



# Минская областная олимпиада школьников по физике 2001 года

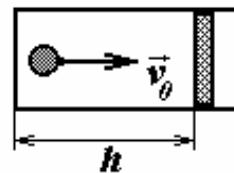
## 10 класс.

**Задача 1. (20 баллов)** В физике при описании сложных процессов достаточно широко используются различные простейшие модели. Одной из них является модель идеального газа. Данная задача посвящена анализу этой модели.

**1.1** В узком цилиндрическом сосуде с подвижным поршнем движется с

достаточно большой постоянной скоростью  $v_0 = 50,0 \frac{м}{с}$  упругий

шарик массы  $m = 10,0 г$ . Вектор скорости шарика все время направлен вдоль оси сосуда, удары шарика о поршень и дно сосуда абсолютно упругие. Найдите среднюю силу давления шарика на поршень (усредненную по промежутку времени, значительно превышающему время между ударами) как функцию скорости  $v_0$  и расстояния  $h$  между дном и поршнем. Силой тяжести пренебречь.



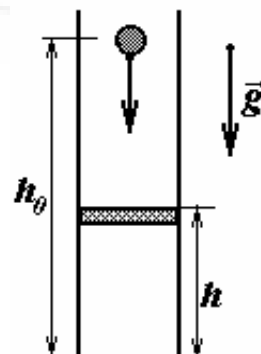
**1.2** Как известно, термодинамическая температура является мерой средней кинетической энергии движения молекул. Л. Больцман показал, что средняя кинетическая энергия, приходящаяся на одну степень свободы молекулы, равна  $\frac{kT}{2}$ , где  $T$  - абсолютная температура, измеряемая по

шкале Кельвина,  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{Дж}{К}$  — постоянная Больцмана. Используя эти данные,

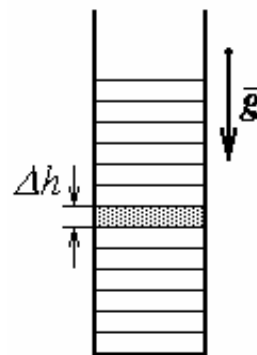
введите понятие «температуры газа», состоящего из одного движущегося в сосуде шарика (см. п. 1.1). Получите уравнение состояния такого «газа», связывающее между собой давление  $p$ , температуру  $T$  и объем газа  $V$ . Вычислите «температуру» для приведенных значений массы и скорости шарика.

**1.3** Как известно, при тепловом контакте тел их температуры выравниваются. Продемонстрируйте этот факт на примере упругого столкновения двух одинаковых шариков, один из которых покоится, а второй налетает на него со скоростью  $v_0$ . Пусть после удара налетающий шар отклонился на некоторый угол  $\alpha$ . Найдите скорости шаров после их упругого столкновения. Рассчитайте средние кинетические энергии каждого из шаров после столкновения, если угол отклонения  $\alpha$  равновероятно принимает произвольные значения в интервале от  $-\frac{\pi}{2}$  до  $+\frac{\pi}{2}$ .

**1.4** Пусть шарик находится в вертикальном открытом сосуде и падает на поршень с высоты  $h_0$ . Как зависит средняя сила давления шарика на поршень от его высоты  $h$ ? Ускорение свободного падения  $g$ .

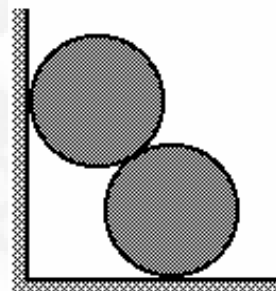


**1.5** Рассмотрим идеальный газ с молярной массой  $\mu$  при постоянной температуре  $T$ , находящийся в очень высоком вертикальном сосуде в поле тяжести земли. Разобьем его на малые горизонтальные слои толщиной  $\Delta h$ . Покажите, что в этом случае давление газа в каждом следующем из вышележащих слоев убывает в геометрической прогрессии. Найдите эту прогрессию. Попробуйте с помощью полученных результатов оценить высоту Земной атмосферы. Давление газа у поверхности земли  $p_0$ .



**1.6** Сравните результаты п.1.4 и п.1.5. Объясните полученное противоречие.

**Задача 2. (10 баллов)** Два гладких однородных одинаковых цилиндра радиуса  $R$  прислонены к вертикальной стенке. Из-за того, что нижний цилиндр чуть-чуть сместился вправо по горизонтальной плоскости, верхний стал опускаться по вертикали, и система пришла в движение. Найдите конечную скорость нижнего цилиндра.



**Задача 3. (10 баллов)** Каждая из двух новогодних гирлянд последовательно составлена из  $N = 100$  различных лампочек так, что сопротивление первой лампочки каждой гирлянды  $R_1 = 1,0 \text{ Ом}$ , а последней -  $R_{100} = 100 \text{ Ом}$ . Известно, что в первой гирлянде сопротивления лампочек возрастают в арифметической прогрессии, а во второй — в геометрической. Найдите силу тока, тепловую мощность, а также падение напряжения на 50-ой лампочке в каждой из гирлянд, если их включили в сеть напряжением  $U = 220 \text{ В}$ .

Примечание:  $\sqrt[99]{100} \approx 1,0476$

