

11 класс. Решения.

Каждая задача оценивается в 20 баллов, всего 5 задач, сумма баллов равна 100. Решение каждой задачи состоит из нескольких шагов, соответствующее разбиение по баллам приведено после решения каждой задачи.

Задача 1. Механика.

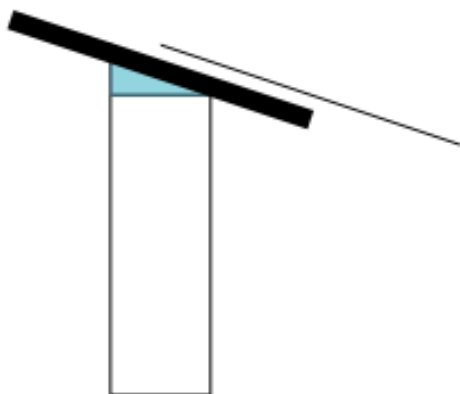
Условие (Жокорева Кира Александровна) (20 баллов). Юный экспериментатор Тоша играет в игру: в кювету с водой опущена трубка квадратного сечения (сторона квадрата a). На трубке лежит колода игровых карт. Трубка выступает над водой на высоту h , вся трубка заполнена водой. Для того чтобы победить, Тоша должен, сдувая по сколько-то верхних карт, оставить на бутылке не больше 15 карт. При каких размерах игровой карты Тоша сможет победить?

Плотность воды ρ , коэффициент поверхностного натяжения воды σ , масса одной карты m .

Трение между картами мало, а между картой и бутылкой велико. Поэтому, если верхние карты начали падать, они не уронят всю колоду.

Стороны карт параллельны граням трубки.

Решение:



Верхние карты начнут падать, если их центр масс выйдет за карты лежащие под ними. То есть надо выдвинуть карты на половину их длины. Очевидно, что наиболее безопасно сдувать по одной карте (далее мы это еще покажем). Пусть верхние карты сдвинута на половину их длины. Пусть стопка карт начинает падать. Рассмотрим момент, когда карты составляют малый угол α с горизонталью. Если энергия такого состояния больше изначальной энергии, то стопка карт падать не будет. Если же меньше, то стопка карт упадет.

Разница энергий складывается из разницы поверхностных энергий, разницы потенциальной энергии карт и разницы потенциальной энергии воды.

Сначала найдем разницу поверхностных энергий. Площадь контакта воды и воздуха – это площадь одного прямоугольника и двух треугольников.

$$S = a * a * \sin(\alpha)$$

$$\Delta E_{\text{пов}} = \sigma S = \sigma a^2 \sin(\alpha)$$

Теперь рассмотрим потенциальную энергию воды. Объем воды $\frac{1}{2} a^2 * a \sin(\alpha)$ поднимается на высоту h .

$$\Delta E_{\text{вод}} = \frac{1}{2} a^3 \sin(\alpha) \rho g h$$

И, наконец, потенциальная энергия карт. Пусть масса оставшейся стопки карт m_1 , а масса падающих карт m_2 .

$$\Delta E_{\text{карт}} = m_1 g \frac{a}{2} \sin(\alpha) - m_2 g \frac{b}{2} \sin(\alpha)$$

Видно, что $\Delta E_{\text{карт}}$ максимально при максимальном m_1 и минимальном m_2 . То есть в стопке остается 15 карт, $m_1 = 15 m$, а падает одна карта, $m_2 = m$.

$$\Delta E = \Delta E_{\text{пов}} + \Delta E_{\text{вод}} + \Delta E_{\text{карт}}$$

$$\Delta E = \sigma a^2 \sin(\alpha) + \frac{1}{2} a^3 \sin(\alpha) \rho g h + m_1 g \frac{a}{2} \sin(\alpha) - m_2 g \frac{b}{2} \sin(\alpha) > 0$$

$$b < 15a + \frac{2\sigma a^2}{mg} + \frac{a^3 \rho h}{m}$$

Так можно найти максимальную длину карты. Ширина и толщина могут быть любыми.

Разбалловка

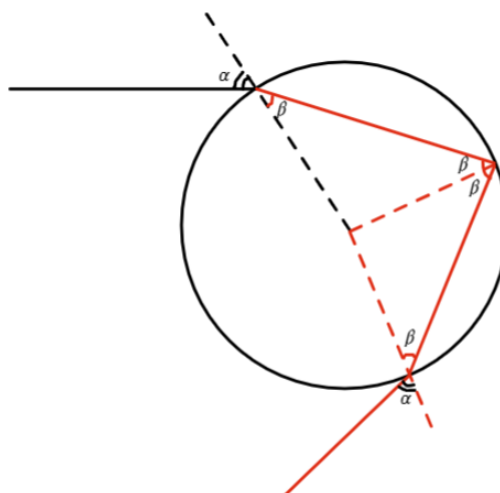
Указано, что карты начнут падать, если их сдвинуть на половину длины	2 балл
Найдено изменение поверхностной энергии	3
Найдено изменение потенциальной энергии воды	2
Найдено изменение потенциальной энергии карт	3
Указано, что оптимально сдвигать по одной карте	2
Записано условие на изменение энергии	3
Найдена максимальная длина карт	3
Указано, что ширина и толщина могут быть любыми	2

Задача 2. Оптика.

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (20 баллов). При образовании радуги в облаках белый луч света падает на каплю воды радиусом R . Известно, что самый яркий красный луч отклоняется на $138,0^\circ$, а самый яркий фиолетовый луч отклоняется на $139,8^\circ$. При этом показатель преломления для фиолетового цвета на $0,9\%$ больше, чем для красного. Определите на каком расстоянии от центра капли будет вновь образовываться белый свет. Считать, что снаружи располагается воздух с показателем преломления 1.

Решение:

- 1) Отметим, что луч не может отклониться на такой угол при обычном прохождении через шарообразную каплю. Поэтому следует рассмотреть случай частичного отражения света на границе капли и воздуха (первичная радуга).
- 2) Построим ход красного луча:



Определим угол отклонения луча:

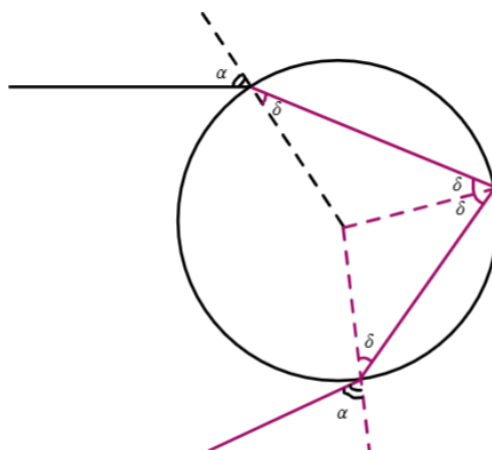
$$2(\alpha - \beta) + (180 - 2\beta) = 138,0^\circ$$

$$4\beta - 2\alpha = 42^\circ$$

Запишем закон преломления света:

$$1 \cdot \sin(\alpha) = n_{\text{к}} \sin(\beta)$$

- 3) Аналогично будет для фиолетового луча:



$$2(\alpha - \delta) + (180 - 2\delta) = 139,8^\circ$$

$$4\delta - 2\alpha = 40,2^\circ$$

Запишем закон преломления света:

$$1 \cdot \sin(\alpha) = n_\phi \sin(\delta)$$

4) Из этих 4-х уравнений следует:

$$4(\beta - \delta) = 1,8^\circ$$

$$1,009 \sin(\delta) = \sin(\beta)$$

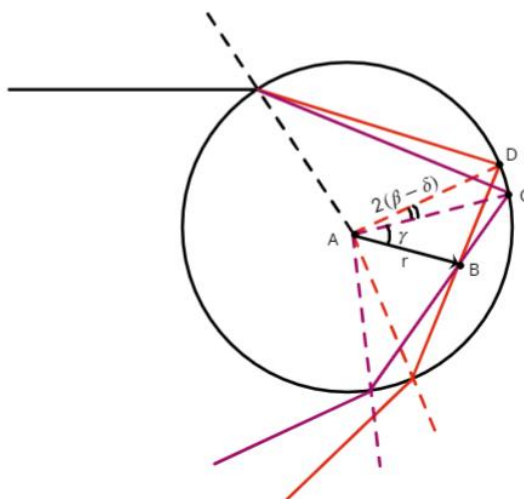
$$1,009 \sin(\delta) = \sin(0,45^\circ + \delta) = \sin(0,45^\circ) \cdot \cos(\delta) + \cos(0,45^\circ) \cdot \sin(\delta)$$

$$\operatorname{tg}(\delta) = \frac{\sin(0,45^\circ)}{1,009 - \cos(0,45^\circ)}$$

$$\delta = 41,01^\circ; \alpha = 61,92^\circ; \beta = 41,46^\circ$$

$$n_k = 1,333; n_\phi = 1,345$$

5) Теперь определим на каком расстоянии данные лучи пересекаются. Из-за малых поправок в показателе преломления для разных цветов все эти лучи будут пересекаться примерно в одной точке, которая соответствует точке пересечения красного и фиолетового цвета:



Запишем теорему синусов для треугольников ABC и ABD:

$$\frac{R}{r} = \frac{\sin(180 - \delta - \gamma)}{\sin(\delta)} = \frac{\sin(180 - \beta - (\gamma + 2(\beta - \delta)))}{\sin(\beta)}$$

$$\frac{\sin(\gamma + \delta)}{\sin(\delta)} = \frac{\sin(\gamma + 3\beta - 2\delta)}{\sin(\beta)}$$

$$1,009\sin(\gamma + 41,01^\circ) = \sin(\gamma + 42,36^\circ)$$

$$\operatorname{tg}(\gamma) = \frac{\sin(42,36^\circ) - 1,009\sin(41,01^\circ)}{1,009\cos(41,01^\circ) - \cos(42,36^\circ)}$$

$$\gamma = 27,5^\circ$$

$$r = 0,71R$$

Разбалловка

Отмечено, что луч будет однократно отражаться	3 балла
Построен правильный геометрический рисунок для красного или фиолетового луча	2 балла
Записан угол отклонения луча	по 1 баллу для каждого цвета
Записан закон преломления луча	по 1 баллу для каждого цвета
Правильно выражен угол преломления (β и δ)	по 2 балла за каждый угол
Составлена правильно система уравнений для нахождения r (теорема синусов или другая)	3 балла
Найдено расстояние от центра капли до точки с белым цветом	4 балла

Задача 3. Электричество.

Условие (Галиуллин Арслан Анварович) (20 баллов).

Юный экспериментатор Андрей натянул тонкую проводящую ленту длиной L и шириной b между двумя изоляторами. Лента натянута с силой T , её поверхностная плотность массы (масса на единицу площади) равна σ . Параллельно ленте на малом расстоянии d ($d \ll L, d \ll b$) Андрей расположил массивную металлическую плиту. Получившаяся система представляет собой плоский конденсатор с гибкой обкладкой.

Андрей обнаружил, что если подать на ленту и плиту постоянное напряжение U , то тон (частота основного тона) звучания ленты меняется. При некотором «критическом» напряжении U_{crit} лента перестаёт звучать, теряет устойчивость и прилипает к плите.

1. Найдите зависимость частоты основного тона колебаний ленты ν от напряжения U . Частота колебаний ленты без напряжения известна и равна ν_0 .
2. Найдите выражение для критического напряжения U_{crit} .

Указание. Краевыми эффектами, а также влиянием силы тяжести пренебречь. Считать, что амплитуда колебаний мала по сравнению с зазором d .

Решение:

1. Вывод уравнения колебаний ленты в электрическом поле.

Рассмотрим малый элемент ленты длиной Δx и шириной b . Его масса равна $\Delta m = \sigma \cdot b \cdot \Delta x$. Введем систему координат: ось x направим вдоль ленты, а ось y — перпендикулярно ей в сторону плиты. Начало координат поместим в точку закрепления ленты.

Пусть в процессе колебаний элемент ленты сместился от положения равновесия на малую величину $y(x, t)$. На этот элемент в проекции на ось y действуют две силы: возвращающая сила натяжения F_{tens} и электрическая сила притяжения к плите F_{el} . Запишем второй закон Ньютона:

$$\Delta m \cdot a_y = F_{tens} + F_{el}.$$

При искривлении ленты силы натяжения T , приложенные к концам элемента Δx , действуют под разными углами к горизонту. Пусть угол наклона касательной к ленте равен α . Для малых колебаний $\alpha \ll 1$, поэтому $\sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{\partial y}{\partial x}$. Проекция силы натяжения на ось y со стороны правого края элемента равна $\sin \alpha (x + \Delta x)$, а со стороны левого — $-\sin \alpha (x)$ (с минусом). Результирующая сила натяжения:

$$F_{tens} \approx T \left(\frac{\partial y}{\partial x} (x + \Delta x) - \frac{\partial y}{\partial x} (x) \right) = T \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \Delta x.$$

Эта сила направлена против смещения (возвращающая сила), что автоматически учитывается знаком второй производной (для выпуклой вниз функции вторая производная положительна, но в нашей задаче выпуклость при смещении вверх означает отрицательную вторую производную, и наоборот).

Система представляет собой плоский конденсатор. Сила притяжения между пластинами конденсатора равна $F = \frac{qE}{2}$. Напряженность поля $E = \frac{U}{h}$, где h — расстояние между обкладками, а заряд $q = CU = \frac{\varepsilon_0 S}{h} U$. Сила, действующая на элемент площади $\Delta S = b\Delta x$, при зазоре $h = d - y$ (где y — смещение в сторону плиты):

$$F_{el} = \frac{\varepsilon_0 (b\Delta x) U^2}{2(d - y)^2}.$$

Поскольку по условию смещение мало ($y \ll d$), воспользуемся приближением $(1 - \varepsilon)^{-2} \approx 1 + 2\varepsilon$:

$$F_{el} \approx \frac{\varepsilon_0 b U^2 \Delta x}{2d^2} \left(1 + \frac{2y}{d}\right) = \underbrace{\frac{\varepsilon_0 b U^2}{2d^2} \Delta x}_{F_{stat}} + \underbrace{\frac{\varepsilon_0 b U^2}{d^3} \Delta x \cdot y}_{F_{dyn}}.$$

Здесь F_{stat} — постоянная составляющая силы. Она приводит лишь к стационарному провисанию ленты (смещению положения равновесия), которое мы не учитываем при анализе частоты колебаний (аналогично тому, как сила тяжести не влияет на период колебаний пружинного маятника). Важна динамическая добавка F_{dyn} , которая пропорциональна смещению y и направлена в ту же сторону, что и смещение (к плите). Это означает, что электрическое поле действует как пружина с *отрицательной* жесткостью.

Подставим силы в второй закон Ньютона, разделив обе части на Δx :

$$\sigma b \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = T \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{\varepsilon_0 b U^2}{d^3} y.$$

Перенесем слагаемое с y в левую часть. Это волновое уравнение для струны с дополнительным членом:

$$\sigma b \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \frac{\varepsilon_0 b U^2}{d^3} y = T \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}.$$

2. Нахождение частоты колебаний. Будем искать решение для основной моды колебаний. Форма струны, закрепленной на концах ($x = 0$ и $x = L$), описывается синусоидой:

$$y(x, t) = \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \cos(2\pi \nu t).$$

Подставим эту функцию в полученное дифференциальное уравнение. Вторая производная по времени:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -(2\pi \nu)^2 y.$$

Вторая производная по координате:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = -\left(\frac{\pi}{L}\right)^2 y.$$

Подстановка в уравнение дает:

$$-\sigma b (2\pi \nu)^2 y - \frac{\varepsilon_0 b U^2}{d^3} y = -T \left(\frac{\pi}{L}\right)^2 y.$$

Сокращаем на u и выражаем v^2 :

$$(2\pi v)^2 \sigma b = T \frac{\pi^2}{L^2} - \frac{\varepsilon_0 b U^2}{d^3},$$

$$v^2 = \frac{1}{4\pi^2 \sigma b} \left(\frac{T \pi^2}{L^2} - \frac{\varepsilon_0 b U^2}{d^3} \right) = \frac{T}{4\sigma b L^2} - \frac{\varepsilon_0 U^2}{4\pi^2 \sigma d^3}.$$

Заметим, что первое слагаемое — это квадрат частоты колебаний струны в отсутствие поля. Действительно, при $U = 0$:

$$v_{U=0}^2 = \frac{T}{4\sigma b L^2} \Rightarrow v_0 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\sigma b}},$$

что совпадает с известной формулой (и дано в условии задачи в неявном виде). Тогда зависимость частоты от напряжения принимает вид:

$$v(U) = \sqrt{v_0^2 - \frac{\varepsilon_0 U^2}{4\pi^2 \sigma d^3}}.$$

Видно, что с ростом напряжения частота колебаний уменьшается («тон» ленты понижается).

3. Критическое напряжение. Лента теряет устойчивость и «схлопывается», когда возвращающая сила перестает компенсировать отклонение. В терминах колебаний это соответствует обращению частоты в ноль ($v \rightarrow 0$), то есть период колебаний стремится к бесконечности, и лента не возвращается в исходное положение. Приравняем подкоренное выражение к нулю:

$$v_0^2 - \frac{\varepsilon_0 U_{crit}^2}{4\pi^2 \sigma d^3} = 0.$$

Выразим U_{crit} :

$$U_{crit}^2 = \frac{4\pi^2 \sigma d^3 v_0^2}{\varepsilon_0}.$$

Подставим выражение для $v_0 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\sigma b}}$:

$$U_{crit}^2 = \frac{4\pi^2 \sigma d^3}{\varepsilon_0} \cdot \frac{T}{4L^2 \sigma b} = \frac{\pi^2 T d^3}{\varepsilon_0 L^2 b}.$$

Окончательно:

$$U_{crit} = \frac{\pi}{L} \sqrt{\frac{T d^3}{\varepsilon_0 b}}.$$

Разбалловка

Записано выражение для возвращающей силы натяжения (через кривизну ленты или вторую производную)	3 балла
Записано выражение для электрической силы притяжения (как в плоском конденсаторе)	2 балла
Произведена линеаризация электрической силы (разложение по малому смещению). Показано наличие слагаемого, пропорционального смещению (отрицательная жесткость)	3 балла
Записан второй закон Ньютона для элемента ленты (волновое уравнение с дополнительным членом или уравнение гармонических колебаний для эффективной модели)	4 балла
Получено выражение для частоты колебаний	3 балла
Сформулировано физическое условие потери устойчивости	3 балла
Получено верное итоговое выражение критического поля	2 балла

Задача 4. Термодинамика.

Условие (Лужнов Алексей Сергеевич) (20 баллов). В техническом задании на разработку теплового двигателя было сказано, что он должен работать по замкнутому термодинамическому циклу, состоящему из трех политропных процессов с молярными теплоёмкостями, равными: $2R$, $2,5R$ и $3,5R$, с заданным КПД. Разработчики предполагали, что рабочее тело будет совершать положительную работу только в одном процессе из трех, а максимальная температура в цикле будет в 8 раз больше минимальной, но не зафиксировали это документально. Инженеры разработали двигатель с заданными процессами и КПД, но порядок процессов оказался иным, в результате чего рабочее тело совершало положительную работу в двух процессах из трех. Определите отношение максимальной и минимальной температур у разработанного инженерами двигателя, если в качестве рабочего тела использовали 1 моль гелия.

Решение:

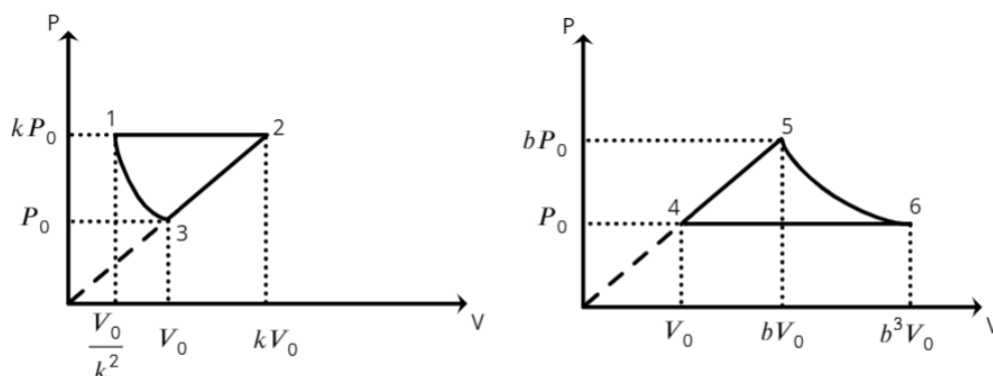
- 1) Запишем уравнение политропы и определим показатели для 3-х процессов:

$$PV^n = \text{const}$$

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

$$n_1 = -1; n_2 = 0; n_3 = \frac{1}{2}$$

- 2) Существует только замкнутых цикла теплового двигателя с заданными параметрами:



Первый график соответствует теоретическому, второй график соответствует изготовленному.

- 3) Определим КПД теоретического двигателя:

$$\frac{T_2}{T_1} = 8 = \frac{k^2 P_0 V_0}{\frac{P_0 V_0}{k}} = k^3$$

$$k = 2$$

$$T_3 = 2T_1; T_2 = 8T_1$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$$

$$A = Q - \Delta U = C \Delta T - C_V \Delta T$$

$$A = (C_{12} - C_V)(T_2 - T_1) + (C_{23} - C_V)(T_3 - T_2) + (C_{31} - C_V)(T_1 - T_3)$$

$$A = 7RT_1 - 0,5R \cdot 6T_1 - 2R \cdot T_1 = 2RT_1$$

$$Q = Q_{12} = C_{12}(T_2 - T_1) = 2,5R \cdot 7T_1 = 17,5RT_1$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{4}{35}$$

- 4) Теперь определим КПД изготовленного двигателя, который работает по циклу 4564:

$$T_5 = b^2 T_4; T_6 = b^3 T_5$$

$$A = (C_{45} - C_V)(T_5 - T_4) + (C_{56} - C_V)(T_6 - T_5) + (C_{46} - C_V)(T_4 - T_6)$$

$$A = 0,5RT_4(b^2 - 1) + 2RT_4(b^3 - b^2) - RT_4(b^3 - 1)$$

$$Q_x = Q_{46} = C_{46}(T_4 - T_6) = 2,5RT_4(1 - b^3)$$

$$Q = A + |Q_x| = 0,5RT_4(b^2 - 1) + 2RT_4(b^3 - b^2) + 1,5RT_4(b^3 - 1)$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{0,5RT_4(b^2 - 1) + 2RT_4(b^3 - b^2) - RT_4(b^3 - 1)}{0,5RT_4(b^2 - 1) + 2RT_4(b^3 - b^2) + 1,5RT_4(b^3 - 1)}$$

$$\frac{0,5(b+1) + 2b^2 - (b^2 + b + 1)}{0,5(b+1) + 2b^2 + 1,5(b^2 + b + 1)} = \frac{4}{35}$$

$$b \approx 1,865$$

5) Тогда итоговое отношение температур в изготовленном двигателе:

$$\frac{T_{max}}{T_{min}} = b^3 = 6,49$$

Разбалловка

Записано уравнение политропы	2 балла
Определены показатели каждого из 3-х процессов	по 1 баллу
Верно отображены графики для теоретического и изготовленного двигателя	по 1 баллу
Записано первое начало термодинамики	2 балла
Определен КПД теоретического двигателя	4 балла
Определен КПД изготовленного двигателя	4 балла
Отношение температур в изготовленном двигателе	3 балла

Задача 5. Задача-оценка

Условие (Галиуллин Арслан Анварович) (20 баллов). Для демонстрации закона Ленца учитель физики принёс на урок вертикальную медную трубу и сильный неодимовый магнит. Труба имеет внутренний диаметр $D = 20$ мм и толщину стенок $h = 2$ мм. Магнит имеет форму таблетки, диаметр которой лишь немного меньше внутреннего диаметра трубы, так что он может свободно скользить внутри. Если бросить магнит внутрь вертикальной трубы, то он не падает с ускорением свободного падения, а довольно быстро достигает установившейся скорости и плавно опускается вниз.

Оцените порядок этой установившейся скорости.

Справочные данные: удельное сопротивление меди $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. Известно, что неодимовые магниты (сплав NdFeB) по своему составу состоят преимущественно из атомов железа. Остальные параметры, необходимые для решения, оцените самостоятельно, опираясь на здравый смысл и физическую интуицию.

Решение.

1) Рассмотрим падение магнита. При его движении меняется магнитный поток через поперечное сечение трубы. В стенках трубы возникают вихревые индукционные токи (токи Фуко). Взаимодействие этих токов с магнитным полем магнита, согласно правилу Ленца, порождает силу, направленную вверх и тормозящую падение. Установившаяся скорость v

достигается, когда сила тяжести mg уравнивается силой магнитного торможения (или, что эквивалентно, мощность силы тяжести равна мощности тепловых потерь в трубе):

$$P_{grav} = P_{heat} \Rightarrow mgv = \frac{\mathcal{E}^2}{R_{el}}.$$

2) Для получения численного ответа необходимо оценить недостающие параметры.

Магнитное поле: Неодимовые магниты обладают сильным полем. Характерная индукция вблизи полюса составляет $B \sim 1$ Тл (для ферритовых было бы ~ 0.1 Тл, но магнит «сильный»).

Масса магнита: Плотность примем равной плотности железа $\rho_m \approx 7800$ кг/м³. Форма — таблетка, высоту H оценим порядка радиуса ($H \sim R = D/2 = 1$ см). Объем $V \sim \pi R^2 H \approx \pi R^3$. Масса:

$$m = \rho_m V \approx \rho_m \pi R^3 \approx 7800 \cdot 3,14 \cdot (10^{-2})^3 \approx 24 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \approx 24 \text{ г}.$$

3) Оценим электрические параметры цепи (трубы). Характерный масштаб области токов $\sim R$.

ЭДС индукции: По закону Фарадея $\mathcal{E} \sim \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$. Поток $\Phi \sim B \cdot \pi R^2$. Время $\Delta t \sim R/v$.

$$\mathcal{E} \sim \frac{B \pi R^2}{R/v} \sim \pi B R v.$$

(Более строгая оценка $\mathcal{E} = B \cdot L \cdot v$, где $L = 2\pi R$, дает $\mathcal{E} \approx 2\pi B R v$).

Сопротивление: Ток течет по кольцу в толще стенки. Длина проводника $l = 2\pi R$. Сечение проводника $S_{сеч} \approx h \cdot R$.

$$R_{el} = \rho \frac{l}{S_{сеч}} \approx \rho \frac{2\pi R}{hR} = \frac{2\pi \rho}{h}.$$

4) Составим уравнение баланса мощностей:

$$mgv \approx \frac{(2\pi B R v)^2}{2\pi \rho / h} = \frac{2\pi B^2 R^2 v^2 h}{\rho}.$$

Сокращая скорость, получаем выражение для оценки:

$$v \approx \frac{mg\rho}{2\pi B^2 R^2 h}.$$

Подставим выражение для массы $m = \rho_m \pi R^3$:

$$v \approx \frac{(\rho_m \pi R^3) g \rho}{2\pi B^2 R^2 h} = \frac{\rho_m g \rho}{2B^2} \cdot \frac{R}{h}.$$

5) Численный расчет: $g = 10$ м/с², $B = 1$ Тл, $\rho_m = 7800$ кг/м³, $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, $R/h = 5$.

$$v \approx \frac{7800 \cdot 10 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8}}{2 \cdot 1^2} \cdot 5 \approx \frac{1,3 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 5 \approx 3,25 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}.$$

$$v \approx 3 \text{ мм/с.}$$

Учитывая грубость оценок, разумным ответом является диапазон от нескольких миллиметров до 1 сантиметра в секунду.

Ответ: $v \sim 0,3 - 1 \text{ см/с.}$

Разбалловка.

Оценена масса магнита (через плотность и размеры)	3 балла
Оценена величина индукции магнитного поля ($B \sim 1 \text{ Тл}$)	3 балла
Записано условие установившегося движения	4 балла
Записано верное выражение для ЭДС индукции	2 балла
Получена оценка ЭДС индукции	1 балл
Получена оценка электрического сопротивления	3 балла
Получена итоговая формула для скорости через известные величины	2 балла
Получен численный ответ правильного порядка	2 балла