

Механическая работа и энергия:



- КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ И МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА
- РАБОТА СИЛЫ ТЯЖЕСТИ И ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ
- ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

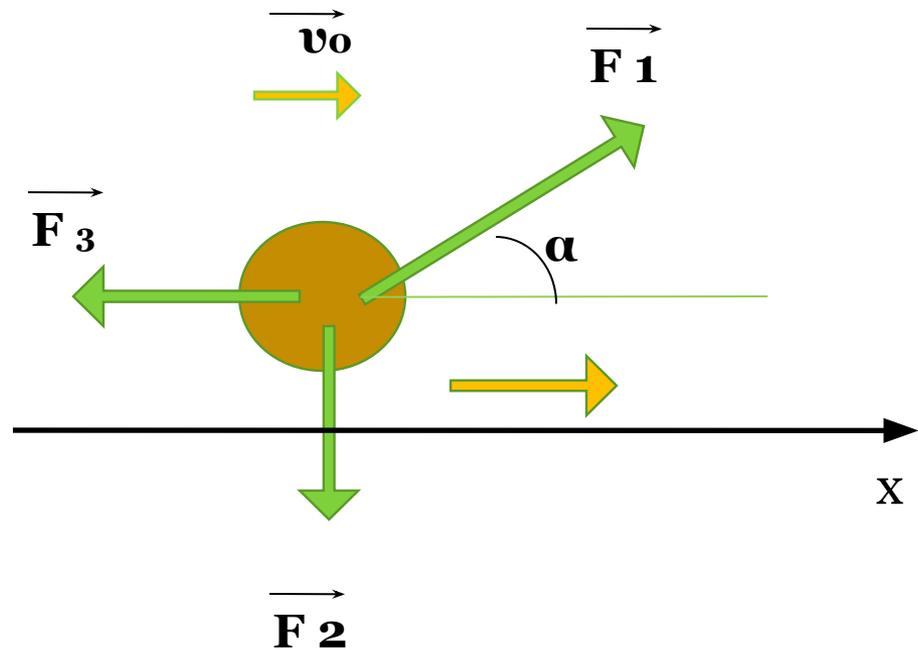
Механическая энергия и работа.

Начнём путь к ещё одному закону сохранения.

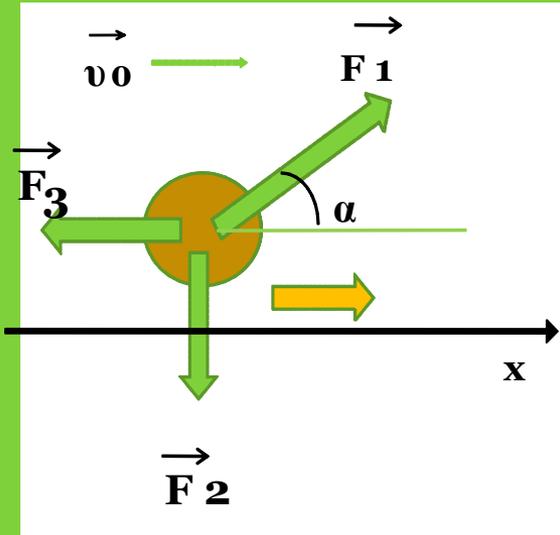
Необходимо ввести несколько новых понятий так, чтобы они не показались вам свалившимися «с потолка», а отражали живую мысль людей, указавших впервые на полезность и смысл новых понятий.

Начнём.

Решим с помощью законов Ньютона задачу: тело массой m совершает движение с ускорением под действием трёх сил, указанных на рисунке. Определить скорость v в конце пути S .



Запишем
второй закон
Ньютона:



$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = m \times \vec{a},$$

в проекции на ось OX:

$$F_1 \cos \alpha - F_3 = m \times a \Rightarrow$$

$$F_1 \cos \alpha - F_3 = m \times \frac{(v^2 - v_0^2)}{2S}$$

$$F_1 S \cos \alpha - F_3 S = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$F_1 S \cos \alpha - F_3 S = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

Обсудим полученный результат. В правой части стоит изменение величины $\frac{mv^2}{2}$ обозначим её **E_k** и назовём **кинетической энергией**:

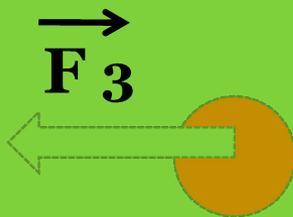
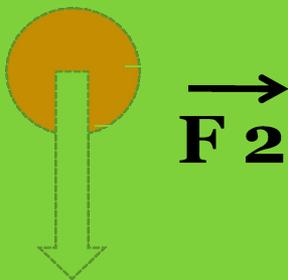
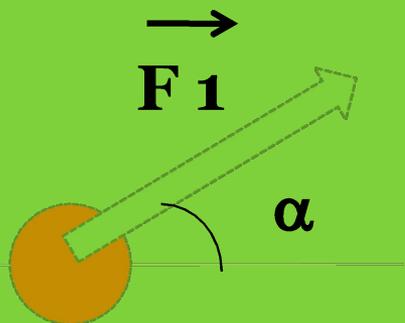
$$F_1 S \cos \alpha - F_3 S = E_k - E_{k0} = \Delta E_k$$

В левой части выражение, показывающее, как силы F_1 , F_2 и F_3 влияли на изменение ΔE_k кинетической энергии. Влияли, да не все!

Сила F_2 на ΔE_k не влияла. Сила F_1 увеличила ΔE_k на величину $F_1 S \cos \alpha$. Сила F_3 , направленная под углом 180° к перемещению, уменьшила ΔE_k на величину $-F_3 S$.

$$[A]=1\text{Дж}$$

$$[E_k]=1\text{Дж}$$



Влияние всех сил на изменение ΔE_k можно описать единым образом, если ввести величину $A = F_s \cos \alpha$, называемую механической работой:

$$A_1 = F_1 S \cos \alpha,$$

$$A_2 = F_2 S \cos 90^\circ = 0,$$

$$A_3 = F_3 S \cos 180^\circ = -F_3 S,$$

$$\text{а вместе } A_1 + A_2 + A_3 = E_k - E_{k0}$$

или: изменение

кинетической энергии тела равно работе сил, действующих на тело.

Полученное выражение —

теорема о кинетической энергии:

$$\sum A = \Delta E_k$$



За единицу работы выбран 1 Дж (джоуль): это работа силы в 1 Н на пути в 1 м при условии, что угол между силой и перемещением $\alpha = 0$.

Обратите внимание, что E_k и A – скалярные величины!

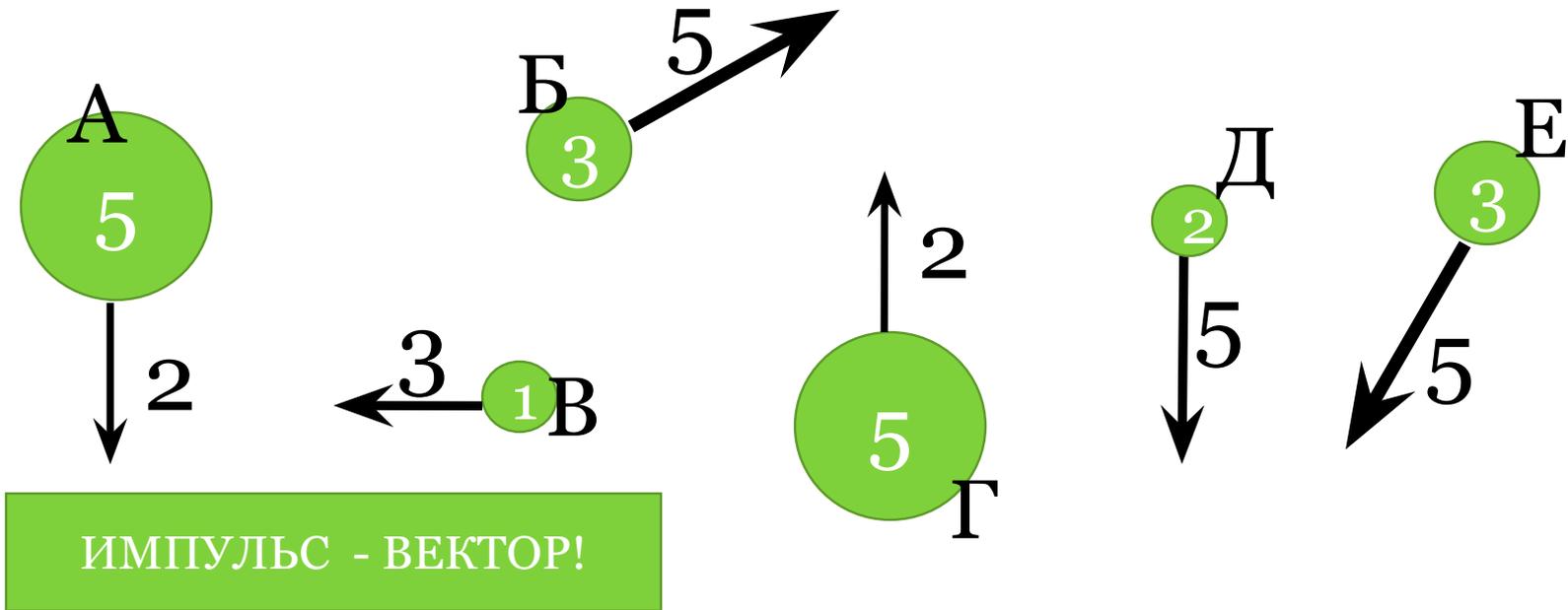
- Закрепим сведения о новых понятиях.
- 1) У какого из тел больше кинетическая энергия: у спокойно идущего человека или летящей пули?
- 2) Скорость автомобиля возросла вдвое (втрое). Во сколько раз изменилась его кинетическая энергия?
- 3) При каких из перечисленных движений кинетическая энергия тел изменяется: РПД, РУД, РДО?
- 4) Выразите кинетическую энергию через модуль импульса тела и модуль импульса через кинетическую энергию.

Работа величина скалярная, выражается числом. $A > 0$, если $0 \leq \alpha < 90^\circ$; $A < 0$, если $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$.

Если сила действует на тело под углом 90° к направлению мгновенной скорости, скажем, сила тяжести при движении спутника по круговой орбите или сила упругости при вращении тела на нити.
 $A = Fs \cos 90^\circ = 0$.

По теореме $0 = E_k - E_{k0} \Rightarrow E_k = E_{k0}$
сила не изменяет скорость!!!

Есть ли на рисунке тела, обладающие
Вспомним и об импульсе: есть ли на рисунке
одинаковой кинетической энергией?
тела, обладающие одинаковым импульсом?



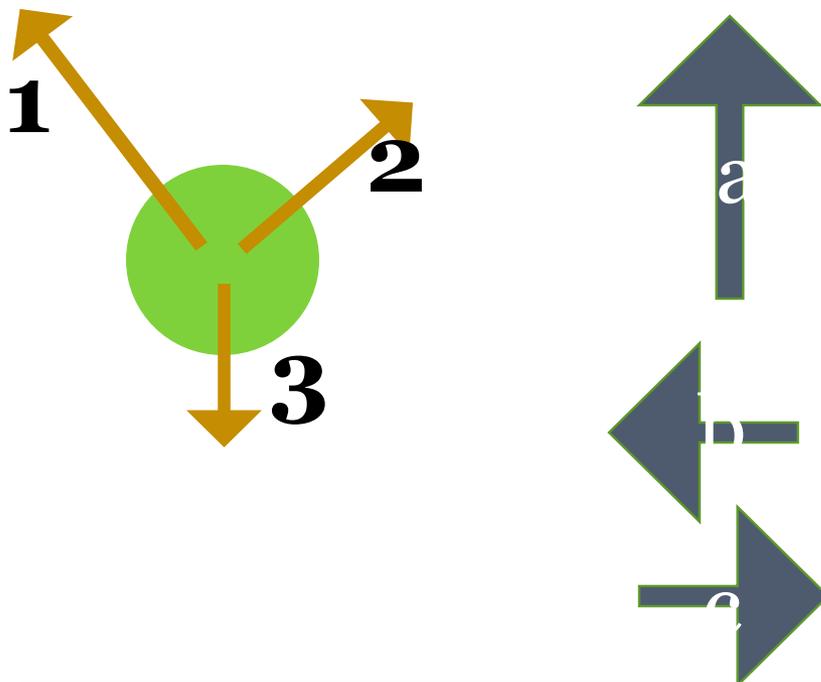
Цифры в кружках означают массы тел, цифры рядом с вектором – скорости тел. Все величины (массы и скорости) выражены в единицах СИ.

Не сможете ли вы сказать по рисунку, какие силы увеличивают E_k тела, какие уменьшают?



Укажите стрелкой направление скорости, такое, чтобы:

- 1) $A_1 > 0, A_2 > 0, A_3 < 0$;
- 2) $A_1 > 0, A_2 < 0, A_3 = 0$;
- 3) $A_1 < 0, A_2 > 0, A_3 = 0$;
- 4) $A_1 > 0, A_2 > 0, A_3 > 0$.



Возможна ли такая комбинация знаков работ, для которой вообще нельзя подобрать направление скорости?

В каких случаях из приведённых ниже работа равнодействующей положительна, отрицательна, равна нулю:

- а) Автобус отходит от остановки, движется равномерно и прямолинейно, поворачивает с постоянной по модулю скоростью, подходит к остановке;
- б) Вы спускаетесь с горки; катаетесь на карусели, на качелях?

Понятие кинетической энергии ввёл впервые голландский физик и математик Христиан Гюйгенс, которого называл великим сам И.Ньютон. Изучая соударения упругих шаров, Гюйгенс пришёл к заключению: **„При соударении двух тел сумма произведений из их величин на квадраты их скоростей остаётся неизменной до и после удара”** («величин» – читай «масс»). С современных позиций открытие Гюйгенса не что иное, как частный случай проявления закона сохранения энергии. Гюйгенс, красавец из старинного рода, в котором «таланты, дворянство и богатство были наследственными», не только впервые определил кинетическую энергию, но и указал на векторный характер импульса. Он изобрёл маятниковые часы, выполнил ряд блестящих работ по математике, астрономии. «Прекрасно дисциплинированный гений... уважающий свои способности и стремящийся использовать их в полной мере».

В повседневности у нас постоянно существует необходимость изменять направление и модуль скорости различных тел (движение пальцев, век и др.). Чтобы изменить модуль скорости, необходимо совершить механическую работу: $A = \Delta E_k$. Эту работу совершают ваши мышцы.

Рассмотрим самое обычное явление – подъём по лестнице. Вы стоите на ступеньке, ставите ногу на следующую, напрягаете мышцы, возникает реакция опоры N , компенсирующая силу A_2 , сила совершает положительную работу $A > 0$, скорость вашего тела возрастает: $\Delta E_k > 0$, вы поднимаетесь на одну ступеньку. Одновременно сила тяжести совершает отрицательную работу, так как $\alpha = 180^\circ$. Работа силы напряжения мышц должна быть хоть чуть-чуть, но больше работы силы тяжести (по модулю), иначе не удастся увеличить E_k .

$A > A$, иначе не удастся
 увеличить кинетическую
 энергию $E_k = A + A$, ($A < 0$).
 Так как перемещение
 туловища под действием
 этих сил одинаково, то ясно,
 что $F_1 > F_T$, $F_2 > F_T$ и N

