

FYZIKA PRO I. ROČNÍK GYMNÁZIA

4. MECHANICKÁ PRÁCE A MECHANICKÁ ENERGIE

Mgr. Monika Bouchalová

Gymnázium, Havířov-Město, Komenského 2, p.o.

4. MECHANICKÁ PRÁCE A MECHANICKÁ ENERGIE

- 4.1. mechanická práce
- 4.2. kinetická energie
- 4.3. potenciální energie
- 4.4. mechanická energie
- 4.5. ZZ energie
- 4.6. výkon a účinnost

4.1. MECHANICKÁ PRÁCE

charakterizuje děj, při kterém se přemísťují tělesa vlivem působení síly (skalár)

W – mechanická práce, skalární veličina

F – síla působící na těleso

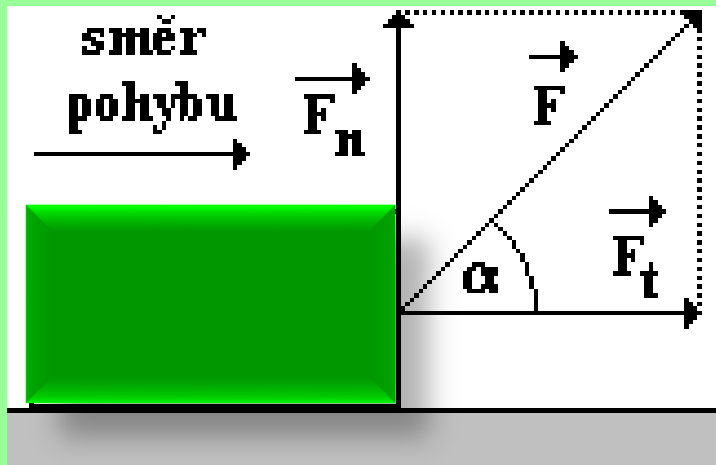
s – dráha, o kterou se těleso přemístí

α – úhel, který svírá síla s trajektorií

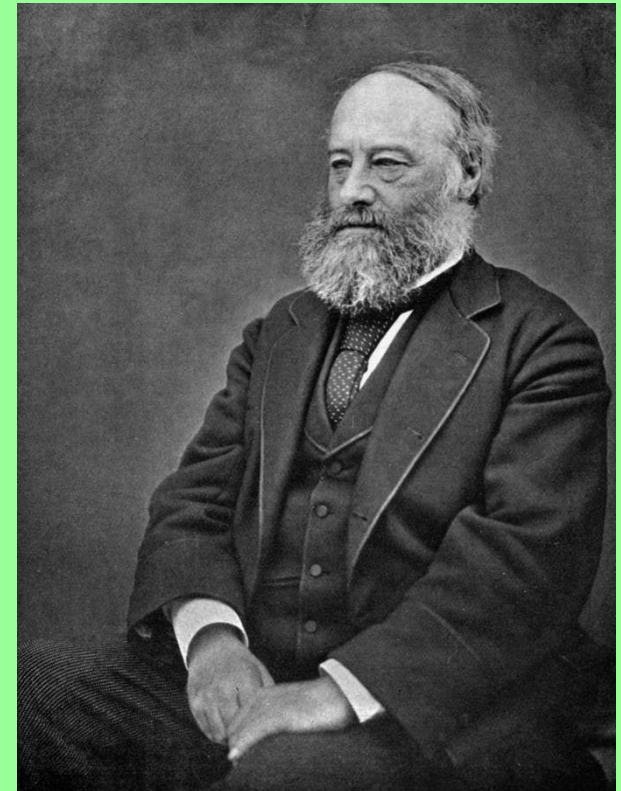
$$W = F s \cos \alpha$$

$$[W] = N \cdot m = kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot m$$

$$[W] = J (\text{joule})$$



James Prescott Joule (A) 1818-1889



4.1. MECHANICKÁ PRÁCE

Práci 1 J

vykonáme při přemístění tělesa o 1 m silou 1 N působící rovnoběžně s trajektorií.

$$W = F s \cos \alpha$$

$$[W] = N \cdot m = kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot m$$

$$[W] = J (\text{joule})$$

Práce se nekoná, jestliže

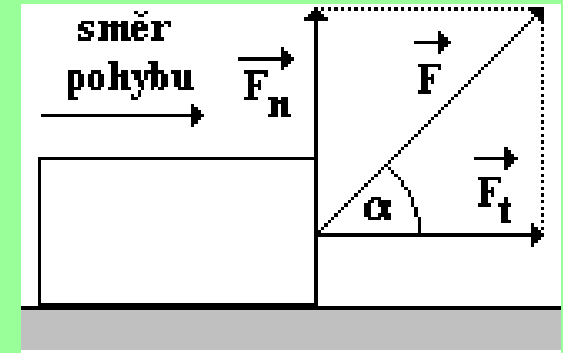
- je síla působící na těleso kolmá k trajektorii ($\alpha = 90^0$)
- těleso nepohybuje ($s = 0$)
- těleso se pohybuje rovnoměrným přímočarým pohybem bez působení síly ($F = 0$)
(práci koná jen složka síly rovnoběžná s trajektorií tělesa)

4.1. MECHANICKÁ PRÁCE

V závislosti na velikosti úhlu α těleso práci vykoná nebo spotřebuje:

$$0 \leq \alpha < 90^{\circ}$$

$$W = F s \cos \alpha$$



$$\cos \alpha > 0$$

$$W > 0$$

PRÁCE je kladná

síla práci koná

$$\alpha = 90^{\circ}$$

$$\cos \alpha = 0$$

$$W = 0$$

PRÁCE se nekoná

$$90^{\circ} < \alpha \leq 180^{\circ}$$

$$\cos \alpha < 0$$

$$W < 0$$

PRÁCE je záporná

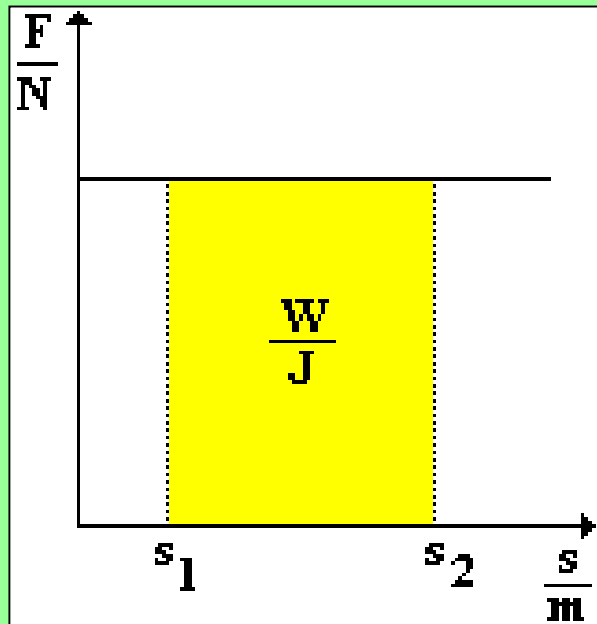
síla práci spotřebovává

4.1. MECHANICKÁ PRÁCE

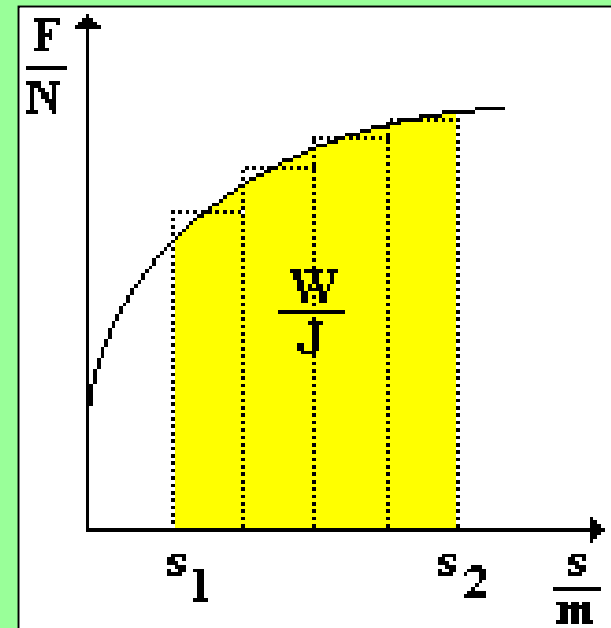
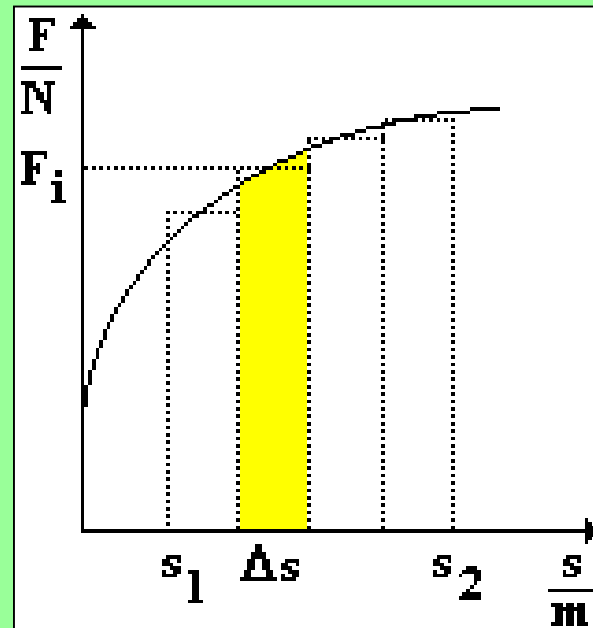
Grafické určení práce

Graf, z něhož jsme schopni určit vykonanou práci, se nazývá **pracovní diagram**.

konstantní síla



proměnná síla



$$W = F_1 \Delta s + F_2 \Delta s + \dots + F_n \Delta s$$

4.2. KINETICKÁ (pohybová) ENERGIE

- skalární veličina,
- charakterizuje pohybový stav HB vzhledem ke zvolené IVS
- velikost je relativní, závisí na volbě VS

$$F = ma$$

$$W = F \cdot s$$

$$v_1 = 0 \Rightarrow E_{k1} = 0$$

$$s = \frac{1}{2} at^2$$

$$W = ma \cdot \frac{1}{2} at^2$$

$$v_2 \neq 0 \Rightarrow E_{k2} = \frac{1}{2} mv^2$$

$$v = at$$

$$W = \frac{1}{2} ma^2 t^2$$

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

$$W = \frac{1}{2} mv^2$$

$$W = E_{k2} = \frac{1}{2} mv_2^2$$

Kinetická energie HB o hmotnosti m ,
který se pohybuje rychlostí v :

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

$$[E_k] = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$[E_k] = \text{J}$$

4.2. KINETICKÁ (pohybová) ENERGIE

E_k se mění se změnou rychlosti (nezávisí na směru)

- při kladné práci $E_k \uparrow$ $v \uparrow$ př.: rozjíždění
- při záporné práci $E_k \downarrow$ $v \downarrow$ př.: brzdění

Mění-li se směr rychlosti hmotného bodu,
ale její velikost je konstantní
(např. rovnoměrný pohyb po kružnici),
je konstantní i kinetická energie.

Práce vykonaná silou F
je mírou změny
kinetické energie.

Změna kinetické energie je rovna práci,
kterou vykoná výslednice působících sil.

$$W = \Delta E_k = E_{k2} - E_{k1}$$

$$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$W = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

4.2. KINETICKÁ (pohybová) ENERGIE

Kinetická energie soustavy HB

je dána součtem kinetických energií jednotlivých bodů.

$m_1 \dots v_1$

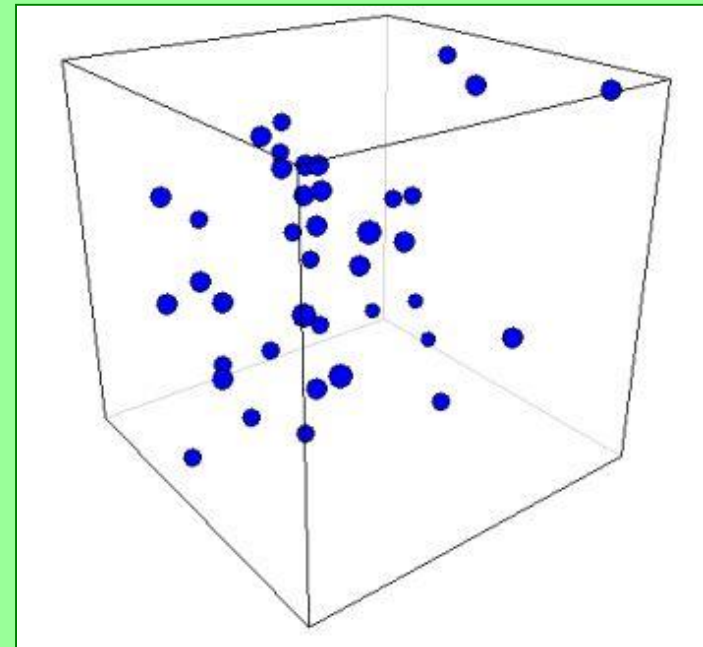
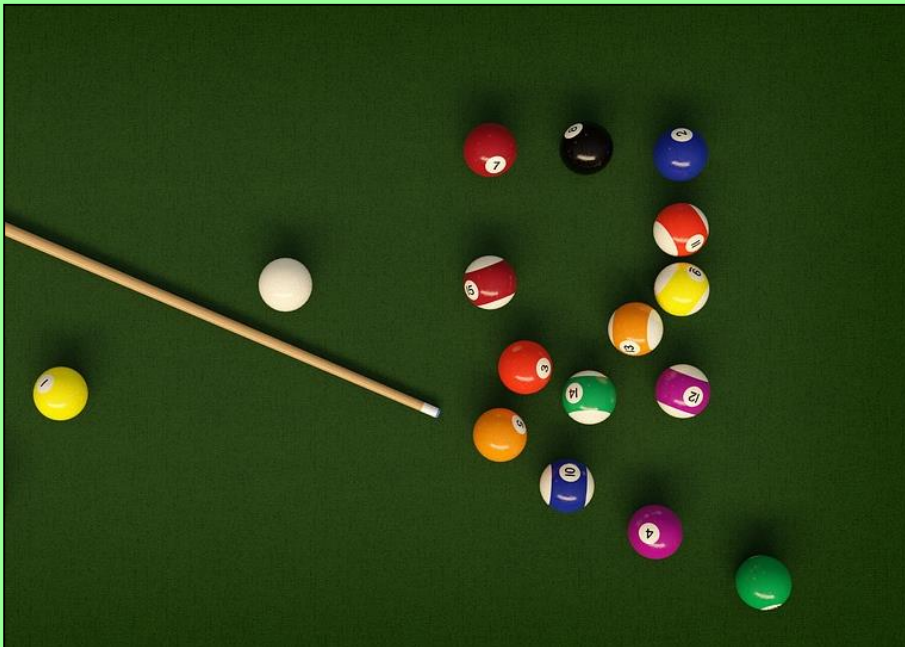
...

$m_n \dots v_n$

$$E_k = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} m_i v_i^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \dots + \frac{1}{2} m_n v_n^2$$

př.: (molekuly v nádobě, kulečnické koule, tělesa sluneční soustavy...)

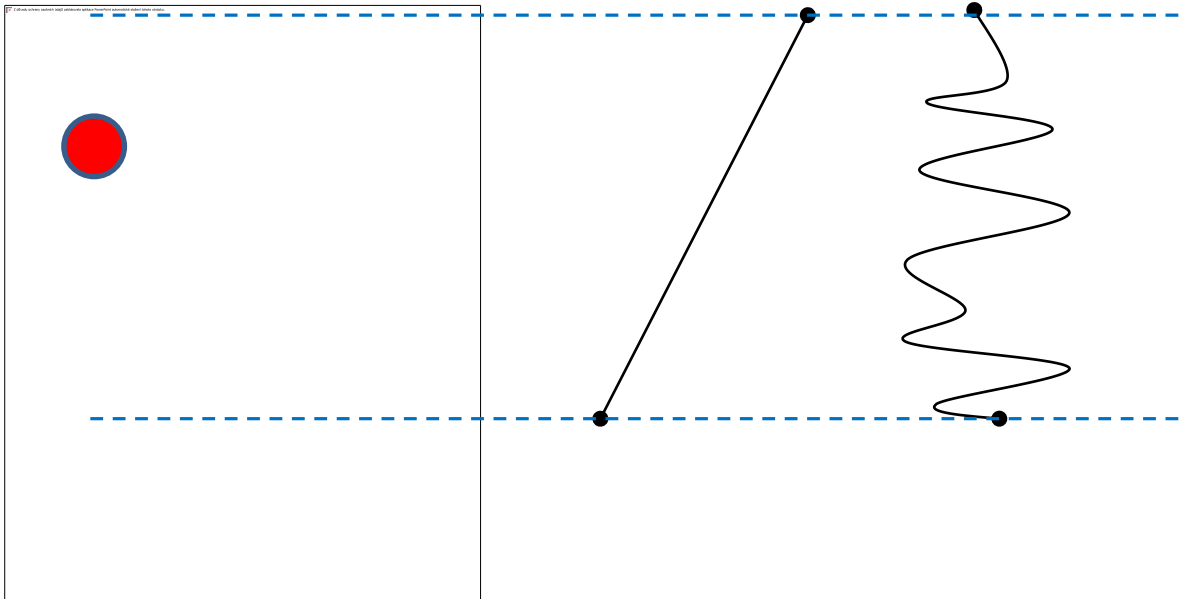


4.3. POTENCIÁLNÍ (polohová) ENERGIE

E_p mají tělesa, která jsou

- pružně deformovaná – (potenciální energie pružnosti)
- v silových polích jiných těles
- v tíhovém poli Země – (tíhovou potenciální energii)

Př.: HB o hmotnosti m , který padá volným pádem v tíhovém poli Země



$$F_G = mg$$
$$s = h_1 - h_2$$

$$W = F_G \cdot s$$

$$W = mg(h_1 - h_2)$$

$$W = mgh_1 - mgh_2$$

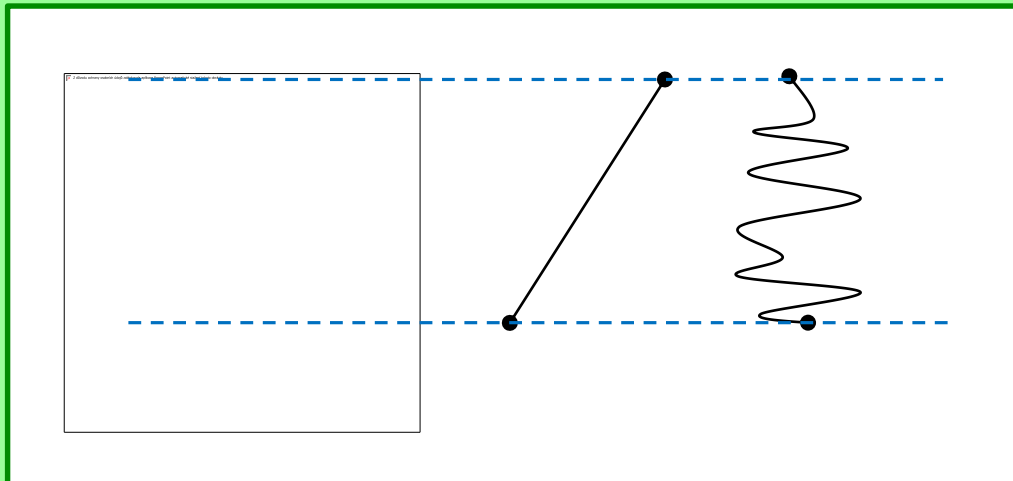
$$W = E_{p1} - E_{p2} = \Delta E_p$$

4.3. POTENCIÁLNÍ (polohová) ENERGIE

Práce vykonaná silou F_G je rovna změně potenciální energie a nezávisí na tvaru trajektorie ani na její délce.

nulová hladina tíhové potenciální energie = libovolně zvolená vodorovná rovina, na které je $E_p = 0$. (povrch Země)

Ve výšce h nad zvolenou nulovou hladinou potenciální energie je tíhová potenciální energie $H B$ o hmotnosti m



$$E_p = mgh$$

4.4. MECHANICKÁ ENERGIE

je součet kinetické a potenciální energie

$$E = E_k + E_p$$

	E_p	E_k	E
začátek	mgh	0	E_p
průběh v čase t	$mg\left(h_0 - \frac{1}{2}gt^2\right)$	$\frac{1}{2}m(gt)^2$	$E_k + E_p$
konec	0	$\frac{1}{2}mv^2$	E_k

4.4. MECHANICKÁ ENERGIE

je součet kinetické a potenciální energie

$$E = E_k + E_p$$

Zákon zachování mechanické energie

Celková mechanická energie tělesa je konstantní.

Při všech mechanických dějích se může měnit

E_k v E_p a naopak.

(Platí v izolované soustavě těles.)

Př. Kyvadlo, těleso na pružině, pružné srážky těles...

4.5. ZÁKON ZACHOVÁNÍ ENERGIE

Pro izolovanou soustavu těles platí zákon zachování energie. (nepůsobí třecí síly, odpor prostředí...), deformovaná tělesa jsou dokonale pružná (míč se odrazí do stejné výšky...)

NE V PRAXI

- kyvadlo se zastaví, auto se zastaví...
- míč se odrazí do menší výšky
- celková mechanická energie se zmenšuje – nezaniká, přeměňuje se na jiné formy energie (zahřívají se brzdy, pneumatiky, ...)
- Neplatí zákon zachování mechanické energie.

4.5. ZÁKON ZACHOVÁNÍ ENERGIE

Zákon zachování energie (princip ZE)

- Při dějích, probíhajících v IS těles, zůstává součet kinetické, potenciální a vnitřní energie těles konstantní.
- Jedna forma energie se může měnit v jinou, nebo přechází energie z jednoho tělesa na druhé, ale celková energie se nemění.

Práce je mírou přeměny či přenosu energie
– charakterizuje děj.

Energie charakterizuje stav soustav.

4.6. VÝKON A ÚČINNOST

výkon

– fyzikální veličina vyjadřující, jak rychle se práce koná

Průměrný výkon

je podíl práce a doby,
za kterou se práce vykonala.

$$P_p = \frac{W}{t}$$

$$[P] = J s^{-1} = W$$

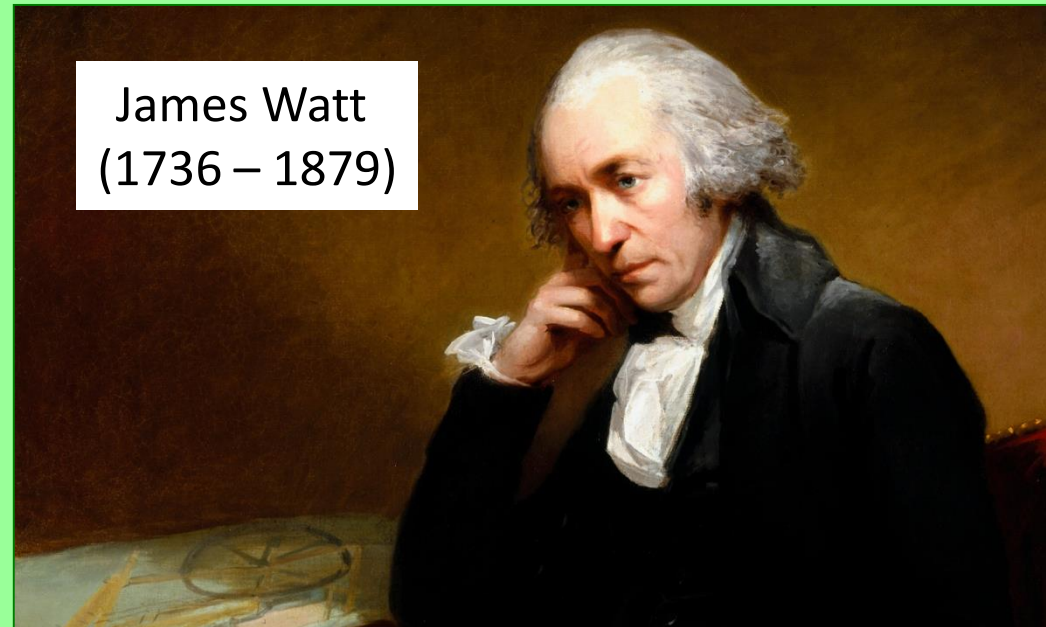
Výkon 1 W

má zařízení,
které vykoná práci 1 J za 1 s.

$$1 \text{ kůň} = 736 \text{ W}$$

$$W = P_p t \quad [W] = Ws$$

... v energetice $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws}$ (J)



James Watt
(1736 – 1879)

4.6. VÝKON A ÚČINNOST

Koná-li stroj práci nerovnoměrně, lze určit **okamžitý výkon**, který se rovná součinu velikosti síly působící na těleso a okamžité rychlosti tělesa.

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

$$\Delta t \rightarrow 0$$

$$P = \frac{F \Delta s}{\Delta t}$$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta s = v \Delta t$$

$$P = \frac{F v \Delta t}{\Delta t}$$

$$P = F \cdot v$$

Příkon je podíl energie dodané stroji za dobu t a této doby.

$$P_0 = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Účinnost stroje je podíl výkonu P a příkonu P_0 .

$$\eta = \frac{P}{P_0}$$

Práce, kterou stroj za určitou dobu vykoná, je vždy menší než energie, kterou stroji za tutéž dobu dodáme

$$\eta < 1 \Rightarrow \eta < 100\%$$

PRÁCE PLYNU - Řešte úlohy:

105/3 Jakou práci vykoná plyn při stálém tlaku 0,15 MPa, jestliže se jeho objem zvětší o 2,0 l?

$$p = 0,15 \text{ MPa} = 15 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$\Delta V = 2 \text{ l} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W' = ?$$

$$W' = p \cdot \Delta V$$

$$W' = 300 \text{ J}$$

105/4 Jakou práci vykoná plyn, jestliže se jeho původní objem 0,2 m³ při stálém tlaku 0,5 MPa ztrojnásobí?

$$V_1 = 0,2 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 3V_1$$

$$p = 0,5 \text{ MPa} = 5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$W' = ?$$

$$W' = p \cdot (V_2 - V_1)$$

$$W' = 5 \cdot 10^5 \cdot (0,6 - 0,2) \text{ J}$$

$$W' = 2 \cdot 10^5 \text{ J} = 0,2 \text{ MJ}$$