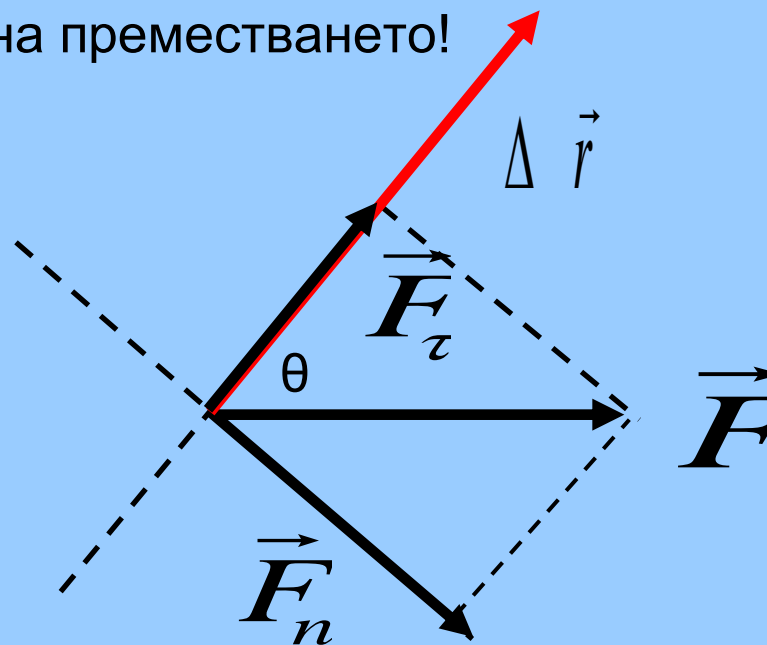


Работа на постоянна сила при праволинейно движение

- **Работата на постоянна сила** върху МТ се дефинира чрез скаларното произведение на векторите на силата \vec{F} и преместването $\Delta \vec{r}$ (Понселе, 1826 и Кориолис, 1829)

$$A = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = F \Delta r \cos(\theta) = F_{\tau} \Delta r$$

- Работа извършва само **компонентата** на силата по направление на преместването!

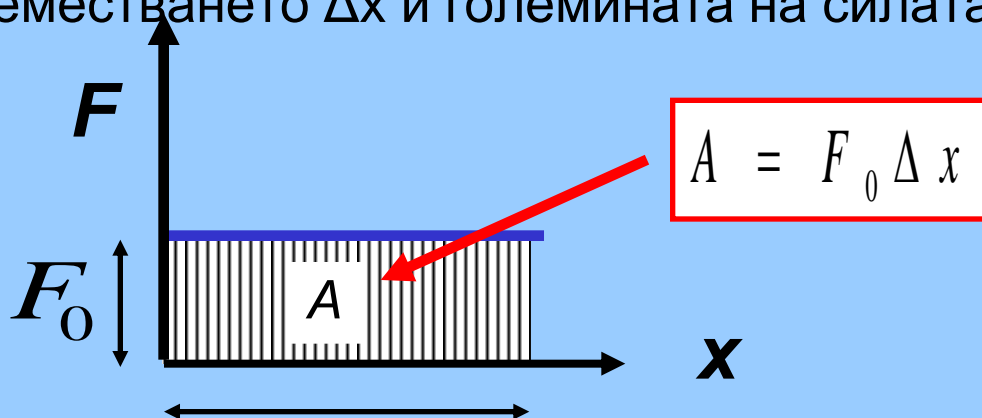


- **Нормалната компонента** на силата не извършва работа!

Работа на постоянна сила при праволинейно движение

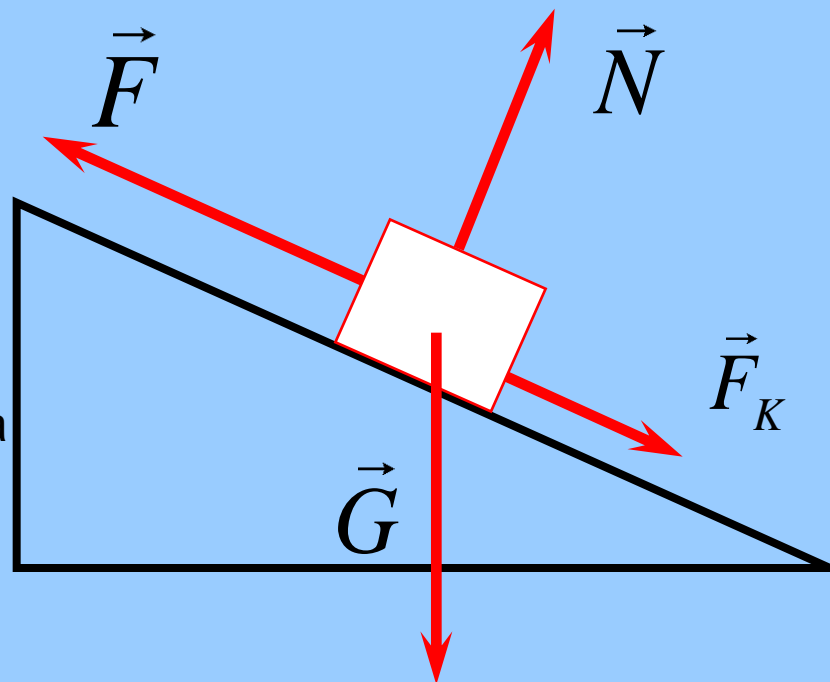
- **Работата** е скаларна физична величина:
 - **положителна работа** при $\theta < \pi / 2$ скоростта се увеличава!
 - **отрицателна работа** при $\theta > \pi / 2$ скоростта се намалява!
- Единица за работа: **джаул** (1J)
 - Един джаул (1J) е работата, извършена върху МТ от сила с големина един нютон (1N), успоредна на преместването, което има големина един метър (1m).
- Графично представяне на **работата на постоянна сила** F_0 действаща успоредно на преместването по оста ОХ

Работата на постоянната сила F_0 е равна на площта (лицето) на правоъгълника със страни големината на преместването Δx и големината на силата F_0 .



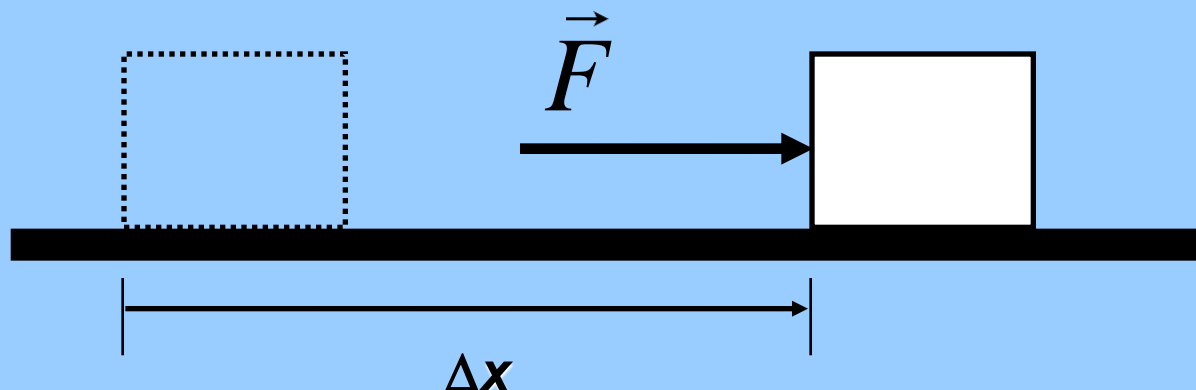
Работа на постоянна сила при праволинейно движение

- Теглим трупче по наклонена плоскост с триене. Сили действащи върху трупчето:
 - приложена постоянна сила F
 - сила на тежестта G
 - реакция на опората N
 - сила на триене при хлъзгане f
- Колко сили извършват работа?
 - F извършва **положителна** работа
 - G извършва **отрицателна** работа
 - Силата на триене при хлъзгане извършва **отрицателна** работа
- Пресмятане на работата при действие на няколко сили
 - Пресмятане работата на отделните сили и събирането им
 - Определяне на резултантната сила и пресмятане на нейната работа



Пример 1: Работа на постоянна сила при праволинейно движение

- Силата $F = 10\text{ N}$ бута трупче по хоризонтална плоскост без триене на разстояние $\Delta x = 5\text{ m}$.
 - Пресметнете **извършената работа** от силата



- Работата** извършена от силата е :

$$A = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = F \Delta x = (10\text{ N}) (5\text{ m}) = 50\text{ J}$$

Мощност

- **Средна мощност** в даден интервал от време – работата извършена за интервал от време разделена на временния интервал

$$P_{AV} = \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

- **Моментна мощност** – работата извършена за единица време

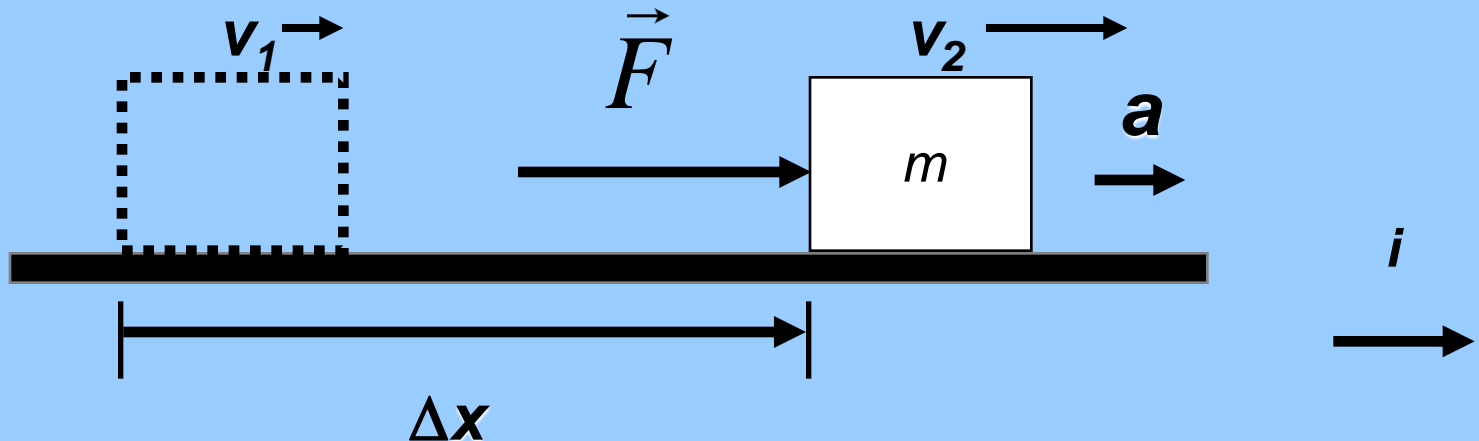
$$P = \frac{\delta A}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

- Моментната мощност е равна на скаларното произведение на моментните стойности на действащата сила и скоростта на МТ
- Измерителна единица за мощност – ват
 - Мощността е един ват (1 W), когато за време една секунда (1 s) силаата извършва работа един джаул (1 J), т.е.

$$1 W = \frac{1 J}{1 s}$$

Пресмятане на работата на постоянна сила за изменение на скоростта на тяло

- Праволинейно движение на тяло с маса m по хоризонтална равнина без триене под действие на приложена постоянна сила действаща по направление успоредно на равнината
 - равноускорително движение
 - Началната и крайна скорости на тялото са: v_1 и v_2 , респективно.



Пресмятане на работата на постоянна сила за изменение на скоростта на тяло

- **Ускорението** при равноускорително движение
- **Силата** чрез втория принцип на Нютон
- **Работа на силата** за изменение на скоростта на МТ

$$a = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2\Delta x} \Rightarrow F = ma = m \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2\Delta x}$$
$$A = F\Delta x = m \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2} = E_{K,2} - E_{K,1} = \Delta E_K$$

- Закон за изменение на кинетичната енергия:

Изменението на кинетичната енергия при преместване на МТ е равно на работата извършена от резултантната сила, приложена върху нея!

$$A = \Delta E_K = E_{K,2} - E_{K,1} = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

Потенциална енергия на МТ в полето на силата на тежестта

- **Работата извършена от силата на тежестта** при изкачване на МТ с маса m на височина Δy е:

$$A_{\text{КОНС}} = -mg(y_2 - y_1) = -(U(y_2) - U(y_1)) = -\Delta U$$

- **Потенциалната енергия** на МТ е определена с точност до константа:

$$U(y) = mgy$$

- **Пълна механична енергия на МТ** е сумата (сбора) от кинетичната и потенциална енергии на МТ

$$E = E_k + U$$

Консервативни и неконсервативни сили

- **Консервативна сила** – сила, работата на която зависи само от началното и крайно положения на МТ, върху която е приложена, но НЕ зависи от нейната траектория
 - сила, работата на която може да бъде изразена като разлика от началната и крайна стойности на потенциалната енергия
 - сила, чиято работа е нула при съвпадане на началното и крайно положение
 - **Силата на тежестта (гравитационните сили)**
 - **Кулоновата сила** между два точкови заряда
 - **Сили на еластичност**
- **Неконсервативни сили**
 - **Силите на триене при хлъзгане**
 - **Силите на съпротивление при движение на тяло в газ или течност**
- Връзка между консервативна сила и потенциална енергия в случай на една променлива

$$\left. \begin{aligned} A_{\text{конс}} &= F \Delta y \\ A_{\text{конс}} &= -\Delta U \end{aligned} \right\} \Rightarrow F = -\frac{\Delta U}{\Delta y} \rightarrow F = -\frac{dU}{dy}$$

Закон за изменение на пълната механична енергия на МТ

- Работата, която извършват всички сили върху МТ се дава с

$$A = A_{\text{КОНС}} + A_{\text{НЕКОНС}} = \Delta E_K; A_{\text{КОНС}} = -\Delta U \Rightarrow A_{\text{НЕКОНС}} = \Delta E_K + \Delta U$$

- Получаваме закона за изменение на механичната енергия

$$A_{\text{НЕКОНС}} = \Delta E_K + \Delta U = \Delta E$$

Изменението на пълната механична енергия на МТ е равно на работата извършена от неконсервативните сили приложени върху нея!

- Закон за запазване на пълната механичната енергия на МТ:

Пълната механична енергия на МТ, на която действат само консервативни сили, не се изменя с течение на времето!

$$A_{\text{НЕКОНС}} = \Delta E = 0 \Rightarrow E = E_K + U = \text{const}$$

- Кинетичната и потенциалната енергия, може да се променят, но само така, че ако едната нараства, другата намалява

Пример 2 Свободно падаща топка

- Прилагаме **закона за запазване на механичната енергия**

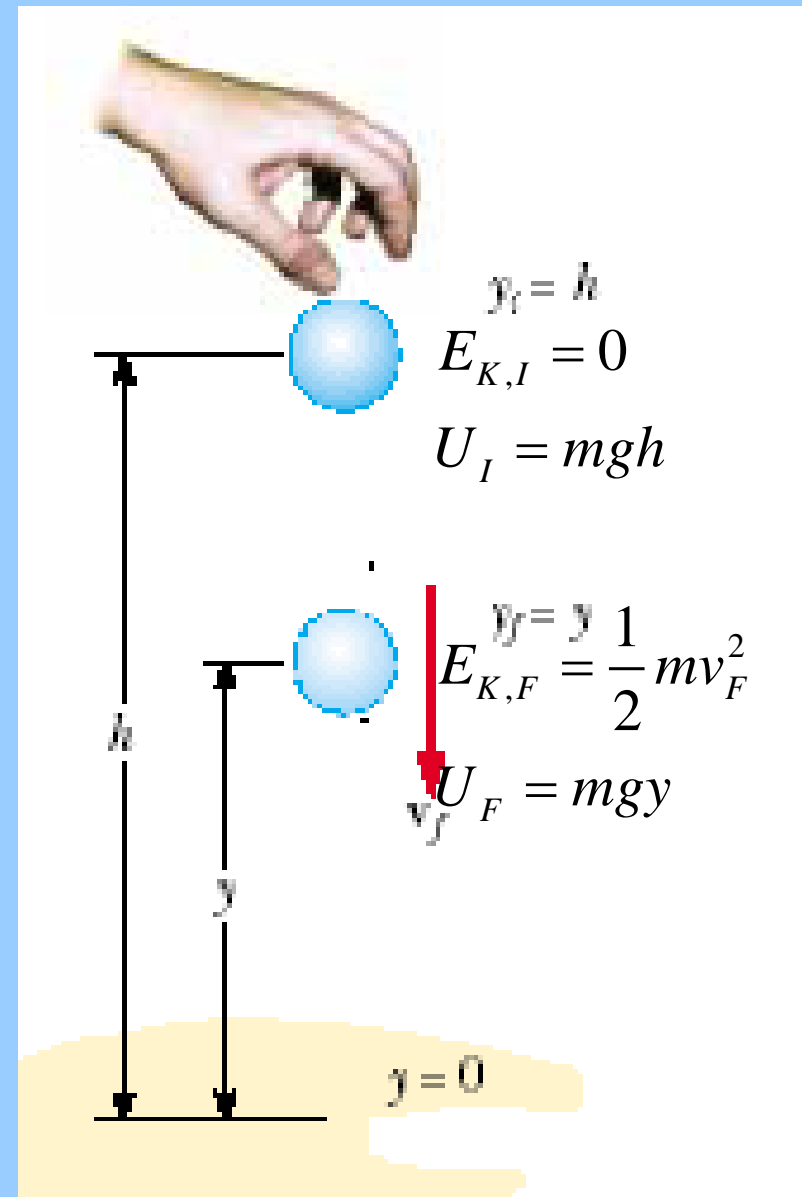
$$E_{K,I} + U_I = E_{K,F} + U_F$$

$$\frac{1}{2}mv_I^2 + mgh = \frac{1}{2}mv_F^2 + mgy$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv_F^2 + mgy \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_F = \sqrt{2g(h-y)}$$

- Не бива да забравяме, че когато говорим за механична енергия на МТ, имаме в предвид механичната енергия на системата МТ-Земя



Системи от материални точки или тела

- **Вътрешни сили** – силите на взаимодействие вътре в СМТ
- **Външни сили** – силите с които **външните тела** действат на СМТ
- **Отворена система** – СМТ на която действат **външни сили**!
- **Затворена система** – СМТ на която не действат **външни сили** !
- Ако силите на взаимодействие в СМТ са консервативни можем да въведем **потенциална енергия на СМТ**. СМТ в която вътрешните сили са само консервативни наричаме **консервативна**.
- Сумата от кинетичните енергии на частиците наричаме **кинетична енергия на СМТ**
- **Пълна механична енергия на СМТ** – сумата от **кинетична енергия на СМТ** и **потенциална енергия на СМТ**

Закон за запазване на пълната механичната енергия на СМТ

- Закон за запазване на пълната механична енергия затворена и консервативна СМТ

$$\Delta E = \Delta(E_K + U) = 0 \Rightarrow E = E_K + U = \text{const}$$

Пълната механична енергия на затворена и консервативна СМТ не се изменя с течение на времето!

- Закон за изменение на пълната механична енергия на СМТ - затворена СМТ, като вътрешните сили са консервативни и неконсервативни

$$\Delta E = \Delta(E_K + U) = A_{\text{ВЪТР, НЕКОНС}}$$

Отрицателната работа на вътрешните неконсервативни сили води до намаляване на пълната механична енергия и превръщането и във вътрешна енергия.

– В такава СМТ постоянна е сумата от всички видове енергии!

Закон за изменение на импулса в отворена СМТ и закон за запазване на импулса в затворена СМТ

- Импулс на СМТ състояща се от N МТ

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i = \sum_{i=1}^N m_i \vec{v}_i$$

- Скорост на изменение на импулса на СМТ

$$\begin{aligned} \frac{d\vec{P}}{dt} &= \frac{d}{dt} \left(\sum_{i=1}^N \vec{p}_i \right) = \frac{d}{dt} \sum_{i=1}^N (m_i \vec{v}_i) = \sum_{i=1}^N \frac{d}{dt} (m_i \vec{v}_i) = \sum_{i=1}^N m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \\ &= \sum_{i=1}^N m_i \vec{a}_i = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i = \sum_{i=1}^N \left(\vec{F}_{i,B\vec{B}TP} + \vec{F}_{i,B\vec{B}H\vec{H}\vec{H}} \right) = \vec{F}_{B\vec{B}TP} + \vec{F}_{B\vec{B}H\vec{H}\vec{H}} \end{aligned}$$

Резултантната вътрешна сила на отворена СМТ е нула!

- Закон за изменение на импулса в отворена СМТ

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_{\text{външ}}$$

Скоростта на изменение на импулса P на отворена СМТ е равна на резултантната външна сила!

- В затворена СМТ резултантната външна сила е нула
- Закон за запазване на импулса в затворена СМТ

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_{\text{външ}} = 0 \Rightarrow \vec{P} = \text{const}$$

Импулсът на затворена СМТ не се изменя с течение на времето!