# Сопротивление газа

И. И. Кравченко

21 ноября 2026 г.

Решаем две связанные задачи по физике о разреженном газе из сборника Савченко [1].

## 1 Шар в газе

**5.4.3.** В разреженном газе с постоянной скоростью $v$ движется шар радиуса $r$. Число молекул в единице объема газа $n$, масса молекулы $m$, тепловые скорости молекул значительно меньше скорости шара. Оцените силу сопротивления, действующую на шар.

Молекулы газа можно считать неподвижными. В системе шара характерное изменение импульса одной молекулы вдоль оси движения $\sim mv$, а за время $dt$ изменение импульса от столкнувшихся молекул с шаром на эту ось равно

$$dp \sim mvnsv\,dt.$$

где $s$ — площадь поперечного сечения шара, перпендикулярного скорости. (На другие перпендикулярные к указанной оси изменения импульса нет в следствие радиальной симметрии столкновений в плоскости таких осей.)

Это изменение импульса производит сила со стороны шара на молекулы

$$\boxed{f = dp/dt \sim mnsv^2,}$$

и такая же сила действует на шар от встречных молекул, направлена против скорости шара.

С учетом $s = \pi r^2$

$$\boxed{f \sim \pi r^2 nmv^2.}$$

## 2 Диск в газе

**5.4.5.** В разреженном газе с молярной массой $\mu$ движется диск радиуса $r$ с постоянной скоростью $v$, направленной вдоль оси диска. Оцените силу сопротивления, действующую на диск. Скорость диска много меньше тепловой скорости молекул. Давление газа $P$, его температура $T$.

Характерная скорость молекулы газа $u$ порядка тепловой скорости, то есть $u \sim \sqrt{kT/m} = \sqrt{RT/\mu}$ (тут $m$ — масса молекулы). Такого же порядка составляющие скорости молекулы на любые три взаимно перпендикулярные оси.

Рассмотрим встречные молекулы. В системе диска характерное изменение импульса одной молекулы $\sim m(v+u)$, а за время $dt$ изменение импульса от столкнувшихся молекул с диском равно

$$dp \sim m(v+u)ns(v+u)\,dt.$$

где $s$ — площадь стороны диска.

Это изменение импульса производит сила со стороны диска на молекулы

$$\boxed{f_1 = dp/dt \sim mns(v+u)^2,}$$

и такая же сила действует на диск от встречных молекул.

Для догоняющих молекул аналогично получается

$$\boxed{f_2 \sim mns(v-u)^2,}$$

Суммарная сила

$$f \sim f_1 - f_2 \sim mnsuv,$$

или с учетом $n = P/kT$, $s = \pi r^2$

$$\boxed{f \sim \pi r^2 Pv\sqrt{\mu/(RT)}.}$$

Ответ по новому изданию.

# Литература

[1] И. И. Воробьев, П. И. Зубков, Г. А. Кутузова, О. Я. Савченко, А. М. Трубачев и В. Г. Харитонов. *Задачи по физике*. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2008.