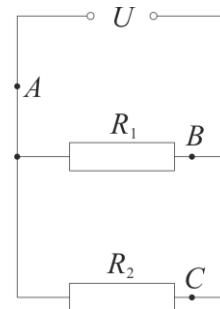


Задание 2. «Made in Chine».

Юный экспериментатор Федя с очень большой точностью знает сопротивления резисторов R_1 и R_2 , включенных в схему, как показано на рисунке, причем $R_2 > R_1$. Сопротивления подводящих проводов в схеме пренебрежимо малы. Незвестное, но постоянное напряжение на клеммах U Федя планирует рассчитать по закону Ома для участка цепи, измерив силу тока чувствительным амперметром, который экспериментатор считает идеальным. В какой точке цепи (A, B или C) Феде необходимо подключить измерительный прибор, чтобы рассчитанное им напряжение оказалось «наиболее правильным»?



Задание 3. Как разгоняется газ?

Цель данной задачи – показать, как газы протекают через сопло реактивного двигателя, почему профиль сопла изменяется не монотонно: сначала сужается, а затем расширяется! Точные расчеты формы сопла и в настоящее время представляют собой невероятно сложную аэродинамическую задачу, поэтому мы ограничимся самыми простыми примерами, показывающими основные физические идеи, лежащие в основе конструирования реактивных двигателей. Поэтому задача содержит много промежуточных вопросов, которые помогут Вам прийти к далекому финишу этой задачи

Подсказки.

1. Процесс, протекающий без теплообмена, называется адиабатическим. Уравнение адиабатического процесса идеального газа имеет вид

$$PV^\gamma = \text{const}, \quad (1)$$

показатель адиабаты γ (для всех газов $\gamma > 1$) и молярную массу газа M считайте известными.

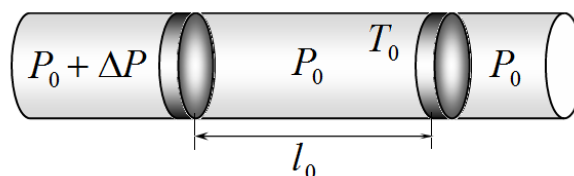
2. Во многих пунктах задачи используйте приближенную формулу

$$(1+x)^\alpha \approx 1+\alpha x \quad (2)$$

справедливую при $x \ll 1$ и любых α .

Часть 1. В цилиндрической трубе.

В очень длинной горизонтальной цилиндрической трубе находятся два легких (массой можно пренебречь) плотно пригнанных поршня, которые могут скользить по трубе без трения. В начальный момент между поршнями находится



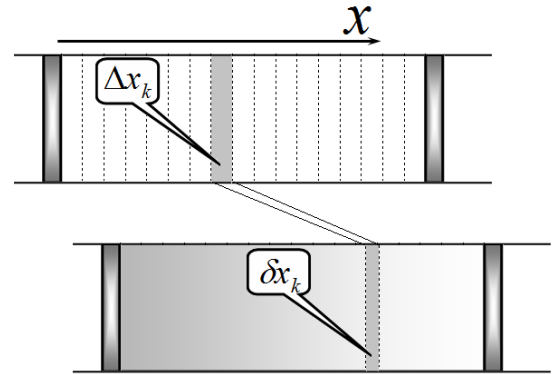
идеальный газ при температуре T_0 и давлении P_0 , расстояние между поршнями равно l_0 . Снаружи от поршней находится газ под давлением P_0 , т.е. система находится в равновесии. Теплопроводностью и теплоемкостью стенок трубы и поршней следует пренебрегать.

В некоторый момент времени слева от поршней давление резко возросло на величину ΔP (причем $\Delta P \ll P_0$), поршни и газ между ними пришли в движение. Считайте, что давления снаружи от поршней поддерживаются постоянными.

В данной части задачи Вам необходимо определить увеличиться, или уменьшится расстояние между поршнями в процессе их движения.

Подсказки.

Мысленно разбейте пространство между поршнями на малые равные промежутки (можно даже считать, что между ними есть тонкие невесомые перегородки) и следите за отдельными порциями газа Δx_k и все характеристики этих порций определяйте как функции их начальных координат x (не смотря на то, что реальные координаты перегородок изменяются в процессе движения).



1. Процесс установления равновесия в газе между поршнями можно условно разбить на два этапа:

первый: установление равновесного распределения давления, которое происходит практически мгновенно; можно считать, что на этом этапе изменение объема каждой выделенной порции газа происходит адиабатически, т.е. без теплообмена;

второй: установление теплового равновесия посредством теплообмена между отдельными порциями газа; на этом этапе можно пренебречь работой газа над внешними телами.

1.1 Определите установившееся ускорение поршней a (когда ускорения каждого из поршней будут равны).

1.2 Определите зависимость давления газа между поршнями от координаты x (напоминаем – это координаты в начальном положении) $P(x)$

1.3 Найдите зависимость относительной деформации газа от координаты x на первом этапе установления равновесия..

Подсказка: Пусть начальная толщина выделенной порции газа равна Δx_k , а в процессе движения она стала равной δx_k . Тогда относительной деформацией называется

величина $\varepsilon = \frac{\delta x_k - \Delta x_k}{\Delta x_k}$. Считайте все деформации малыми $\varepsilon \ll 1$

1.4 Найдите изменение расстояния между поршнями Δl_1 на первом этапе установления равновесия. Уменьшится или увеличится это расстояние по сравнению с l_0 ?

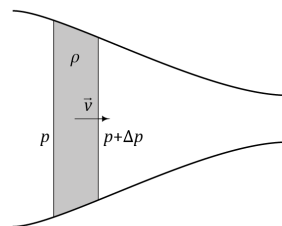
1.5 Найдите распределение температуры газа между поршнями на первом этапе установления равновесия.

1.6 Найдите установившуюся температуру газа между поршнями после установления теплового равновесия.

1.7 Найдите изменение расстояния между поршнями Δl_2 после установления теплового равновесия. Уменьшится или увеличится это расстояние по сравнению с l_0 ?

Часть 2. В сопле переменного сечения.

В реактивном двигателе, газы появляющиеся в результате сгорания топлива проходят через сопло, площадь сечения которого плавно изменяется. Рассмотрим небольшую порцию газа проходящего через сопло. Так как газ проходит через сопло очень быстро, то все процессы, протекающие в нем можно считать адиабатическими.



2.1 Найдите зависимость плотности этой порции газа ρ от его давления p , при условии, что на входе в сопло плотность газа равна ρ_0 , а давление P_0 .

2.2 Определите зависимость изменения плотности данной порции газа $\Delta\rho$ от изменения его давления ΔP . Выразите эту зависимость через локальную скорость звука в этом газе, которая определяется по формуле $c = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}}$

2.3 Определите изменение скорости порции газа Δv при ее малом смещении, если давление при этом изменилось на величину ΔP . Выразите эту величину через ΔP , плотность газа ρ и ее скорость v .

2.4 Выразите изменение скорости порции газа Δv через площадь сечения в данной точке, изменение площади сечения ΔS , скорость газа v и локальную скорость звука c .

2.5 При прохождении через сопло газ должен разогнаться до скорости, выше локальной скорости звука. Нарисовать качественно форму такого сопла, если в начале скорость v_0 была меньше локальной скорости звука c . Указать, в какой точке вашего рисунка $v = c$.