

## Физика 10 класс

Дистанционные уроки на неделю с 13 по 17 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

§ 47 Энергия, стр 123-124,

Задание : Прочитать параграф

2 занятие

§ 48 Кинетическая энергия и ее изменение , стр 124-126

Задание : Прочитать параграф, ответить на вопросы в конце параграфа

Очевидно, что площадь прямоугольника, заштрихованного на рисунке 107, численно равна работе при перемещении тела из точки с координатой  $x_1$  в точку с координатой  $x_2$ .

**Единица работы.** Единицу работы можно установить с помощью основной формулы (6.2). Если при перемещении тела на единицу длины на него действует сила, модуль которой равен единице, и направление совпадает с направлением перемещения ( $\alpha=0$ ), то и работа будет равна единице. В Международной системе единиц (СИ) работа измеряется в джоулях (обозначается Дж):

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Итак, джоуль — это работа, совершаемая силой 1 Н на перемещении 1 м, если направления силы и перемещения совпадают.

Часто используют кратную единицу работы — килоджоуль:

$$1 \text{ кДж} = 1000 \text{ Дж}.$$

Приведено определение работы силы  $\vec{F}$  при перемещении тела на  $\Delta\vec{r}$ , составляющем угол  $\alpha$  с направлением силы:  $A = F|\Delta\vec{r}| \cdot \cos \alpha$ .

- ?
1. Дайте определение работы в механике.
  2. Может ли совершать работу сила трения покоя?
  3. Приведите пример, когда сила трения скольжения совершает положительную работу.
  4. Как определяется единица работы?

#### § 46 МОЩНОСТЬ

Очень часто важно знать не только работу, но и время, в течение которого она произведена. Поэтому надо ввести еще одну величину — мощность.

Работа может быть совершена как за большой промежуток времени, так и за очень малый. На практике, однако, далеко не безразлично, быстро или медленно может быть произведена работа. Временем, в течение которого совершается работа, определяют производительность любого двигателя. Очень большую работу может совершить и крошечный электромоторчик, но для этого понадобится много времени. Поэтому наряду с работой вводят величину, характеризующую быстроту, с которой она производится, — мощность.

**Мощностью** называют отношение работы  $A$  к интервалу времени  $\Delta t$ , за который эта работа совершена:

$$N = \frac{A}{\Delta t}. \quad (6.4)$$

122

$k \text{ Вт} = 1/\text{с}$

Иными словами, мощность численно равна работе, совершенной в единицу времени.

Подставляя вместо работы  $A$  ее выражение (6.2), получим

$$N = F \frac{|\Delta\vec{r}|}{\Delta t} \cos \alpha = Fv \cos \alpha. \quad (6.5)$$

Таким образом, мощность равна произведению модуля вектора силы на модуль вектора скорости и на косинус угла между направлениями этих векторов.

В СИ мощность выражается в ваттах (Вт). Мощность равна 1 Вт, если работа 1 Дж совершается за 1 с.

Наряду с ваттом используются более крупные (кратные) единицы мощности:

$$\begin{aligned} 1 \text{ гВт (гектоватт)} &= 100 \text{ Вт}, \\ 1 \text{ кВт (киловатт)} &= 1000 \text{ Вт}, \\ 1 \text{ МВт (мегаватт)} &= 1\,000\,000 \text{ Вт}. \end{aligned}$$

Мощность можно повысить как за счет увеличения действующих сил, так и за счет увеличения скорости движения.

#### § 47 ЭНЕРГИЯ

Если система тел может совершить работу, то мы говорим, что она обладает энергией.

Для совершения работы необходимо, чтобы на движущееся тело все время действовала та или иная сила. Тепловые двигатели обеспечивают действие силы до тех пор, пока не кончается топливо, а электродвигатель — до тех пор, пока к нему подводится ток. Однако эти двигатели представляют собой сложные системы и в механике не изучаются.

Рассмотрим простые системы движущихся тел, взаимодействующих между собой посредством сил тяготения и способных в той или иной мере деформироваться. (Пружина или резиновый шнур деформируются значительно, а камень, дерево, металл — столь мало, что их деформациями обычно можно пренебречь.) Будем считать, что никаких химических превращений тел не происходит и что в системе нет заряженных тел и электрических токов.

Тогда легко обнаружить, что поднятые над землей грузы, а также устройства, имеющие сжатые пружины, способны действовать на движущееся тело и совершать работу лишь в течение определенного промежутка времени. Рано или поздно пружина распрямится, а груз опустится на землю и силы перестанут совершать работу.

123

2020/4/9 16:23

Совершение работы не проходит для системы тел бесследно. Рассмотрим, например, часы с пружинным механизмом. При заводе часов состояние системы (часового механизма) меняется так, что она приобретает способность совершать работу в течение длительного времени. Пружина поддерживает движение всех колес, стрелок и маятника, испытывающих сопротивление движению, вызванное трением. По мере хода часов способность пружины совершать работу постепенно утрачивается. Состояние пружины меняется.

Подобным образом при совершении работы меняется состояние сжатого газа и скоростей движущихся тел.

Если тело или система тел могут совершать работу, то говорят, что они обладают энергией.

Совершая механическую работу, тело или система тел переходят из одного состояния в другое, в котором их энергия минимальна. Груз опускается, пружина распрямляется, движущееся тело останавливается. При совершении работы энергия постепенно расходуется. Для того чтобы система опять приобрела способность совершать работу, надо изменить ее состояние: увеличить скорости тел, поднять тела вверх или деформировать. Для этого внешние силы должны совершить над системой положительную работу.

Энергия в механике — величина, определяемая состоянием системы — положением тел и их скоростями; изменение энергии при переходе системы из одного состояния в другое равно работе внешних сил.

#### § 48 КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ

В механике состояние системы определяется положением тел и их скоростями. Сначала найдем, как энергия тел зависит от их скоростей.

Подсчитаем работу постоянной силы  $\vec{F}$ , действующей на тело (материальную точку) массой  $m$  при его прямолинейном движении. Пусть направление силы совпадает с направлением скорости. В этом случае направления вектора перемещения  $\Delta\vec{r}$  и вектора силы совпадают (рис. 108). Поэтому работа силы  $\vec{F}$  равна:

$$A = F|\Delta\vec{r}|.$$

Выберем координатную ось  $Ox$  так, чтобы векторы  $\vec{F}$ ,  $\vec{v}_1$ ,  $\vec{v}_2$  и  $\Delta\vec{r}$  были направлены в сторону поло-

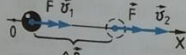


Рис. 108  
124

жительного направления этой оси. Тогда  $\Delta r_x = \Delta x$ , и формулу для работы можно записать так:

$$A = F\Delta x. \quad (6.6)$$

Согласно второму закону Ньютона

$$F = ma. \quad (6.7)$$

Так как точка движется с постоянным ускорением, то изменение ее координаты  $\Delta x$  при переходе из начального положения в конечное можно найти по известной нам из кинематики формуле

$$\Delta x = v_1 t + \frac{at^2}{2}. \quad (6.8)$$

Подставляя формулы (6.7) и (6.8) в формулу (6.6), получим

$$A = ma \left( v_1 t + \frac{at^2}{2} \right) = \frac{m}{2} (2v_1 at + a^2 t^2).$$

Поскольку в данном случае

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t},$$

то

$$A = \frac{m}{2} (2v_1(v_2 - v_1) + (v_2 - v_1)^2) = \frac{m}{2} (v_2^2 - v_1^2),$$

или

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}. \quad (6.9)$$

Можно показать, что формула (6.9), выведенная для прямолинейного движения тела, на которое действует постоянная сила, справедлива и в тех случаях, когда на тело действует переменная сила и оно движется по криволинейной траектории.

Таким образом, работа силы при перемещении тела из начального положения в конечное равна изменению величины  $\frac{mv^2}{2}$ .

Величина  $\frac{mv^2}{2}$  представляет собой энергию, которую имеет тело, движущееся со скоростью  $\vec{v}$ . Эту энергию называют *кинетической* (от греческого слова «кинема» — движение).

*Кинетической энергией* называется величина, равная половине произведения массы на квадрат скорости тела.

Будем обозначать кинетическую энергию буквой  $E_k$ :

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (6.10)$$

Энергия измеряется в тех же единицах, что и работа. Учитывая уравнение (6.10), можно уравнение (6.9) записать так:

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

(6.11)

Равенство (6.11) выражает теорему об изменении кинетической энергии: изменение кинетической энергии тела (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, чтобы 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, каким 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  $\vec{F}_\tau$  и перемещения  $\Delta \vec{r}$

126

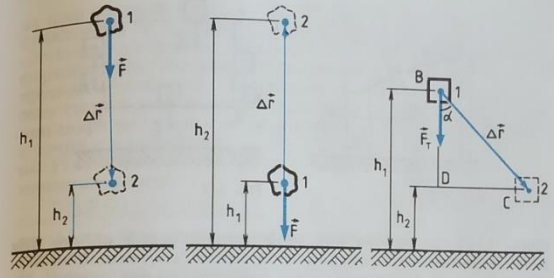


Рис. 109

Рис. 110

Рис. 111

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

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

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

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

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

$$A = F_\tau |\Delta \vec{r}| \cos \alpha = mg |\overline{BC}| \cos \alpha.$$

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

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

Формулы (6.12), (6.13), (6.14) дают возможность отметить важную закономерность. При прямолинейном движении тела работа силы тяжести в каждом случае равна разности двух значений величины, зависящей 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  $BC$

127

2020/4/9 16:23