

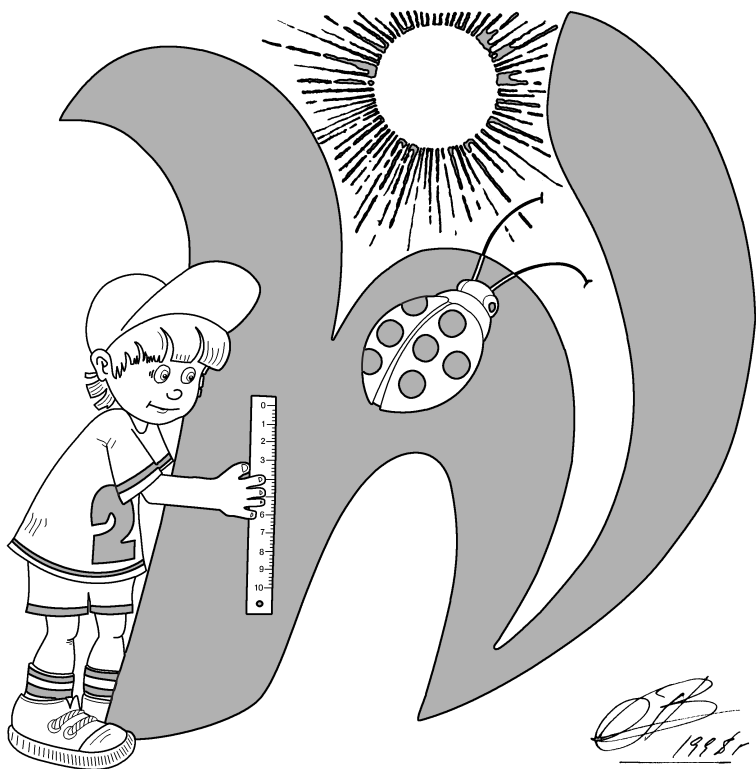
Федеральное агентство по образованию  
Центральный оргкомитет Всероссийских олимпиад

## 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](mailto: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  $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$ .  
© 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/с<sup>2</sup>.

**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  $R_2$ .

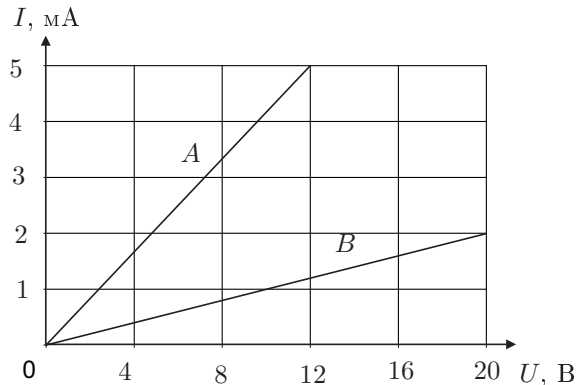


Рис. 1

10 класс

**Задача 1. Связанные грузы**

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

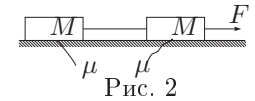


Рис. 2

**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  $\mu$ . 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?

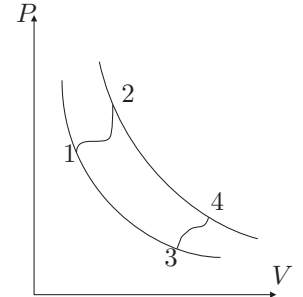


Рис. 3

**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  $\alpha$  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  $\angle CAK$ ?

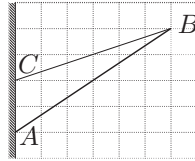


Рис. 4

**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?

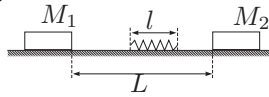


Рис. 5

**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.

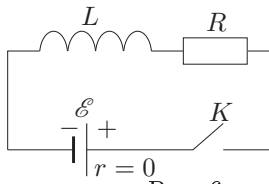


Рис. 6

**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.

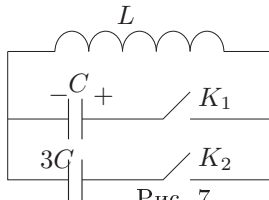


Рис. 7

**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.

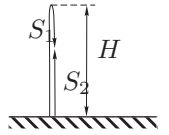


Рис. 8

**Задача 3. Растворимость**

Лед перестанет плавиться (т.е. «раствор» станет насыщенным), когда температура воды опустится до  $0^\circ\text{C}$ . 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  $\mu mg$ .

**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**

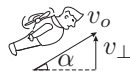
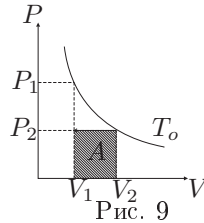
Работа над газом в первом процессе  $A_1 = P_0(V_0 - V_1)$ . Во втором (изохорическом) процессе  $A_2 = 0$ . Подставив  $V_1 = V_0/n$  и  $P_0 V_0 = (m/\mu)RT_0$ , получим  $A = A_1 + A_2 = P_0 V_0(1 - 1/n) = (1 - 1/n)(m/\mu)RT_0$ .

**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,  $\alpha = 30^\circ$ .



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  $\angle CAK = 45^\circ$ .

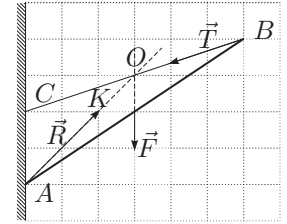


Рис. 11

**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  $T_2 = 2T_1 = 0,02 \text{ с}$ .