

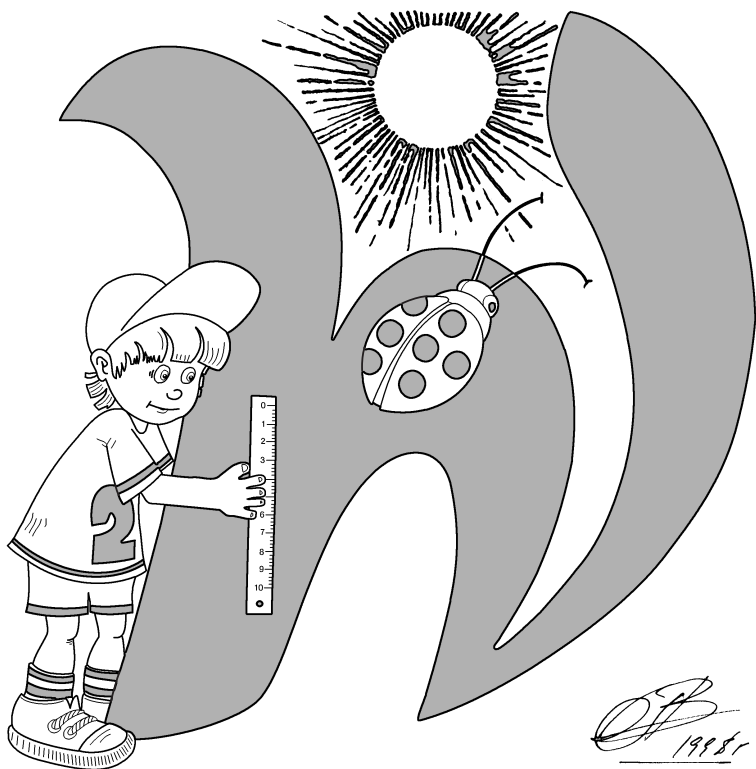
Федеральное агентство по образованию
Центральный оргкомитет Всероссийских олимпиад

XXXV Всероссийская олимпиада школьников по физике

Районно-городской этап

Теоретический тур

Методическое пособие



МФТИ, 2000/2001 уч.г.

Комплект задач подготовлен методической комиссией по физике
Центрального оргкомитета Всероссийских олимпиад школьников
Министерства образования и науки Российской Федерации
Телефоны: (095) 408-80-77, 408-86-95.
E-mail: fizolimp@mail.ru (с припиской **antispan** к теме письма)

Авторский коллектив — Александров Д., Ивановский М., Кирьяков Б.,
Овчинников О., Онищенко Ю., Слободянин В., Чивилев В.

Общая редакция — Слободянин В.

Оформление и верстка — Чудновский А., Ильин А., Макаров А., Качура Б.

При подготовке оригинал-макета
использовалась издательская система \LaTeX 2 ϵ .
© Авторский коллектив
Подписано в печать 14 марта 2005 г. в 22:40.

141700, Московская область, г. Долгопрудный
Московский физико-технический институт

9 класс

Задача 1. Автомобиль

Расстояние S от пункта A до пункта B равно 45 км. Первую часть пути автомобиль ехал со скоростью в два раза меньше средней, а вторую часть пути — со скоростью в два раза больше средней. Найдите длину первой части пути.

Задача 2. Экспериментатор Глюк

Экспериментатор Глюк исследовал равнопеременное движение. В одном из экспериментов он бросил с уровня земли камень вертикально вверх. Через некоторое время оказалось, что пройденный камнем путь $S_1 = 42,5$ м, а абсолютная величина перемещения $S_2 = 20,0$ м. С какой скоростью v_0 Глюк бросил камень? Считать ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Задача 3. Растворимость

Экспериментатор Глюк проводил опыты по определению растворимости различных веществ в воде. Для этого в калориметр, в котором изначально было некоторое количество воды при температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$, он добавлял маленькими порциями растворимое вещество до тех пор, пока не образовывался насыщенный раствор (вещество переставало растворяться).

Глюк обнаружил, что лед (взятый при температуре $t_2 = 0^\circ\text{C}$) тоже «растворяется» в воде. Какую «растворимость» льда он намерил?

Удельная теплота плавления льда $q = 335$ кДж/кг, теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°C).

Примечание. Растворимость — это отношение максимальной массы растворенного вещества к массе растворителя.

Задача 4. Резисторы

На рисунке изображены графики зависимости тока от напряжения, приложенного к системе из двух резисторов R_1 и R_2 , соединенных один раз параллельно, а другой — последовательно. Найдите величины сопротивлений R_1 и R_2 .

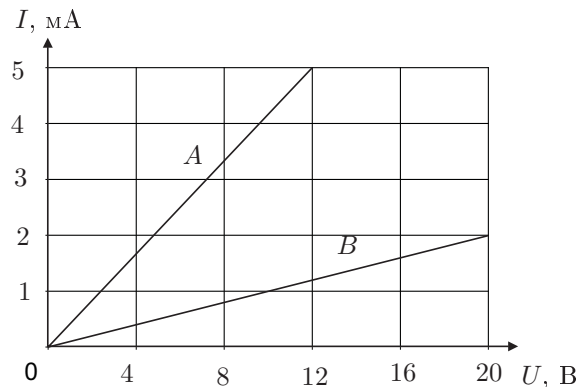


Рис. 1

10 класс

Задача 1. Связанные грузы

На горизонтальной поверхности лежат два груза одинаковой массы m , связанные между собой нитью, которая выдерживает максимальную нагрузку T_{max} . Коэффициенты трения грузов о поверхность одинаковы и равны μ . Отличие коэффициента трения покоя от коэффициента трения скольжения не учитывать. С какой максимальной силой F можно тянуть грузы, чтобы не порвать нить?

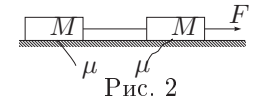


Рис. 2

Задача 2. Автомобиль

Треть всего пути автомобиль проехал с постоянной скоростью v_1 , затем треть всего времени он ехал с постоянной скоростью v_2 . Найдите среднюю скорость на всем пути, если она оказалась равна скорости на оставшемся участке.

Задача 3. Идеальный газ

Идеальный газ массой m , находящийся первоначально при температуре T_0 , охладили при постоянном давлении, так что его объем уменьшился в n раз. Затем газ нагрели при постоянном объеме до температуры T_0 . Молярная масса газа равна μ . Найдите суммарную работу, совершенную над газом.

Задача 4. Неизвестное вещество

Исследуя некоторое вещество, провели квазистационарные процессы 1–2 и 3–4 (см. рис., линии 1–3 и 2–4 — адиабаты). В каком из этих процессов к веществу подвели большее количество теплоты?

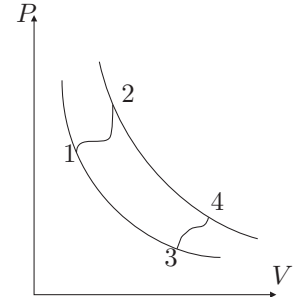


Рис. 3

Задача 5. Карлсон на водопое

Однажды, пролетая над зеркально ровной поверхностью пруда, Карлсон обратил внимание на то, что его скорость $|\vec{v}_0|$ относительно пруда в точности равна его скорости v удаления от своего изображения в воде. Под каким углом α к поверхности воды летел Карлсон?

11 класс

Задача 1. Стержень у стены

Однородный стержень AB массы m крепится к вертикальной стене с помощью легкой нити CB и шарнирного упора в точке A (рис. 4). Упор не препятствует вращению стержня в плоскости рисунка. Перенесите по клеточкам рисунок в свою тетрадь. Изобразите направление реакции в точке A , обозначьте ее вектором \vec{AK} . Под каким углом относительно стены она направлена, т.е. чему равен $\angle CAK$?

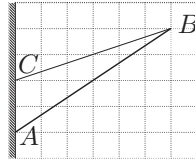


Рис. 4

Задача 2. Грузы на пружине

На горизонтальной плоскости на расстоянии l друг от друга покоялись два груза с близкими массами m_1 и m_2 . Между грузами находилась легкая пружина длиной l в свободном состоянии, не прикрепленная к грузам. Грузы сблизили на некоторое расстояние, а затем отпустили, после чего они разъехались так, что расстояние между ними стало равным L , причем $L \gg l$ (см. рис.). Какое расстояние S_1 проехал груз массой m_1 , если коэффициент трения скольжения для обоих грузов одинаков?

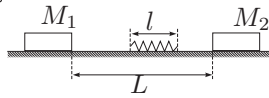


Рис. 5

Задача 3. Водяной пар

При изотермическом уменьшении объема водяного пара в цилиндре в 3 раза при температуре $T = 373$ К его давление возросло в два раза. Определите массу m водяного пара в цилиндре в начале опыта, если начальный объем цилиндра равен 3,44 л.

Задача 4. Схема

В схеме, изображенной на рис., $R = 100$ Ом. Через некоторое время после замыкания ключа K ток в цепи достиг 0,2 А. Найдите напряжение U_L на катушке индуктивности в этот момент, если в установившемся режиме (после замыкания ключа K) ток в цепи $I_0 = 0,5$ А.

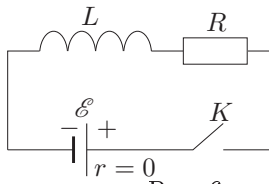


Рис. 6

Задача 5. Колебательный контур

В схеме, изображенной на рис., ключи K_1 и K_2 разомкнуты, конденсатор емкости C заряжен, а емкости $3C$ — не заряжен. Ключ K_1 замыкают, и в цепи возникают колебания с периодом $T_1 = 0,01$ с. В один из моментов, когда конденсатор емкости C полностью разряжен, замыкается ключ K_2 . Найдите период T_2 колебаний при замкнутых ключах. Омическим сопротивлением цепи пренебречь.

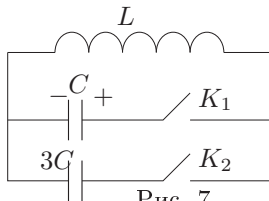


Рис. 7

Возможные решения

9 класс

Задача 1. Автомобиль

Пусть v — средняя скорость. Тогда весь путь автомобиль преодолел за время $t = S/v$, первую часть — за время $t_1 = 2S_1/v$, а вторую — за время $t_2 = S_2/2v$. Из $t = t_1 + t_2$ получим $S = 2S_1 + S_2/2$. После подстановки туда $S_2 = S - S_1$ получим $S = 2S_1 + (S - S_1)/2$, откуда $S_1 = S/3 = 15$ км.

Задача 2. Экспериментатор Глюк

Максимальная высота подъема камня $H = (S_1 + S_2)/2$. С другой стороны $H = v_0^2/2g$. Приравняв, найдем $v_0 = \sqrt{g(S_1 + S_2)} = 25$ м/с.

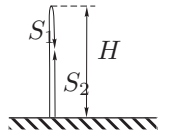


Рис. 8

Задача 3. Растворимость

Лед перестанет плавиться (т.е. «раствор» станет насыщенным), когда температура воды опустится до 0°C . Пусть масса воды была m_1 , тогда при охлаждении выделится теплота $Q = cm_1(t_1 - 0)$, которая расплавит массу льда $m_2 = Q/q$, так как лед уже находится при температуре t_2 , равной температуре плавления. Подставим выражения для m_2 и Q в формулу для растворимости: $K = m_2/m_1 = ct_1/q = 0,251$.

Задача 4. Резисторы

Из наклона прямых на графике найдем сопротивление системы в каждом случае: $R_A = 2,4$ кОм; $R_B = 10$ кОм. При последовательном соединении резисторов их сопротивление больше, чем при параллельном, следовательно, параллельному соединению соответствует зависимость A . Найдем сопротивления системы в обоих случаях: $R_1 + R_2 = R_B$, $R_1 R_2 / (R_1 + R_2) = R_A$. Выразим R_2 из первого уравнения и подставим во второе: $R_1^2 - R_B R_1 + R_A R_B = 0$, откуда находим $R_1 = 4$ кОм, $R_2 = 6$ кОм (или наоборот).

10 класс

Задача 1. Связанные грузы

К заднему грузу в горизонтальном направлении приложены только натяжение нити $T \leq T_{\max}$ и сила трения $F_{\text{тр}} \leq \mu mg$. Возможны два случая:

1. $T_{\max} \leq \mu mg$, тогда задний груз не сдвинется с места. Значит, чтобы нить не порвалась, передний груз тоже не должен сдвинуться с места. Максимальная сила F будет такой, которую смогут уравновесить сила трения на передний груз и натяжение нити, приложенное к переднему грузу и направленное назад, т.е. $F = \mu mg + T_{\max}$.

2. $T_{\max} > \mu mg$, тогда при $F > 2\mu mg$ оба груза будут двигаться с постоянным ускорением a . Запишем второй закон Ньютона при максимальной F для заднего и переднего грузов соответственно:

$$ma = T_{\max} - F_{\text{тр}}, \quad ma = F - T_{\max} - F_{\text{тр}} \quad \Rightarrow \quad F = 2T_{\max}.$$

Обобщая оба случая, запишем $F = T_{\max} + A$, где сила A равна максимальной из T_{\max} и μmg .

Задача 2. Автомобиль

Пусть v — искомая средняя скорость, S — весь путь, t — полное время, тогда для остатка пути $S - S/3 - tv_2/3 = v(t - t/3 - S/3v_1)$. Подставим $S = vt$ и сократим на $t \neq 0$: $2v/3 - v_2/3 = v(2/3 - v/3v_1)$, откуда $v = \sqrt{v_1 v_2}$.

Задача 3. Идеальный газ

Работа над газом в первом процессе $A_1 = P_0(V_0 - V_1)$. Во втором (изохорическом) процессе $A_2 = 0$. Подставив $V_1 = V_0/n$ и $P_0V_0 = (m/\mu)RT_0$, получим $A = A_1 + A_2 = P_0V_0(1 - 1/n) = (1 - 1/n)(m/\mu)RT_0$.

Задача 4. Неизвестное вещество

Рассмотрим круговой процесс 1-2-3-4-1. В нем вещество совершает положительную работу, равную площади контура 1-2-3-4-1, значит, к веществу за цикл тепла подводится больше, чем отводится. На адиабатах нет теплообмена, следовательно, на участке 1-2 подводится тепла больше, чем отбирается на 4-3 (или подводится на участке 3-4).

Задача 5. Карлсон на водопое

В плоском зеркале модуль скорости изображения равен скорости объекта. Следовательно, $v = 2v_{\perp} = v_0$, где v_{\perp} — вертикальная составляющая v_0 . Отсюда, $\sin \alpha = v_{\perp}/v_0 = 1/2$, значит, $\alpha = 30^\circ$.

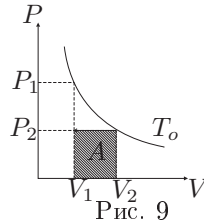


Рис. 9

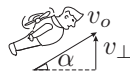


Рис. 10

11 класс

Задача 1. Стержень у стены

Поскольку изображенная ситуация статична, сумма моментов всех сил, действующих на стержень AB равна 0. Направление двух сил нам известно: сила тяжести $\vec{F} = m\vec{g}$ направлена вниз и приложена к середине стержня; сила натяжения \vec{T} нити приложена в точке B и направлена вдоль нити. Удобно за начало отсчета принять точку O , лежащую на пересечении линий действия сил \vec{T} и \vec{F} . В этом случае моменты этих сил равны 0, а, следовательно, нулевым должен быть и момент реакции опоры. Таким образом, реакция опоры направлена вдоль прямой AK . Из рисунка видно, что $\angle CAK = 45^\circ$.

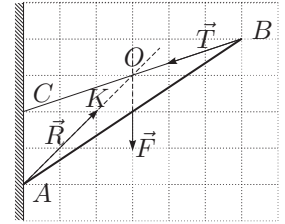


Рис. 11

Задача 2. Грузы на пружине

Так как массы грузов близки, то они проедут (в первом приближении — в силу симметрии) расстояния порядка $L/2$. Оценочный путь, пройденный телом под действием силы упругости пружины, равен $l/2$. Из условия $L/2 \gg l/2$ следует, что средняя сила упругости много больше сил трения для каждого груза. Тогда мы можем пренебречь присутствием трения на том маленьком участке пути, где есть сила упругости. В этом случае сразу после отрыва грузов от пружины из закона сохранения импульса $\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = 0$ следует $P_1 = P_2 = P$. Для оставшегося участка пути запишем закон сохранения энергии для каждого груза (сразу учитывая $L \gg l > x_{1,2}, x_{1,2}$ — смещения грузов за первый участок пути): $P^2/2m_1 = \mu m_1 g S_1$, $P^2/2m_2 = \mu m_2 g(L - S_1)$. Решив эту систему, получим: $S_1 = Lm_2^2/(m_1^2 + m_2^2)$.

Задача 3. Водяной пар

Согласно условию задачи, водяной пар не подчиняется закону Бойля-Мариота. Такое нарушение закона объясняется частичной конденсацией пара, т.е. в конечном состоянии пар соседствует с водой. По условию задачи $T = 373 \text{ K}$, что эквивалентно $t = 100^\circ \text{C}$. При такой температуре и нормальном атмосферном давлении $P_{\text{атм}} = 10^5 \text{ Па}$ пар становится насыщенным. Следовательно, $P_2 = P_{\text{атм}}$. В начальном состоянии $P_1 = P_2/2 = 5 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Из уравнения Менделеева-Клапейрона (зная $\mu = 18 \text{ г/моль}$) следует $m = P_1 V_1 \mu / (RT_1) = 1 \text{ г}$.

Задача 4. Схема

Для данной электрической схемы можно записать: $\mathcal{E} - U_L = IR$, $\mathcal{E} = I_0 R$. Следовательно, $U_L = (I_0 - I)R = 30 \text{ В}$.

Задача 5. Колебательный контур

Для соответствующих положений ключей получим: $T_1 = 2\pi\sqrt{LC}$, $T_2 = 2\pi\sqrt{L(C + 3C)}$, откуда $T_2 = 2T_1 = 0,02 \text{ с}$.