

Физика 10 класс

Дистанционные уроки на неделю с 20 по 24 апреля 2020, 2 часа в неделю

Учитель физики информатики Гаджиагаев Тагир Гаджиагаевич

Учебник Мякишев, Буховцев Физика 10 класс

**Внимание! Ответы на вопросы и задания оформлять письменно в рабочих тетрадях.
Работы будут проверены**

1 занятие

§ 49 Работа силы тяжести, стр 126-128,

Задание: Прочитать параграф

2 занятие

§ 50 Работа силы упругости , стр 128-130

Задание: Прочитать параграф, ответить на вопросы в конце параграфа

$$A = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k.$$

(6.11)

Равенство (6.11) выражает теорему об изменении кинетической энергии: изменение кинетической энергии (материальной точки) за некоторый промежуток времени равно работе, совершенной за это же время силой, действующей на тело.

Кинетическая энергия зависит только от масс и скоростей тел. Как мы увидим дальше, полная механическая энергия системы зависит от скоростей тел и расстояний между ними. Для того чтобы вычислить ту часть энергии, которая зависит от расстояний между телами, нужно предварительно рассмотреть работу силы тяжести и силы упругости.

Движущееся тело обладает кинетической энергией. Эта энергия равна работе, которую надо совершить, эта увеличить скорость тела от нуля до значения v .

?

1. От чего зависит механическая энергия системы тел?
2. Начертите график изменения кинетической энергии в зависимости от модуля скорости.
3. На тело, имевшее скорость $\vec{v}_0$ начала действовать сила, направление которой противоположно направлению скорости. Через некоторое время направление скорости изменилось на противоположное, и затем ее модуль стал таким же, какими он был вначале. Какую работу совершила сила за это время?
4. Три тела массами m_1 , m_2 и m_3 имеют скорости $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$ и $\vec{v}_3$. Запишите выражение для кинетической энергии системы трех тел.
5. Зависит ли кинетическая энергия от выбора системы отсчета?

§ 49 РАБОТА СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

Вычислим работу, используя не второй закон Ньютона, а явное выражение сил взаимодействия между телами в зависимости от расстояний между ними. Это позволит нам ввести понятие потенциальной энергии, зависящей не от скоростей тел, а от расстояний между телами (или от расстояний между частями одного и того же тела).

Вычислим работу силы тяжести при падении тела (например, камня) вертикально вниз. В начальный момент времени тело находилось на высоте h_1 над поверхностью Земли, а в конечный момент времени — на высоте h_2 (рис. 109). Модель перемещения тела $|\Delta \vec{r}| = h_1 - h_2$.

Направления силы тяжести $\vec{F}_r$ и перемещения $\Delta \vec{r}$

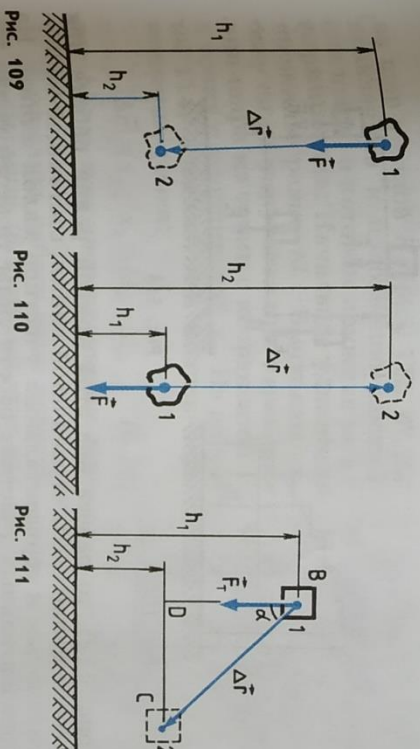


Рис. 109

Рис. 110

Рис. 111

совпадают. Согласно определению работы [см. формулу (6.2)] имеем

$$A = F_r |\Delta \vec{r}| \cos 0^\circ = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2. \quad (6.12)$$

Пусть теперь тело брошено вертикально вверх из точки, расположенной на высоте h_1 над поверхностью Земли, и достигает высоты h_2 (рис. 110). Векторы $\vec{F}_r$ и $\Delta \vec{r}$ направлены в противоположные стороны, а модуль перемещения $|\Delta \vec{r}| = h_2 - h_1$. Работа силы тяжести запишется так:

$$A = F_r |\Delta \vec{r}| \cos 180^\circ = mg(h_2 - h_1)(-1) = mgh_1 - mgh_2. \quad (6.13)$$

Если тело перемещается по прямой так, что направление перемещения составляет угол α с направлением силы тяжести (рис. 111), то работа силы тяжести равна:

$$A = F_r |\Delta \vec{r}| \cos \alpha = mg |\vec{BC}| \cos \alpha.$$

Из прямоугольного треугольника BDC видно, что $|\vec{BC}| \cos \alpha = |BD| = h_1 - h_2$. Следовательно,

$$A = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2. \quad (6.14)$$

Формулы (6.12), (6.13), (6.14) дают возможность подметить важную закономерность. При произвольном движении тела работа силы тяжести в каждом случае равна разности двух значений величин, зависящих от положения тела в начальный и конечный моменты времени. Эти положения определяются высотами h_1 и h_2 тела над поверхностью Земли.

Более того, работа силы тяжести при перемещении тела массой m из одного положения в другое не зависит от формы траектории, по которой движется тело. Действительно, если тело перемещается вдоль кривой BC

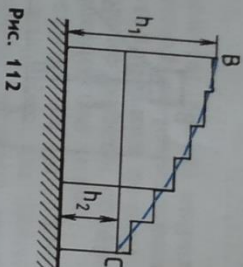


Рис. 112

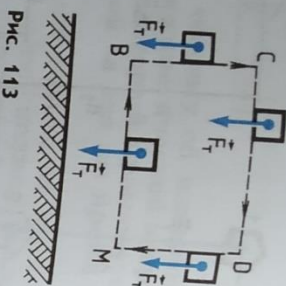


Рис. 113

(рис. 112), то работа над этой кривой равна работе при перемещении вдоль ступенчатой линии, состоящей из вертикальных и горизонтальных участков малой длины. На горизонтальных участках работа силы тяжести равна нулю, так как сила перпендикулярна перемещению, а суммарно совершила бы сила тяжести равна работе, которую совершила бы сила тяжести при перемещении тела по вертикальной прямой длиной $h_1 - h_2$. Таким образом, работа при перемещении вдоль кривой BC равна:

$$A = mgh_1 - mgh_2. \quad (6.15)$$

При движении тела по замкнутой траектории работа силы тяжести равна нулю. В самом деле, пусть тело движется по замкнутому контуру BCDMB (рис. 113). На участках BC и DM сила $\vec{F}$ совершает работы, равные по абсолютной величине, но противоположные по знаку. Сумма этих работ равна нулю. Следовательно, равна нулю и работа на всем замкнутом контуре. Силы, обладающие такими свойствами, называются *сервационными*.

Итак, работа силы тяжести не зависит от формы траектории тела; она определяется лишь начальным и конечным положениями тела. При перемещении тела по замкнутой траектории работа силы тяжести равна нулю.

§ 50 РАБОТА СИЛЫ УПРУГОСТИ

Подобно силе тяжести, сила упругости тоже является консервативной. Чтобы убедиться в этом, вычислим работу, которую совершает пружина при перемещении груза.

На рисунке 114, а показана пружина, у которой один конец закреплен неподвижно, а к другому концу прикреплен шар. Если пружина растянута, то она действует

на шар с силой $\vec{F}_1$ (рис. 114, б), направленной к положению равновесия шара, в котором пружина не деформирована. Начальное удлинение пружины равно Δl_1 . Вычислим работу силы упругости при перемещении шара из точки с координатой x_1 в точку с координатой x_2 . Из рисунка 114, в видно, что модуль перемещения равен:

$$|\Delta \vec{r}| = x_1 - x_2 = \Delta l_1 - \Delta l_2, \quad (6.16)$$

где Δl_2 — конечное удлинение пружины.

Вычислить работу силы упругости по формуле (6.2) нельзя, так как эта формула справедлива лишь для постоянной силы, а сила упругости при изменении деформации пружины не остается постоянной. Для вычисления работы воспользуемся графиком зависимости модуля силы упругости от координаты шара (рис. 115). Разобьем отрезок BM на столь малые элементы Δx , чтобы считать каждый из них постоянным. Исползуя этот прием, который мы применили для вывода формулы зависимости координат от времени при движении с постоянным ускорением, можно доказать, что работа силы упругости при перемещении $|\Delta \vec{r}| = x_1 - x_2$ численно равна площади трапеции BCDM. Следовательно,

$$A = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot |\Delta \vec{r}|. \quad (6.17)$$

Согласно закону Гюка $F_1 = k\Delta l_1$ и $F_2 = k\Delta l_2$. Подставляя эти выражения для сил в уравнение (6.17) и учитывая, что $|\Delta \vec{r}| = \Delta l_1 - \Delta l_2$, получим

$$A = \frac{k\Delta l_1 + k\Delta l_2}{2} (\Delta l_1 - \Delta l_2) = \frac{k[(\Delta l_1)^2 - (\Delta l_2)^2]}{2}.$$

Или окончательно

$$A = \frac{k(\Delta l_1)^2}{2} - \frac{k(\Delta l_2)^2}{2}. \quad (6.18)$$

Мы рассмотрели случай, когда направления силы упругости и перемещения тела совпадают. Можно было бы найти работу силы упругости, когда ее направление противоположно перемещению тела или составляет с ним

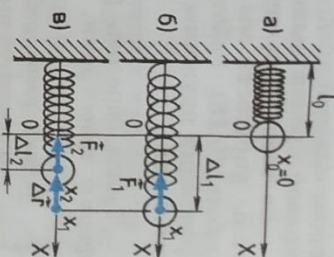


Рис. 114

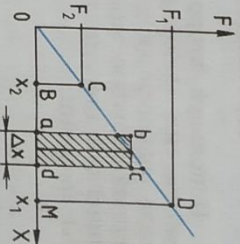


Рис. 115

произвольный угол, а также при перемещении тела вдоль кривой произвольной формы.

Во всех этих случаях движения тела под действием силы упругости мы пришли бы к той же формуле для работы (6.18). Работа сил упругости зависит лишь от деформаций пружины Δl_1 и Δl_2 в начальном и конечном состояниях.

Таким образом, работа сил упругости не зависит от формы траектории.

- ?
1. Чему равна работа сил упругости при перемещении тела по замкнутой траектории?
 2. Какие силы называют консервативными?

§ 51 ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

Используя второй закон Ньютона, мы доказали, что работа сил любой природы может быть представлена в виде разности двух значений некоторой величины, зависящей от скорости, — разности между значениями кинетической энергии тела в конечный и начальный моменты времени:

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \Delta E_k. \quad (6.19)$$

Если же силы взаимодействия между телами являются консервативными, то, используя явные выражения для сил, мы показали (см. § 49 и 50), что работу можно так же представить в виде разности двух значений величины, зависящей от взаимного расположения тел (или частей одного тела):

$$A = mgh_1 - mgh_2 \quad (\text{для сил тяжести}),$$

$$A = \frac{k\Delta l_1^2}{2} - \frac{k\Delta l_2^2}{2} \quad (\text{для сил упругости}). \quad (6.20)$$

Здесь высоты h_1 и h_2 определяют взаимное расположение тела и Земли, а Δl_1 и Δl_2 — взаимное расположение маховой деформированной пружины или величины деформации любого упругого тела.

Величину, равною произведению массы тела m на высоту свободного падения g и на высоту h тела над поверхностью Земли, называют потенциальной энергией взаимодействия тела и Земли (от латинского слова «потенция» — положение, возможность). Условимся обозначать потенциальную энергию буквой E_p :

$$E_p = mgh. \quad (6.21)$$

Величину, равною половине произведения коэффициента упругости k тела на квадрат деформации Δl , называют потенциальной энергией упруго деформированного тела

$$E_p = \frac{1}{2} k\Delta l^2. \quad (6.22)$$

В обоих случаях потенциальная энергия определяется расположением тел системы или частей одного тела относительно друг друга.

Введя понятие потенциальной энергии, мы получили возможность выразить работу любых консервативных сил через изменение потенциальной энергии. Под изменением величины понимают разность между ее конечным и начальным значениями, поэтому $\Delta E_p = E_{p2} - E_{p1}$. Следовательно, уравнения (6.20) можно записать так:

$$A = E_{p1} - E_{p2} = (-E_{p2} - E_{p1}) = -\Delta E_p. \quad (6.23)$$

Эта формула позволяет дать общее определение потенциальной энергии. Потенциальной энергией системы называется зависящая от положения тел величина, изменение которой при переходе системы из начального состояния в конечное равно работе внутренних консервативных сил системы, взятой с противоположным знаком. Знак «минус» в формуле (6.23) не означает, что работа консервативных сил всегда отрицательна. Он означает лишь, что изменение потенциальной энергии и работа сил в системе всегда имеют противоположные знаки. Например, при падении камня на Землю его потенциальная энергия убывает ($\Delta E_p < 0$), но сила тяжести совершает положительную работу ($A > 0$). Следовательно, A и E_p имеют противоположные знаки в соответствии с формулой (6.23). Противоположные знаки в соответствии с формулой (6.23).

Нулевой уровень потенциальной энергии. Согласно уравнению (6.23) работа сил взаимодействия определяет не саму потенциальную энергию, а ее изменение.

Поскольку работа определяет лишь изменение потенциальной энергии, то только изменение энергии в механике имеет физический смысл. Поэтому можно произвольно выбрать состояние системы, в котором ее потенциальная энергия считается равной нулю. Этому состоянию соответствует нулевой уровень потенциальной энергии. Ни одно явление в природе или технике не отличается значением самой потенциальной энергии. Важно лишь разность значений потенциальной энергии в конечном и начальном состояниях систем тел.

Выбор нулевого уровня производится по-разному и для разных исключительных обстоятельств, т. е. формулы записи уравнения, выражающего закон сохранения энергии.

