

### Закон Бернулли

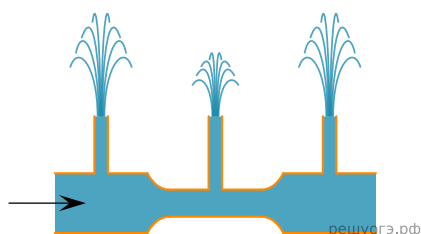
Этот важный закон был открыт в 1738 году Даниилом Бернулли — швейцарским физиком, механиком и математиком, академиком и иностранным почетным членом Петербургской академии наук. Закон Бернулли позволяет понять некоторые явления, наблюдаемые при течении потока жидкости или газа.

В качестве примера рассмотрим поток жидкости плотностью  $\rho$ , текущей по наклоненной под углом к горизонту трубе. Если жидкость полностью заполняет трубу, то закон Бернулли выражается следующим простым уравнением:

$$\rho gh + \rho v^2/2 + p = \text{const}$$

В этом уравнении  $h$  — высота, на которой находится выделенный объем жидкости,  $v$  — скорость этого объема,  $p$  — давление внутри потока жидкости на данной высоте. Записанное уравнение свидетельствует о том, что сумма трех величин, первая из которых зависит от высоты, вторая — от квадрата скорости, а третья — от давления, есть величина постоянная.

В частности, если жидкость течет вдоль горизонтали (то есть высота  $h$  не изменяется), то участкам потока, которые движутся с большей скоростью, соответствует меньшее давление, и наоборот. Это можно продемонстрировать при помощи следующего простого прибора.



Протекание жидкости  
через трубу с сужением

Возьмем горизонтальную стеклянную трубу, в центральной части которой сделано сужение (см. рис.). Припаем к отверстиям в этой трубе три тонких стеклянных трубочки — две около краев трубы (там, где она толще) и одну — в центральной части трубы (там, где находится сужение). Расположим эту трубу горизонтально и будем пропускать через нее воду под давлением — так, как показано стрелкой на рисунке. Из направленных вверх трубочек начнут бить фонтанчики. Поскольку площадь поперечного сечения центральной части трубы меньше, то скорость протекания воды через эту часть будет больше, чем через левый и правый участки трубы. По этой причине в соответствии с законом Бернулли давление в жидкости в центральной части трубы будет меньше, чем в остальных частях трубы, и высота среднего фонтанчика будет меньше, чем крайних фонтанчиков.

Описанное явление легко объясняется и с помощью второго закона Ньютона. Действительно, частицы жидкости при переходе из начального участка трубы в центральный должны увеличить свою скорость, то есть ускориться. Для этого на них должна действовать сила, направленная в сторону центральной части трубы. Эта сила представляет собой разность сил давления. Следовательно, давление в центральной части трубы должно быть меньше, чем в ее начальной части. Совершенно аналогично рассматривается и переход жидкости из центральной части трубы в ее конечную часть, при котором частицы жидкости замедляются.

При помощи закона Бернулли могут быть объяснены разнообразные явления, возникающие при течении потоков жидкости или газа. Например, известно, что двум большим кораблям, движущимся попутными курсами, запрещается проходить близко друг от друга. При таком движении между близкими бортами кораблей возникает более быстрый поток движущейся воды, чем со стороны внешних бортов. Вследствие этого давление в потоке воды между кораблями становится меньше, чем снаружи, и

возникает сила, которая начинает подталкивать корабли друг к другу. Если расстояние между кораблями мало, то может произойти их столкновение.

Прибор, изображенный на рисунке в тексте, освободили от воды и перевернули так, что трубочки оказались направленными вертикально вниз, и погрузили трубочки в сосуд с водой. При продувании через горизонтальную трубу воздуха оказалось, что в трубочки всосалось некоторое количество воды из сосуда. Длиннее или короче окажутся столбики жидкости, оказавшиеся в крайних трубочках, по сравнению со столбиком, оказавшимся в средней трубочке? Ответ поясните.