Работа и энергия

- *Работой* силы на перемещении называется *проекция этой силы на направление перемещения, умноженная на величину перемещения*:*Рис. 9α*, (1.28)
- где α – угол между векторами силы и перемещения (рис. 9). Величина в (1.28) предполагается бесконечно малой, поэтому называется также *элементарной работой*.

- При конечном перемещении точки вдоль некоторой кривой *L* работа определяется следующим образом. Траектория разбивается на бесконечно малые элементы, на каждом из которых вычисляется элементарная работа по формуле (1.28), а затем все элементарные работы складываются. Эта сумма в пределе, когда длины элементарных перемещений стремятся к нулю, а их число к бесконечности есть по определению *работа силы вдоль кривой L.* В математике такой предел называется *криволинейным интегралом* вектора вдоль кривой *L*. Таким образом:
- (1.29)

- Единицей работы в СИ является *джоуль* (Дж) (1 Дж = 1 Н·м). Работа, совершенная за небольшой промежуток времени и отнесенная к этому промежутку называется *мощностью*:
- .
  (1.30)
- Она измеряется в системе СИ в *ваттах* (Вт) (1 Вт = 1 Дж/с).

- Используя второй закон Ньютона в виде , равенство и соотношение , которое получается при дифференцировании тождества , получим из (1.29):
- . (1.31)
- Величина
- (1.32)
- называется кинетической энергией материальной точки. Используя это определение можно записать (1.31) в виде:
- , (1.33)

  α*z*1-*z*2*z*2*z*Рис. 10*z*1
- т.е. *работа силы при перемещении материальной точки равна приращению кинетической энергии этой точки*.

- Этот результат очевидно обобщается на случай произвольной механической системы. Написав соотношения (1.33) для всех точек системы, а затем сложив эти соотношения, получим, *что работа всех сил, действующих на механическую систему, равна приращению кинетической энергии системы*. Отметим, что в отличие от полного импульса, приращение которого определяется только внешними силами, действующими на систему (1.26), приращение кинетической энергии определяется работой не только внешних, но и внутренних сил.

- Рассмотрим работу постоянной по величине и направлению силы, например, силы тяжести (рис. 10). Элементарная работа на перемещении :
- , (1.34)
- где *z*1 и *z*2 – высоты (вертикальные координаты) начальной и конечной точек пути

- Разбивая теперь перемещение вдоль произвольной кривой на элементарные участки, применяя к каждому формулу (1.34) и складывая элементарные работы, получим, что работа силы тяжести (как и любой постоянной силы) *не зависит от формы пути, а определяется только начальным и конечным положением перемещающейся точки*. Можно показать, что аналогичным свойством обладает и любая *центральная* сила. (Т. е. сила, направленная всюду к одной и той же точке и зависящая только от расстояния от этой точки.)

- Вообще, силы для которых работа не зависит от пути, вдоль которого происходит перемещение точки, а определяется только начальным и конечным ее положениями называются *консервативными* или *потенциальными*. Соответственно, силы, для которых работа зависит от пути, называются *неконсервативными* или *диссипативными*.

- Работа любой консервативной силы вдоль пути от точки до точки может быть представлена в виде
- (1.34)
- где - некоторая функция положения точки. Эта функция называется *потенциальной энергией* материальной точки. То есть, *работа консервативной силы равна убыли потенциальной энергии точки*. Объединяя этот результат с (1.33), получим:
- или .
- Сумма кинетической и потенциальной энергии называется *полной энергией* точки:
- .
- Таким образом, , или
- (1.35)

- Закон сохранения (1.35) можно обобщить на случай произвольной механической системы. Если внутренние и внешние силы в системе консервативны, их работа определяется только начальной и конечной конфигурациями механической системы. В этом случае можно ввести (аналогично (1.34)) потенциальную энергию , зависящую только от радиус-векторов точек механической системы и из (1.33) получить **закон сохранения энергии в механике**:
- , (1.36)
- т. е. *в системе тел, между которыми действуют только консервативные силы, полная энергия не изменяется со временем*.

- Если в системе действуют диссипативные силы, такие как, например, силы трения, ее полная энергия не сохраняется. Однако опыт показывает, что всякий раз, когда изменяется полная энергия, в системе происходят какие-то внутренние изменения. Например, выделяется или поглощается тепло, звуковые или электромагнитные волны. Оказывается, со всеми известными на сегодня процессами можно связать «виды» или «формы» энергии – дополнительные слагаемые в (1.36), с учетом которых это равенство оказывается верным в любой ситуации. В этом заключается универсальный, общефизический **закон сохранения энергии** – *энергия не исчезает и не появляется, она только переходит из одного вида в другой*.