \sqrt{1,09} = 0,96$ <p>Ответ: при увеличении температуры воздуха на 9% скорость падения капли уменьшается на 4%.</p> <p>Примечание. Если решение задачи отсутствует или не получены формулы, описывающие выбранную модель, но есть рассуждения о том, что с ростом T усиливается тепловое движение молекул, поэтому сопротивление воздуха растет, а скорость падения капли уменьшается), то за пункты 3-6 выставляется 3 балла.</p>	1 балл
8	итого	10 баллов

Задача 3. Изотермическое испарение.

Сосуд, содержащий водяной пар и воду при 100°C , изотермически расширили так, что вся вода испарилась, а объем пара увеличился в 5 раз. Каково отношение объемов пара и воды в начале опыта? Молярная масса воды 18 г/моль .

Критерии оценивания

1	Записано, что в начале опыта пар был насыщен (в равновесии пар и вода), поэтому начальное давление пара (насыщенного) равно атмосферному	2 балла
2	Записаны уравнения Менделеева-Клапейрона для начального и конечного состояний водяного пара	3 балла
3	Имеется формула для нахождения объема воды через массу и плотность	1 балл

4	Из системы уравнений получено отношение объемов пара и воды $\frac{V_1}{V_2} = \frac{\rho RT}{\mu p_0 (\alpha - 1)} = 430,5$	3 балла
5	Получен числовой ответ 430	1 балл
6	итого	10 баллов

Задача 4. Братство полукольца

Критерии оценивания

1	Выполнен рисунок. Показано направление вектора индукции магнитного поля (ИМП) в точке О, создаваемое маленьким отрезком кольца (или содержатся рассуждения о том, как направлен вектор ИМП)	2 балла
2	Любым способом найдена индукция магнитного поля, создаваемого полукольцом в точке О: $B_1(O)=\mu_0 I/(4R)$; $B_2(O)=\mu_0 I/(4R-4d)$ 1 способ – на основе известной школьникам формулы для ИМП в центре кольца $B(O)=\mu_0 I/(2R)$ 2 способ – на основе закона Био-Савара-Лапласа, записанного для элементарного тока.	3 балла
3	Записано, что ИМП прямых участков витка вдоль линии, их соединяющей, равна 0.	1 балл
4	записан принцип суперпозиции и найдена ИМП в точке О: $B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 I}{4} \left(\frac{1}{R-d} - \frac{1}{R} \right) = \frac{\mu_0 I}{4} \frac{d}{R(R-d)} \approx \frac{\mu_0 I}{4} \frac{d}{R^2}$	3 балла
5	Получен числовой ответ $B(O) = 0,13 \text{ мТл}$	1 балл
6	итого	10 баллов

Задача 5. Ток утечки.

Критерии оценивания

1	Записано сопротивление межэлектродного промежутка (стекла) как $R=\rho d/S$. Возможно, рассчитано сопротивление через напряжение и ток $R=U/I=5,3 \text{ ГОм}$	2 балла
2	С учетом известной электроёмкости получено выражение для удельного сопротивления $\rho=RC/(\epsilon_0 \epsilon)$	2 балла
3	Получен ответ на первый вопрос - численное значение удельного сопротивления $100 \text{ ГОм}\cdot\text{м}$	1 балл
4	Имеется обоснование, почему предположение Константина о том, что $I = \text{const}$, неверное. Время разрядки, полученное Константином, равно $T=q/I = CU/I = CR=5.3 \text{ с}$.	2 балла
5	Ответ на 3 вопрос: полученное время 12,2 с.	3 балла
6	итого	10 баллов