

## Задача 2. Пружинный газ

Как известно, при изменении объема газа его давление будет также изменяться, что приводит к появлению у газов некоторых «упругих» свойств, который можно использовать, например, для амортизации в различных механизмах. В данной задаче вам предлагается изучить свойства идеального газа, сравнивая его с классическими упругими пружинами.

### Часть А. Газ как пружина

Идеальный одноатомный газ, заполняет открытый цилиндрический сосуд с поршнем, который может двигаться практически без трения (рис. 1). Стенки сосуда и поршень хорошо проводят тепло. Система находится в равновесии. Площадь основания цилиндра  $S = 200 \text{ см}^2$ , начальный объем газа  $V_0 = 3,0 \text{ л}$ .

Если в такой системе надавить или потянуть за поршень, то можно ощутить некоторые «упругие» силы.

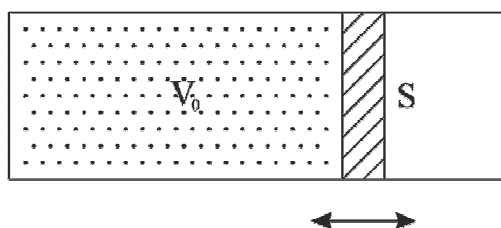


Рисунок 1 – Сосуд с поршнем (к части А)

**A1.1.** Покажите, что при малых деформациях для системы выполняется закон Гука. Найдите жесткость такой «газовой пружины» при малых деформациях.

**A1.2.** Получите выражение и значение для модуля Юнга такого «упругого материала» при малых деформациях.

При увеличении деформаций закон Гука перестает выполняться, что можно представить, как изменение жесткости системы.

**A1.3.** Будет ли жесткость увеличиваться или уменьшаться при увеличении деформации?

Далее, в целях энергосбережения, стенки и поршень решили теплоизолировать. Изучите свойства новой «газовой пружины»:

**A2.1.** Покажите, что при малых деформациях для системы выполняется закон Гука. Найдите жесткость такой «газовой пружины» при малых деформациях.

**A2.2.** Получите выражение и значение для модуля Юнга такого «упругого материала» при малых деформациях.

**A2.3.** Будет ли жесткость увеличиваться или уменьшаться при увеличении деформации?

### Часть В. Газ против пружины.

С открытой части к поршню из пункта А2 присоединили «классическую» пружину жесткости  $k = 15 \text{ кН/м}$  (рис. 2). Первоначально пружина находится в недеформированном состоянии.

Для того чтобы газ «посоревновался» с пружиной, его нагрели, удерживая поршень на месте, с комнатной температуры  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  до температуры  $T_1 = 80^\circ\text{C}$ . Затем поршень резко отпустили.

**В1.** Пренебрегая массой поршня, найдите температуру газа  $T_2$  после того, как система придет в равновесие.

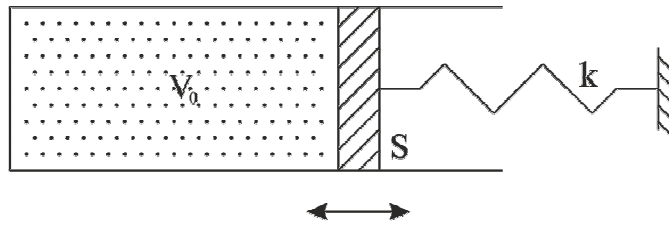


Рисунок 2 – Сосуд с поршнем и пружиной (к части В)

### Подсказки:

Физика:

Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль})$

Постоянная Больцмана  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$

Постоянная Авогадро  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Атмосферное давление  $p_0 = 101 \text{ кПа}$

Плотность сухого воздуха (н.у.)  $\rho_v = 1,20 \text{ кг/м}^3$

$0^\circ \text{C} = 273 \text{ К}$

Закон Гука в дифференциальной форме:  $\sigma = E \cdot \varepsilon$ , где  $\sigma$  – поверхностное напряжение,  $E$  – модуль Юнга материала,  $\varepsilon$  – относительное удлинение.

Математика:

Для малых  $\alpha$  справедливо:  $\frac{1}{1+\alpha} \approx 1 - \alpha + \alpha^2 - \alpha^3 + \dots$