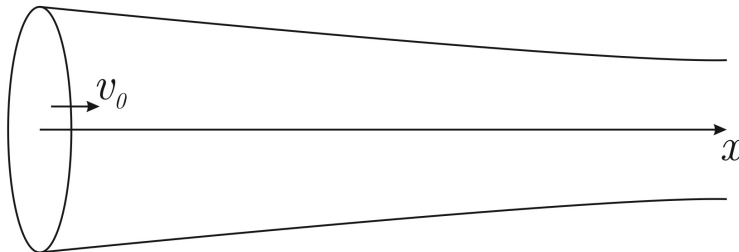


Road to IPhO

Газовый четырехугольник

Часть А. Движение газа вдоль трубы переменного сечения (5 баллов)

В этой части задачи газ молярной массы μ стационарно движется по прямолинейной горизонтальной трубе без трения о её стенки. Входные параметры газа v_0 , T_0 , S_0 , ρ_0 , а также C_p считайте заданными. Также считайте любое сечение симметричным и пренебрегайте составляющими скорости, которые перпендикулярны оси симметрии.



A1 Пусть труба адиабатически изолирована. Получите зависимость скорости газа от его температуры. **0.8**

A2 Покажите, что при течении газа выполняется соотношение **0.7**

$$v \frac{dv}{dx} = -\frac{1}{\rho} \frac{dP}{dx}.$$

A3 Теперь к любому участку трубы длиной L подводится тепловая мощность $N = kL$. Получите выражение для скорости газа как функцию от x и T . **0.5**

A4 Теперь и температура газа линейно зависит от x по закону $T = T_0 + \alpha x$. Покажите, что газ движется по трубе равноускоренно и найдите это ускорение a . **0.5**

A5 Получите уравнение политропного процесса с постоянной молярной теплоёмкостью C в координатах (P, ρ) . **0.5**

A6 Покажите, что в условиях пункта **A4** газ движется так, будто бы находится в политропном процессе. **1.2**

A7 Получите выражение для плотности газа как функцию x . **0.8**

Часть В. Замкнутая труба (5 баллов)

Рассмотрим четырёхугольник $abcd$, по которому стационарно движется некоторая масса газа. Введём обозначения: $ab = L_1$, $bc = L_2$, $cd = L_3$, $da = L_4$. На участке ab :

$$\frac{dT}{dx} = A, \quad \frac{dN}{dx} = \alpha;$$

на участке bc :

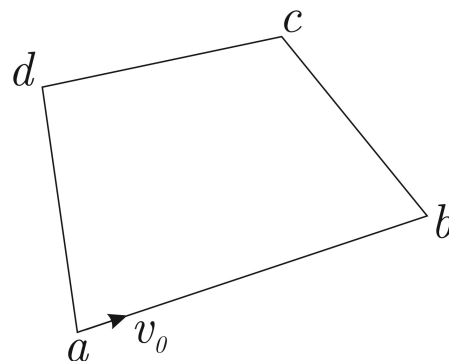
$$\frac{dT}{dx} = B, \quad \frac{dN}{dx} = \beta;$$

v_a , S_a , T_a , ρ_a , μ , C_p , α и A считайте заданными. Для участка cd :

$$\frac{dT}{dx} = -A, \quad \frac{dN}{dx} = -\alpha$$

и для da :

$$\frac{dT}{dx} = -B, \quad \frac{dN}{dx} = -\beta.$$



Ось x направлена для каждой трубы от первой точки участка ко второй (например, для ab от a к b).

Road to IPhO

- | | | |
|-----------|--|------------|
| B1 | Найдите массовый расход газа $\dot{m}$. | 0.1 |
| B2 | Найдите теплоты $\delta Q_{ab}, \delta Q_{bc}, \delta Q_{cd}, \delta Q_{da}$, полученные порцией газа массой dm на данных участках четырехугольника. Ответы могут быть выражены через $v_a, S_a, T_a, \rho_a, \mu, C_P, \alpha, A, L_1, L_2, L_3, L_4$ и dm . | 0.8 |
| B3 | Получите β и B через $v_a, S_a, T_a, \rho_a, \mu, C_P, \alpha, A, L_1, L_2, L_3, L_4$. | 1.0 |
| B4 | Докажите, что для стационарности такой системы необходимо, чтобы молярная теплоёмкость газа была постоянна в течении всего цикла. | 1.5 |
| B5 | Найдите ускорения a_{ab} и a_{bc} через $v_a, S_a, T_a, \rho_a, \mu, C_P, \alpha, A, L_1, L_2, L_3, L_4$. | 0.7 |
| B6 | Найдите скорости v_b, v_c и v_d через $v_a, S_a, T_a, \rho_a, \mu, C_P, \alpha, A, L_1, L_2, L_3, L_4$. | 0.5 |
| B7 | Найдите минимальное время t , через которое газ возвращается в начальное положение. Ответ выразите через скорости в точках пересечения труб и ускорения в трубах (пункт не оценивается, если не выполнены B5 и B6). | 0.2 |
| B8 | Найдите массу газа в трубе. Ответ выразите через $\dot{m}$ и t (пункт не оценивается, если не выполнены B5 и B6). | 0.2 |