

Лк_8

Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV = Sdz$ будет равна $dm = \rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt} \right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV=Sdz$ будет равна $dm=\rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt} \right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV=Sdz$ будет равна $dm=\rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt}\right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV = Sdz$ будет равна $dm = \rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt} \right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

Энергия волны

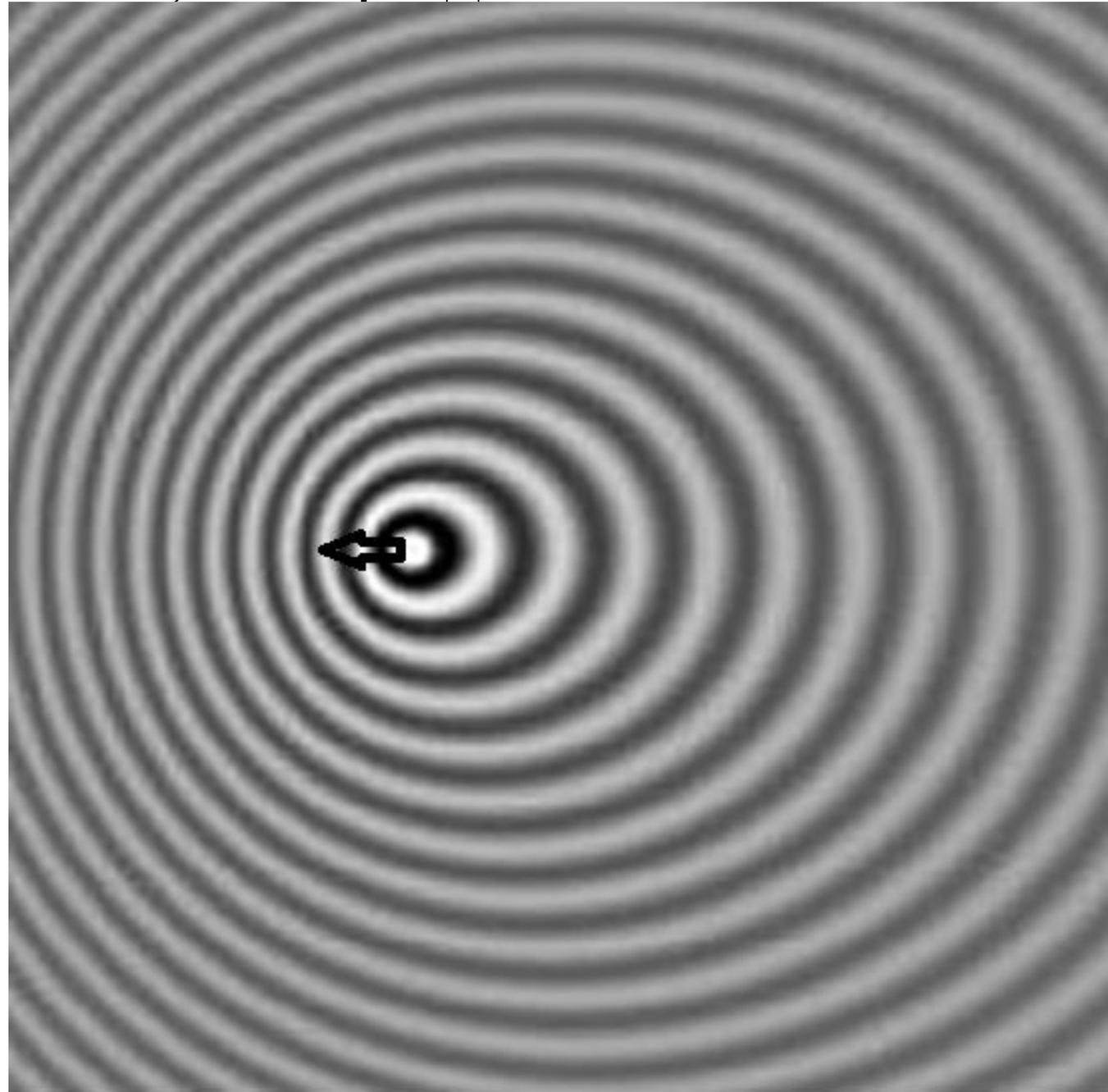
Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV = Sdz$ будет равна $dm = \rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt} \right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

Эффект Доплера. Заключается в том, что при движении источника волны относительно среды, в которой распространяется волна, длина волны - (расстояние между гребнями) уменьшается в направлении движения источника и увеличивается в противоположном направлении



Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV = Sdz$ будет равна $dm = \rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt} \right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV = Sdz$ будет равна $dm = \rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt} \right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV=Sdz$ будет равна $dm=\rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt}\right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

Механика сплошных сред (жидкостей, газов).

I. Гидростатика

1. Давление. Распределение давления в покое жидкостях и газах.

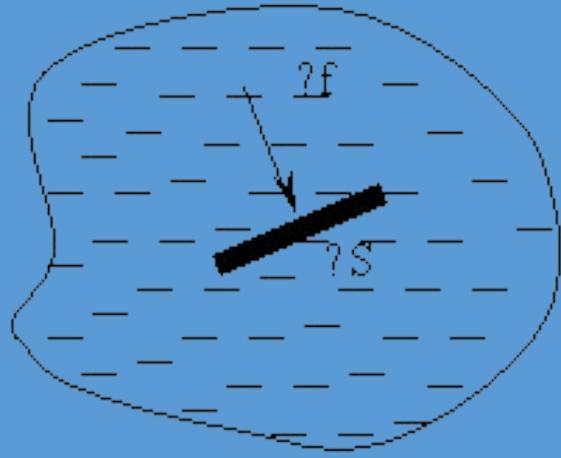
В жидкости силы, действующие между молекулами, меньше чем в твердых телах, и быстро убывают с расстоянием. В жидкости некоторая упорядоченность в расположении молекул наблюдается лишь вблизи каждой данной молекулы и в течение некоторого времени. В жидкостях равновесие между силами выполняется в среднем только для множества молекул

В газах при обычных условиях силы молекулярного взаимодействия настолько малы, что молекулы свободно и беспорядочно перемещаются по законам, близким к законам упругого удара. В газах силы взаимодействия между молекулами проявляются только при сильном их сближении.

В обычных условиях жидкости не оказывают сопротивления изменению формы, но сохраняют свой объем. Газы не сохраняют ни форму, ни объем.

Для изменения объема жидкости или газа требуются внешние силы, при этом в жидкости и газе возникают упругие силы. Эти упругие свойства характеризуются физической величиной, которая называется давление.

Рассмотрим, как действуют силы внутри жидкости или газе.



Для этого мысленно проведем в некотором объеме жидкости, находящемся в равновесии, площадку ΔS . Вследствие упругости отдельные частицы жидкости действуют друг на друга и, в частности, на ΔS с силой, зависящей от степени сжатия жидкости.

Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV = Sdz$ будет равна $dm = \rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt}\right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

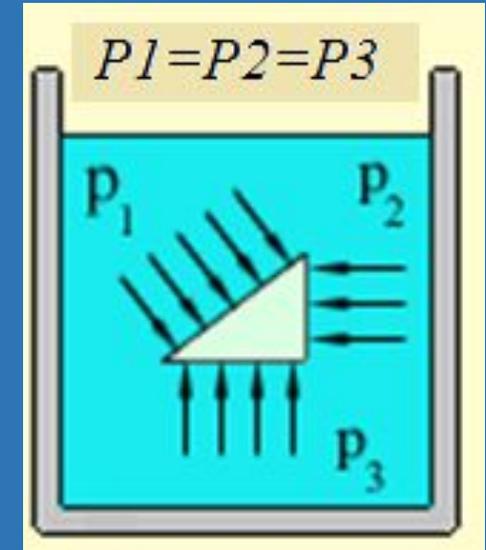
Давление – скаляр, т.к. его величина не зависит от ориентации площадки, к которой отнесено давление. Давление в газах определяется аналогично:

Единицы давления:

СИ: Н/м^2 (Па – Паскаль)

Внесистемные единицы: 1 мм. рт. ст. = 133 Па

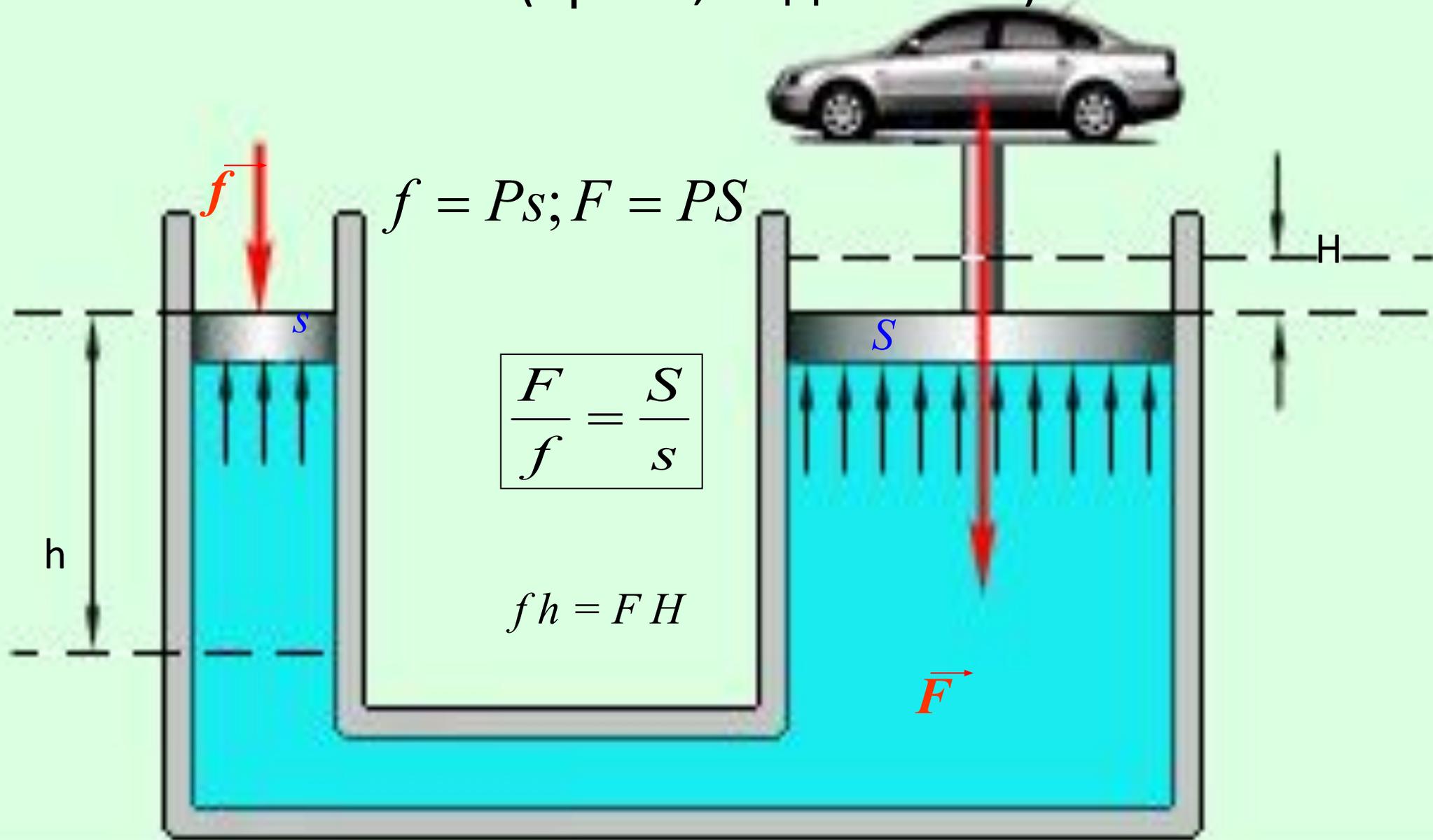
1 атм (физич.) = $1,01 \cdot 10^5$ Па = 1,033 ат (техн.)



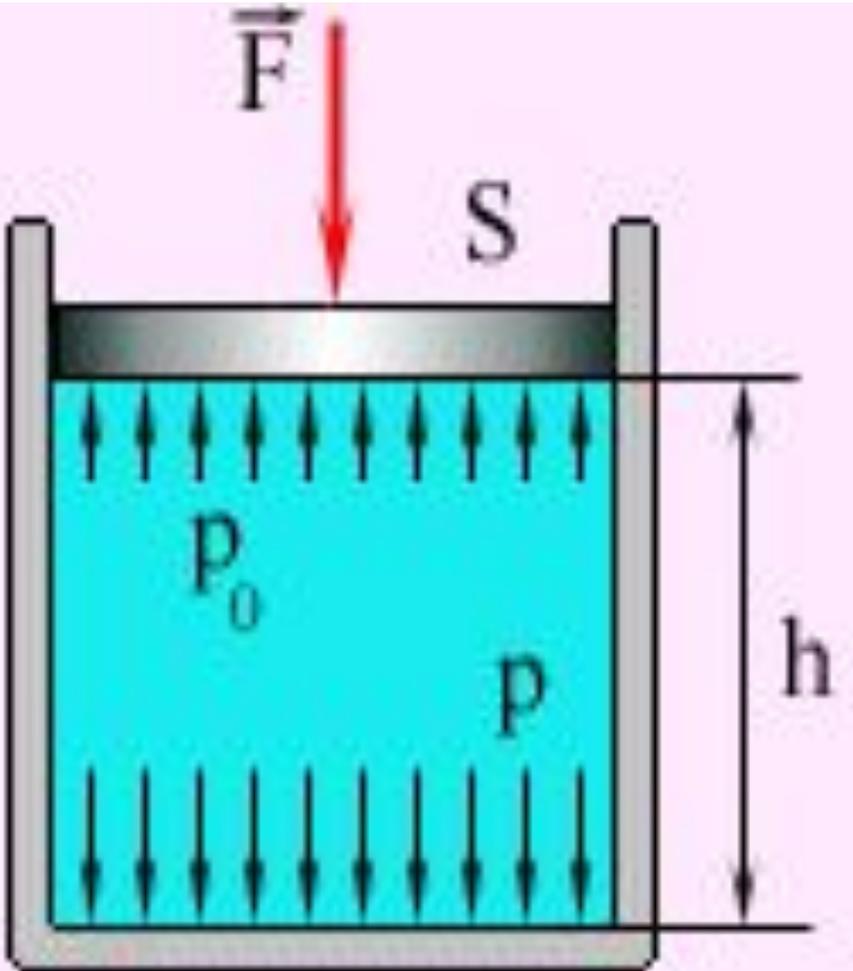
Как следствие вышеизложенного, может быть дан *закон Паскаля*:

Давление в любой точке покоящейся жидкости и газе одинаково по всем направлениям и одинаково передается во все стороны.

Гидравлическая машина (пресс, подъемник)



Давление внутри весомой жидкости (газа). Плотность жидкости – ρ . Давление, оказываемое на поверхность жидкости – $p_0 = F_0/S$. Сила, тяжести жидкости - $mg = \rho Vg = \rho ghS$. Сила, действующая на дно на глубине h :



$$F_h = F_0 + \rho ghS$$

Давление на дно на глубине h

$$P_h = F_h/S = F_0/S + \rho gh = P_0 + P_h$$

$$P = P_0 + P_h$$

Следствия:

Давление жидкости на дно не зависит от формы сосуда, а только от высоты её поверхности над дном



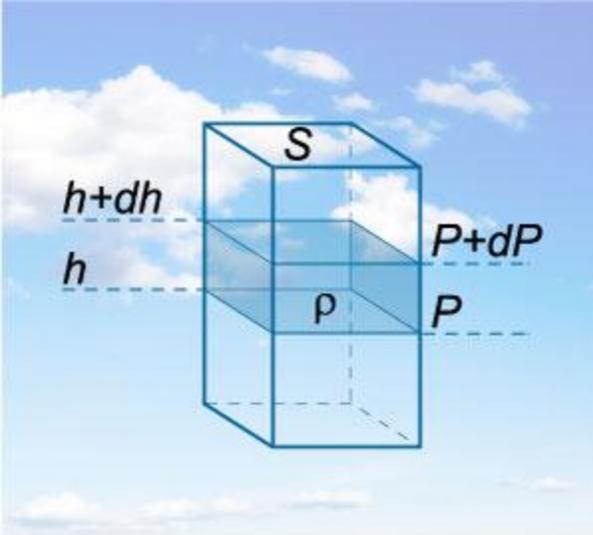
Давление на элемент боковой стенки сосуда зависит только от его глубины под поверхностью жидкости

Свободная поверхность однородной жидкости в сообщающихся сосуда устанавливается на одной высоте



4. В случае неоднородных жидкостей высоты их свободных поверхностей в сообщающихся сосудах над нулевой плоскостью обратно пропорциональны плотностям жидкостей





Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV=Sdz$ будет равна $dm=\rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt}\right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV=Sdz$ будет равна $dm=\rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt}\right)^2}{2} \quad (7.14)$$

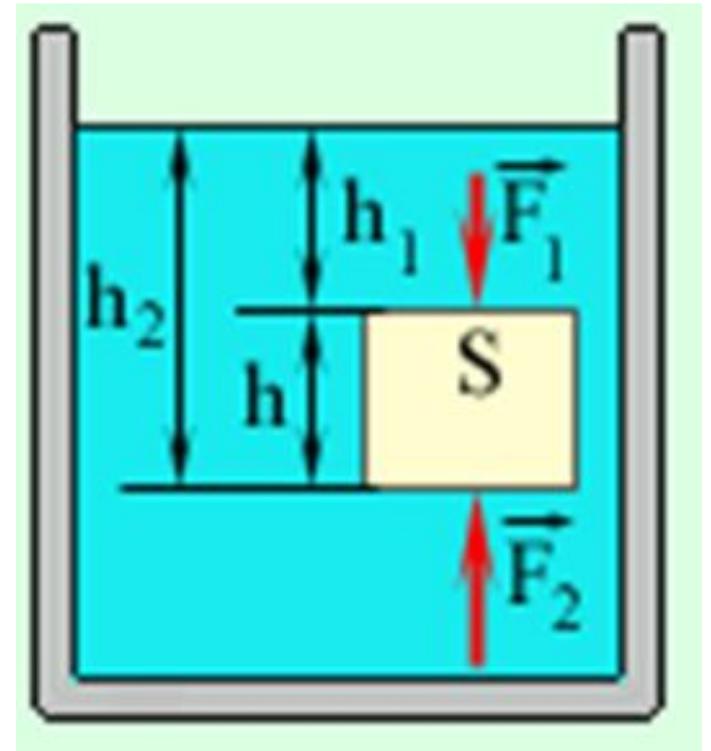
Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

Следствием неодинаковости давлений на разных уровнях в жидкостях и газах является наличие выталкивающей силы, определяемой *законом Архимеда: На тело, погруженное в жидкость или газ, и омываемое со всех сторон действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной телом жидкости или газа*

$$P_1 = \rho g h_1$$

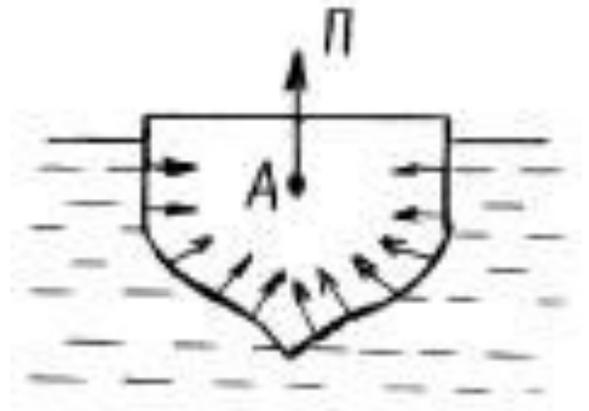
$$P_2 = \rho g h_2$$

$$F_A = \rho_{жс} V g$$



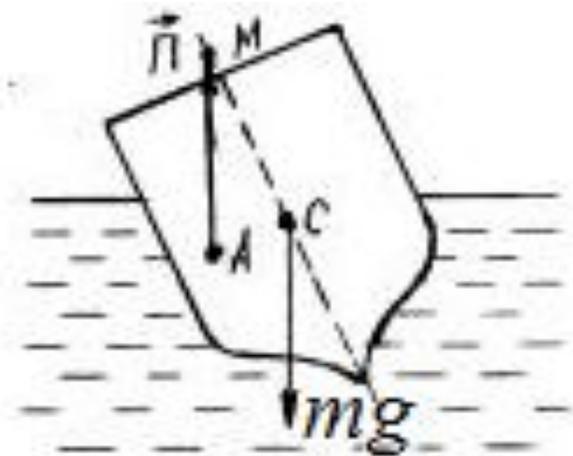
Условия плавучести:

- а) $F_a > mg$ – тело плавает на поверхности;
- б) $mg > F_a$ – тело тонет;
- в) $mg = F_a$ – безразличное состояние;



Мерой плавучести корабля при заданной осадке является водоизмещение корабля (объем вытесненной кораблем воды).

Плавучестью корабля П называется равнодействующая элементарных сил, действующих на поверхность днища корабля. точка А называется центр величины. Центр величины совпадает с центром тяжести вытесненной жидкости, если ее поместить в корпус корабля

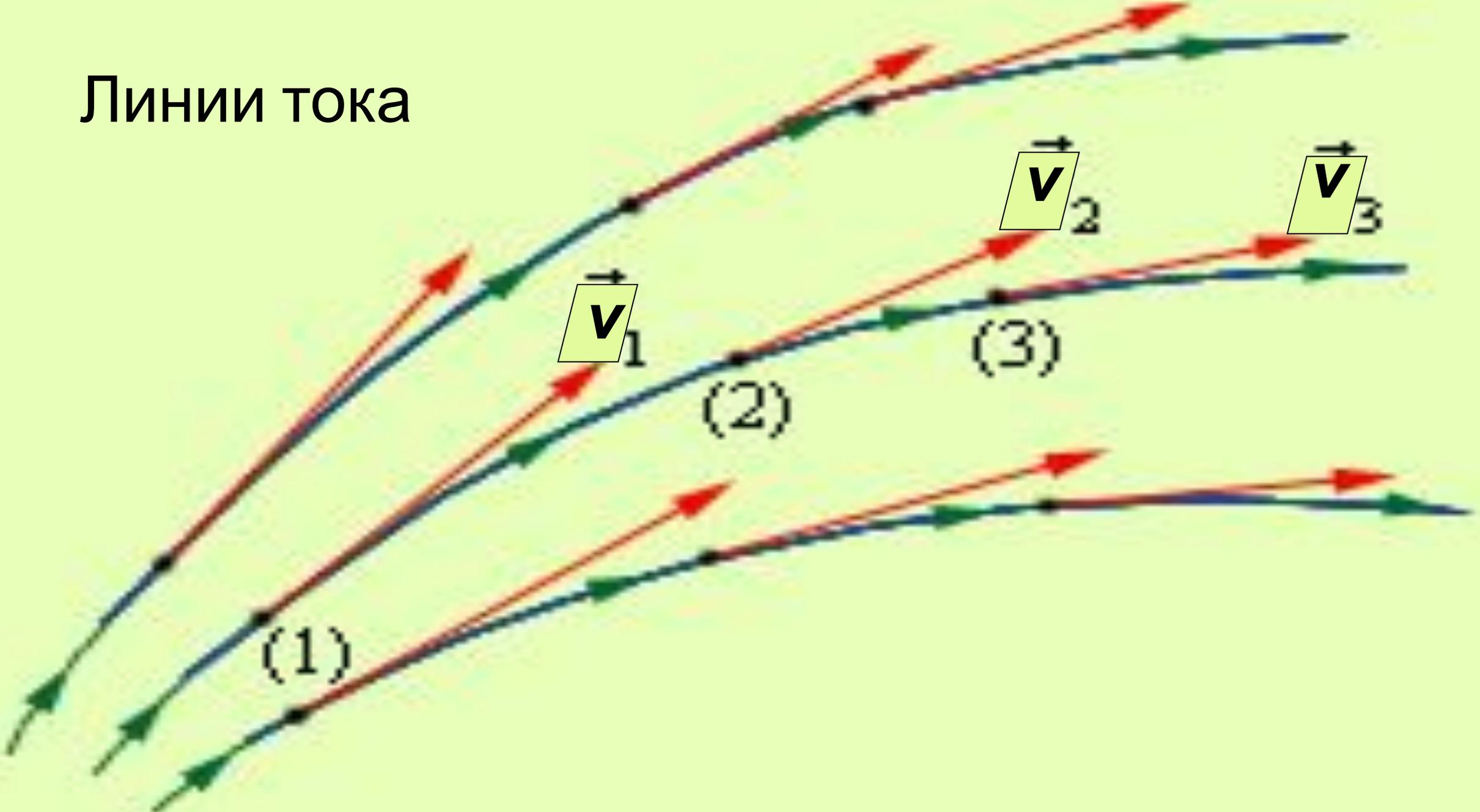


II. Гидро-аэродинамика.

Состояние движения жидкости можно определить, указав для каждой точки пространства вектор скорости. Совокупность векторов, заданных для всех точек пространства, называется полем скоростей. Поле скоростей изображают следующим образом: проводят в движущейся жидкости линии так, чтобы касательные к ним в каждой точке совпадали по направлению с вектором скорости - v . Линия, в каждой точке которой вектор скорости направлен по касательной, называется ***линией тока***.

Линии тока проводят так, чтобы густота их была пропорциональна величине скорости в данном месте.

Линии тока

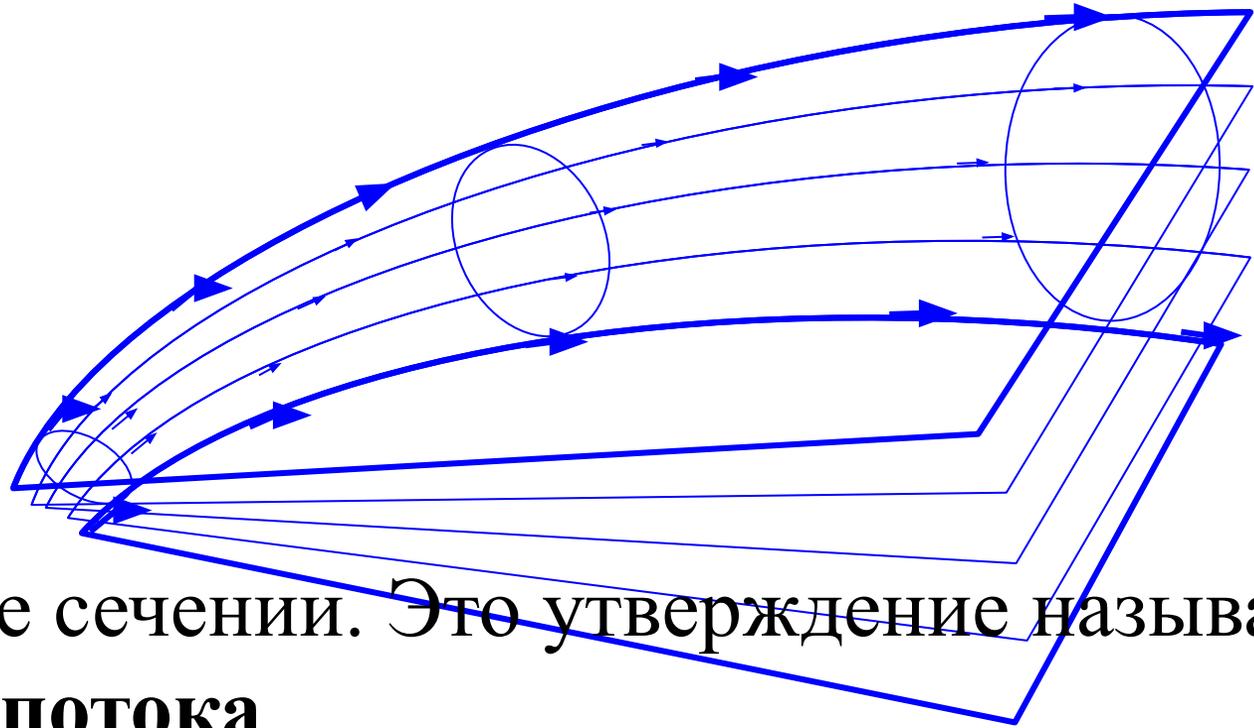


Если линии тока не меняются со временем, течение жидкости называют **стационарным**. При стационарном течении линии тока совпадают с траекториями отдельных частиц

Трубка тока. Часть потока, ограниченная линиями тока, называется трубкой тока.

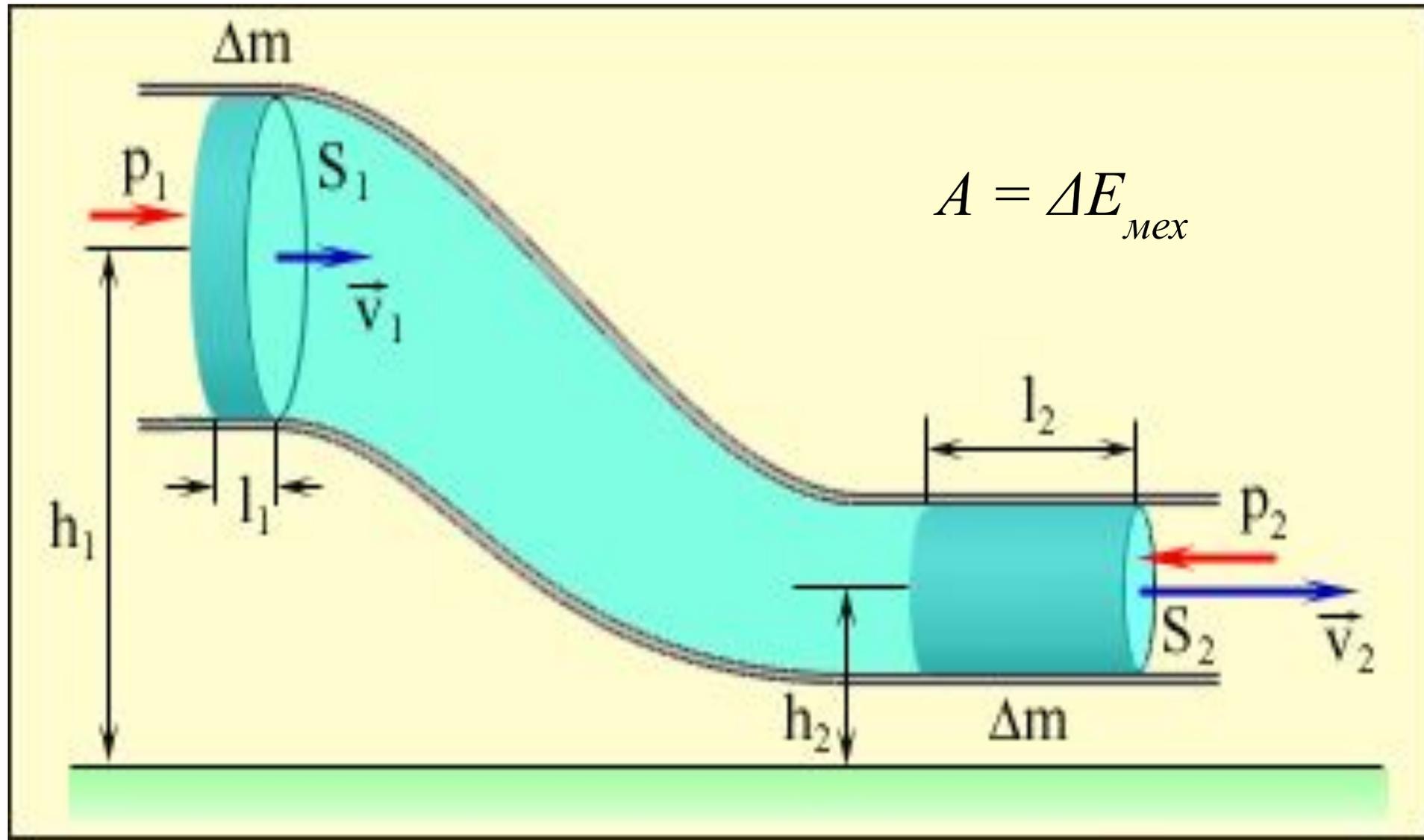
В случае стационарного течения, масса жидкости, проходящей через любую трубку тока

будет одинакова в любом ее сечении. Это утверждение называется условием **неразрывности потока**



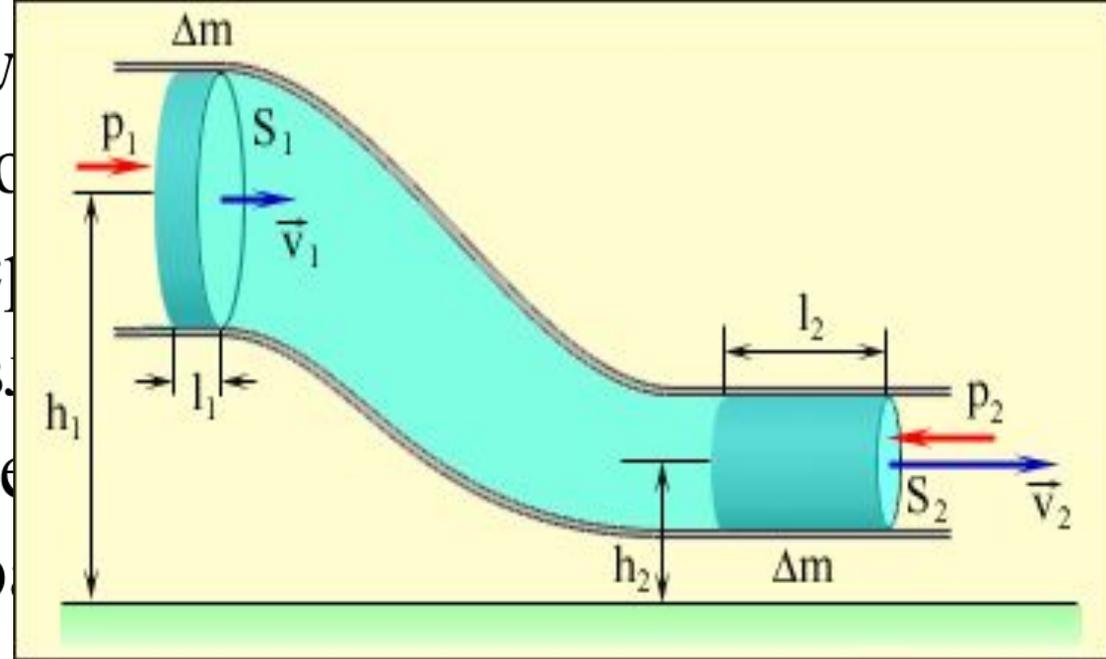
Если сечение трубки тока изменяется, то из условия неразрывности следует: $\rho_1 S_1 v_1 = \rho_2 S_2 v_2$. Для несжимаемой жидкости ρ – неизменно, следовательно, $vS = \text{const}$. Заметим, что изменение площади сечения трубки приводит к изменению скорости течения. При этом изменяется кинетическая энергия движущейся жидкости. В общем случае может изменяться и ее потенциальная энергия. При этом из закона сохранения полной энергии следует **Уравнение Бернулли**.

Уравнение Бернулли. Распространенное явление, когда сечение и высота пролегания трубки с текущей жидкостью изменяются вдоль трубки. На рисунке показан такой случай.



Энергия вол

Колеблющиеся частицы среды, в кото
волна, обладают энергией. Выделим в с
площадью S , перпендикулярной направ
волны, и длиной dz и вычислим заключе
вещества в этом объеме $dV = Sdz$ будет р
плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения
частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется
волновым уравнением (7.12)



Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt} \right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV=Sdz$ будет равна $dm=\rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt}\right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV = Sdz$ будет равна $dm = \rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt} \right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

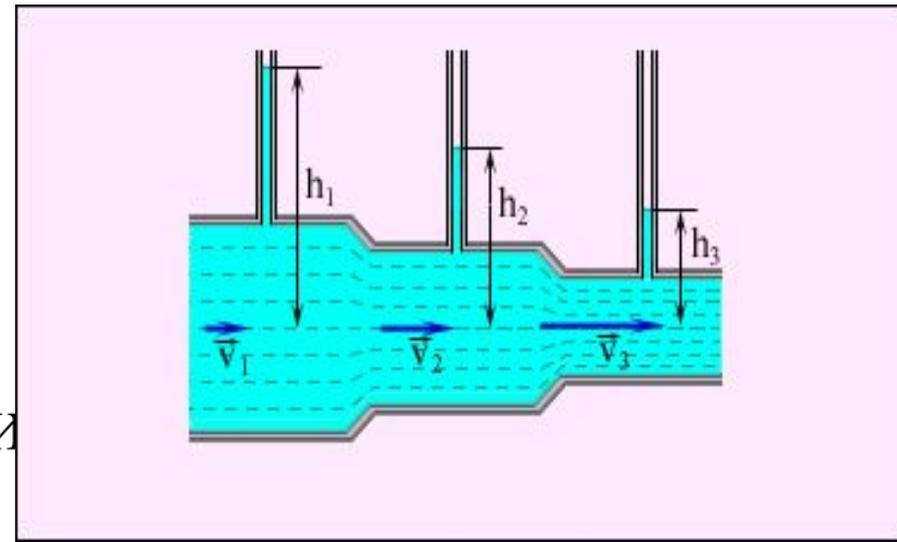
Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV=Sdz$ будет равна $dm=\rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

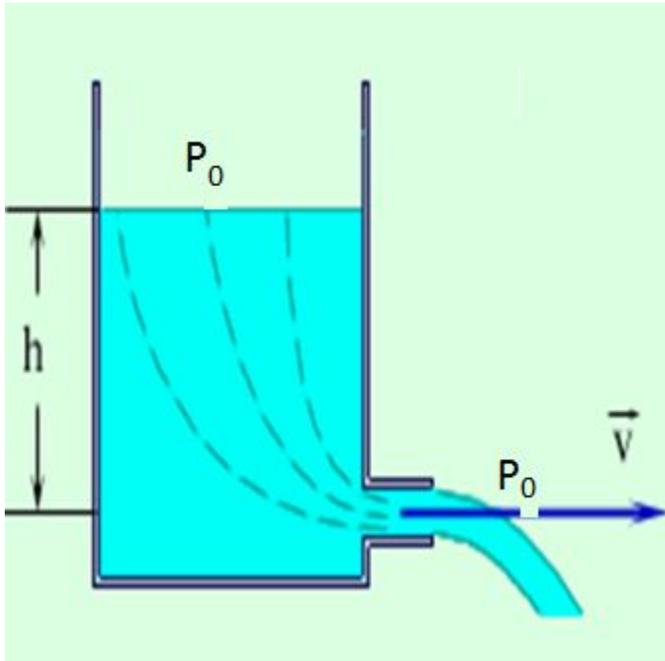
Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm}{2} \left(\frac{dx}{dt} \right)^2$$

Скорость колебательного движения частиц



3. Скорость истечения из отверстия. Имеем емкость с жидкостью и отверстием, через которое вытекает жидкость



Требуется определить скорость истечения из этого отверстия. В данном случае давления P_1 и P_2 одинаковы и равны атмосферному ($P_1 = P_2 = P_0$). Напишем уравнение Бернулли для любой трубки тока:

Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV = Sdz$ будет равна $dm = \rho dV$, где ρ — плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm}{2} \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

Пологая $v_2 \gg v_1$ и отбросив член $\rho v_1^2/2$ получим

Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV = Sdz$ будет равна $dm = \rho dV$, где ρ — плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm}{2} \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

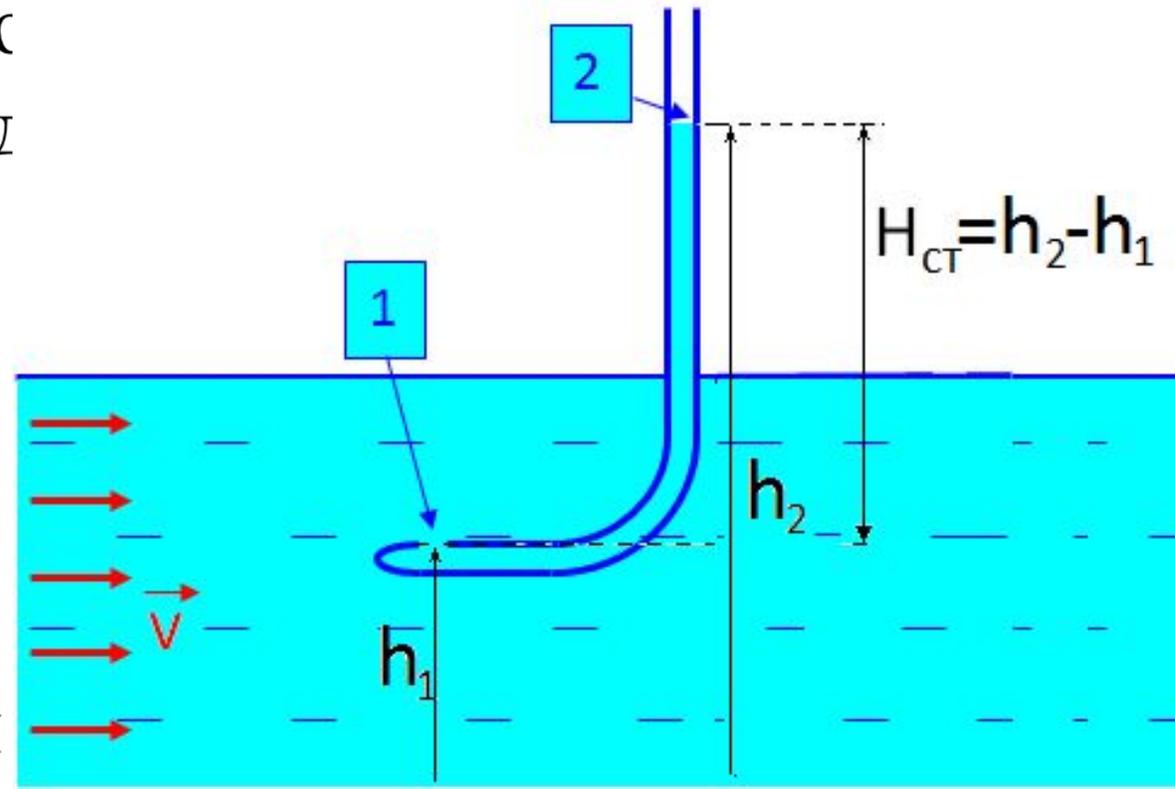
Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV=Sdz$ будет равна $dm=\rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц описывается волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm}{2} \left(\frac{dx}{dt} \right)^2$$

Скорость колебательного движения



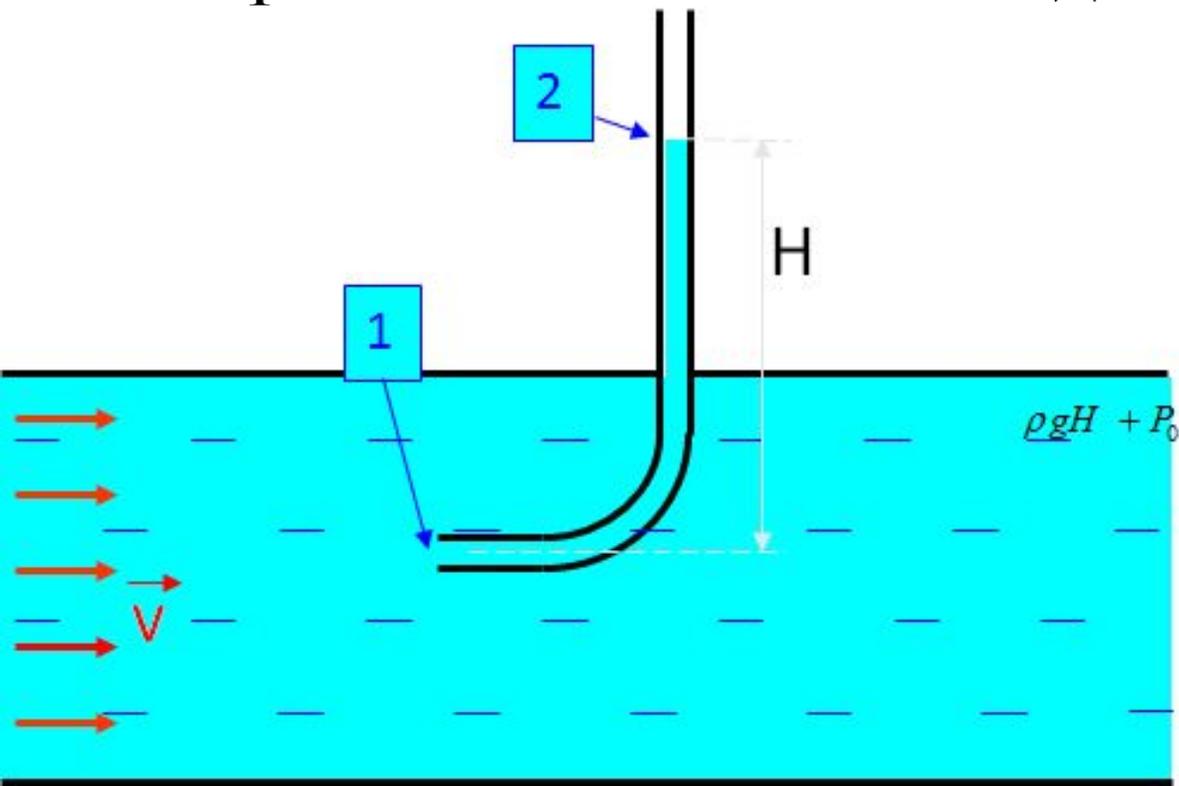
Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV = Sdz$ будет равна $dm = \rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt}\right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt



Энергия волны

Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV = Sdz$ будет равна $dm = \rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{dm \left(\frac{dx}{dt}\right)^2}{2} \quad (7.14)$$

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt

Энергия волны

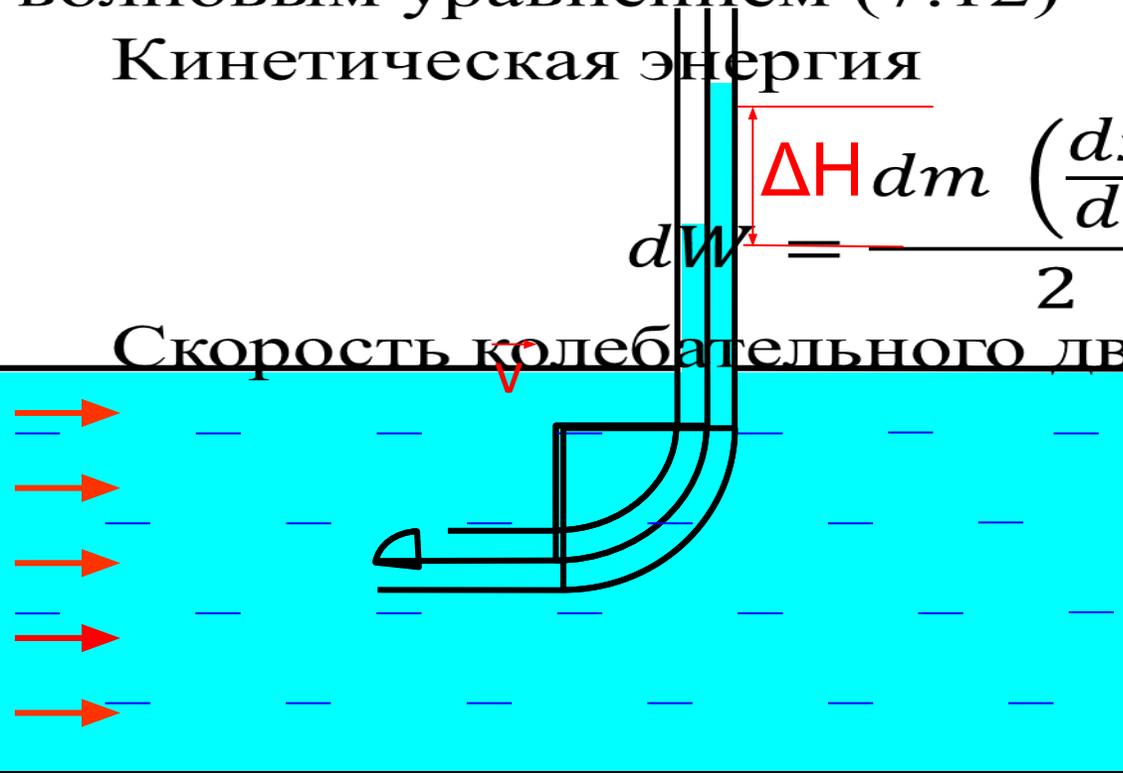
Колеблющиеся частицы среды, в которой распространяется волна, обладают энергией. Выделим в среде малый объем с площадью S , перпендикулярной направлению распространения волны, и длиной dz и вычислим заключенную в нем энергию. Масса вещества в этом объеме $dV = Sdz$ будет равна $dm = \rho dV$, где ρ – плотность среды. Подсчитаем энергию колебательного движения частиц в этом объеме. Колебательное движение частиц определяется волновым уравнением (7.12)

Кинетическая энергия

$$dW = \frac{\Delta H dm \left(\frac{dx}{dt}\right)^2}{2}$$

(7.14)

Скорость колебательного движения частиц среды - dx/dt



Трубка Прандтля-Пито на самолете

