

### Условие

**9-4.** Найдите среднее давление, которое оказывает дождь на вертикальное лобовое стекло автомобиля, движущегося с постоянной скоростью  $V$ . Считать, что капли дождя падают вертикально с постоянной скоростью  $u$ . Интенсивность дождя —  $h$  (мм) осадков в час.

### Решение

**9-4.** Капли, падающие на лобовое стекло автомобиля, имеют нулевую горизонтальную составляющую скорости, а затем приобретают скорость  $V$ , равную скорости автомобиля. Следовательно, автомобиль сообщает каплям некоторый импульс, т.е. действует на них с некоторой силой, равной (по третьему закону Ньютона) силе, с которой капли действуют на автомобиль. Пусть масса воды, капавшей на лобовое стекло за время  $t$ , равна  $m$ ; тогда импульс, сообщенный ей равен  $p = mV$ , а средняя сила, действующая на стекло,

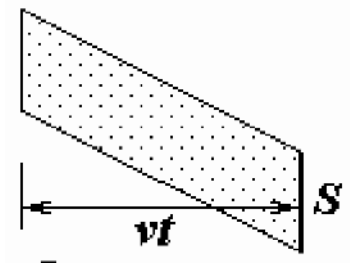
$$F = \frac{p}{t} = \frac{mV}{t}, \quad (1)$$

тогда давление водяных капель

$$P = \frac{mV}{tS}, \quad (2)$$

где  $S$  — площадь стекла. Для вычисления  $m$ , заметим, что за время  $t$  стекло “соберет” все капли, которые находятся в объеме параллелепипеда с основанием  $S$  и длиной  $Vt$ , т.е.

$$m = \lambda SVt, \quad (3)$$



где  $\lambda$  — масса всех капель дождя, находящихся в единице объема. Для определения  $\lambda$  можно рассуждать следующим образом: пусть за время  $\tau$  в цилиндрическом вертикальном сосуде с площадью основания  $S_0$  уровень воды поднялся на  $h\tau$ , тогда ее масса  $m_0 = \rho h\tau S_0$ , где  $m_0 = \rho h\tau S_0$ ,  $\rho$  — плотность воды, очевидно, что эта же масса может быть выражена через  $\lambda$  по формуле аналогичной (3)

$$m_0 = 2S_0 U \tau,$$

Приравнявая

$$\rho h\tau S_0 = \lambda S_0 \tau U,$$

найдем

$$\lambda = \frac{\rho h}{U} \quad (4)$$

(отметим, что  $h$  — должно измеряться в той же системе единиц, что и остальные параметры задачи). Подставляя (4) в (3), а затем в (2), получим ответ

$$P = \frac{\rho h}{U} V^2.$$