

2. Белорусскую православную церковь Лукашенко назвал главным идеологом страны. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/events/gosudarstvennuju-ideologiju-neobxodimo-stroit-na-fundamente-xristianskix-tsennostej> – Дата доступа: 30.01.2025.

УДК 531.62:531.392

С. В. Шалунаев, А. Л. Самофалов, И. А. Гордеенко

г. Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ КАК ПЕРВЫЕ ИНТЕГРАЛЫ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ

В школьном учебнике используют следующий методический подход к формированию понятий работы и энергии. Первоначально вспоминают знания о работе, полученные в VII классе ($A = FS$), затем расширяют и уточняют определение механической работы как $A = FS \cdot \cos \alpha$ (только для $F = \text{const}$ и элементарной работы). Выясняют, что работа может быть положительной и отрицательной.

Пусть тело под действием силы $\vec{F}$ совершает элементарное перемещение $d\vec{r}$, тогда

$$dA = F \cdot dr \cdot \cos \alpha, \quad (1)$$

где α – угол между векторами силы $\vec{F}$ и перемещение $d\vec{r}$.

Полная работа на конечном участке траектории равна сумме элементарных работ, то есть интегралу от силы по перемещению:

$$A = \int_r F \cdot dr \cdot \cos \alpha. \quad (2)$$

Работа, обладая свойствами скалярного произведения, будет положительна, если угол между силой и перемещением острый, и отрицательна, если угол тупой. А если сила перпендикулярна перемещению, то работа не совершается. Например, при горизонтальном перемещении вагона сила тяжести работы не совершает.

Уточняем понятие мощности через отношение элементарной работы dA ко времени совершения работы dt :

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{\vec{F} d\vec{r}}{dt} = F \cdot V \cdot \cos \alpha, \quad [P] = 1 \text{ Bamm}. \quad (3)$$

Введём понятие кинетической энергии. Пусть тело перемещается под действием силы $\vec{F}$, изменяя скорость от начальной $\vec{V}_1$ до конечной $\vec{V}_2$. Тогда работа этой силы равна:

$$A = \int_r \vec{F} \cdot d\vec{r}. \quad (4)$$

Кинематические соотношения являются следствием второго закона Ньютона и получаются в школе путём его неявного интегрирования с помощью представления перемещения как площади, ограничиваемой осями координат и зависимостью скорости от времени. Данная методика совпадает с подходом, принятым в научной литературе, и одновременно вполне доступна учащимся средней школы.

Произведём преобразования, заменив силу произведением массы на ускорение, а элементарное перемещение заменим на произведение мгновенной скорости на время. Подставим их в формулы (4) и сократим на dt :

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{V}}{dt}, \quad d\vec{r} = \vec{V}dt. \quad (5)$$

$$A = \int_{V_1}^{V_2} m \frac{d\vec{V}}{dt} \cdot \vec{V}dt = \int_{V_1}^{V_2} m \vec{V} \cdot d\vec{V} = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} = \Delta E_k. \quad (6)$$

На основании формулы (6) работа оказывается равна изменению кинетической энергии тела.

При изучении потенциальной энергии необходимо довести до сознания школьников, что потенциальная энергия в механике – это энергия взаимодействия хотя бы двух тел.

При обсуждении вопроса о нулевом уровне потенциальной энергии следует отметить, что, во-первых, определяют не саму потенциальную энергию, а её изменение, во-вторых, за нулевой уровень обычно выбирают такое состояние, при котором потенциальная энергия стремится к минимальному значению.

Рассмотрим перемещение тела в поле силы тяжести по произвольной траектории (рисунок 1).

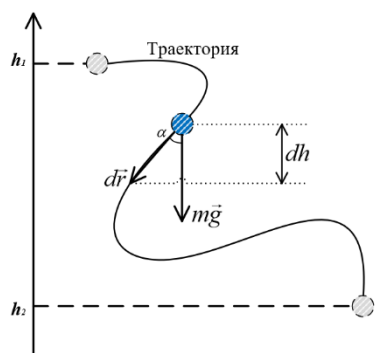


Рисунок 1 – Тело, движущееся по произвольной траектории, в поле силы тяжести

Определим работу силы тяжести как интеграл от скалярного произведения вектора силы тяжести на перемещение:

$$A = \int_r mg \cdot dr \cdot \cos \alpha. \quad (7)$$

Как видно из рисунка 2, проекция элементарного вектора перемещения на направление силы тяжести равна уменьшению высоты тел ($dr \cdot \cos \alpha = dh$). Тогда работа силы тяжести будет равна:

$$A = - \int_{h_1}^{h_2} mg dh = - (mgh_2 - mgh_1) = -\Delta E_{п.тяж.}. \quad (8)$$

Работа в поле тяжести равна потенциальной энергии.

Получим формулу потенциальной энергии упругой деформации. В случае, когда тело деформируется под воздействием внешней силы, точка приложения силы перемещается и, значит, совершается работа. Если тело упругое и форма тела после прекращения действия внешней силы восстанавливается, то работа упругих сил обращается в ноль. Значит, упруго деформированное тело обладает потенциальной энергией.

Пусть выполняется закон Гука $F = -kx$, где k – коэффициент упругости, x – деформация тела. Работа силы упругости равна интегралу:

$$A = -\int_{x_1}^{x_2} kx dx = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right) = -\Delta E_{n.упр.} \quad (9)$$

$$E_{n.тяж.} = mgh, \quad E_{n.упр.} = \frac{kx^2}{2}, \quad E_k = \frac{mV^2}{2}. \quad (10)$$

При перемещении тела по замкнутой траектории, когда тело возвращается в исходную точку, работа в потенциальном поле равна нулю.

$$A = \oint_r \vec{F} \cdot d\vec{r} = 0. \quad (11)$$

Силы, работа которых не зависит от формы траектории, называют консервативными.

Сумму кинетической и потенциальной энергий называют механической энергией. Если механическая энергия сохраняется для любого тела, то она сохраняется для всех тел замкнутой системы. Отсюда следует закон сохранения и превращения механической энергии: в замкнутой системе тел, между которыми действуют консервативные силы, механическая энергия постоянна:

$$mgh_1 + \frac{mV_1^2}{2} = mgh_2 + \frac{mV_2^2}{2} = E_{мех} = \text{const}. \quad (12)$$

Литература

1. Каменецкий, С. Е. Теория и методика обучения физике в школе. Частные вопросы : Учеб. пособие для студ. пед. вузов / С. Е. Каменецкий; под ред. С. Е. Каменецкого. – М. : Академия, 2000. – 384 с.

2. Эвенчик, Э. Е. Преподавание механики в курсе физики средней школы / Э. Е. Эвенчик. – М. : Просвещение, 1967. – 179 с.

УДК 37.013.42:005.336.5

З. В. Шведова¹⁾, М. В. Буракова²⁾

¹⁾г. Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины,

²⁾г. Гомель, ГГТУ имени П. О. Сухого

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ЧЕРЕЗ КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД

Современная образовательная система сталкивается с вызовами, требующими комплексного подхода к формированию компетенций у обучающихся. Компетентностный подход становится все более востребованным в условиях глобализации и стремительного развития технологий.