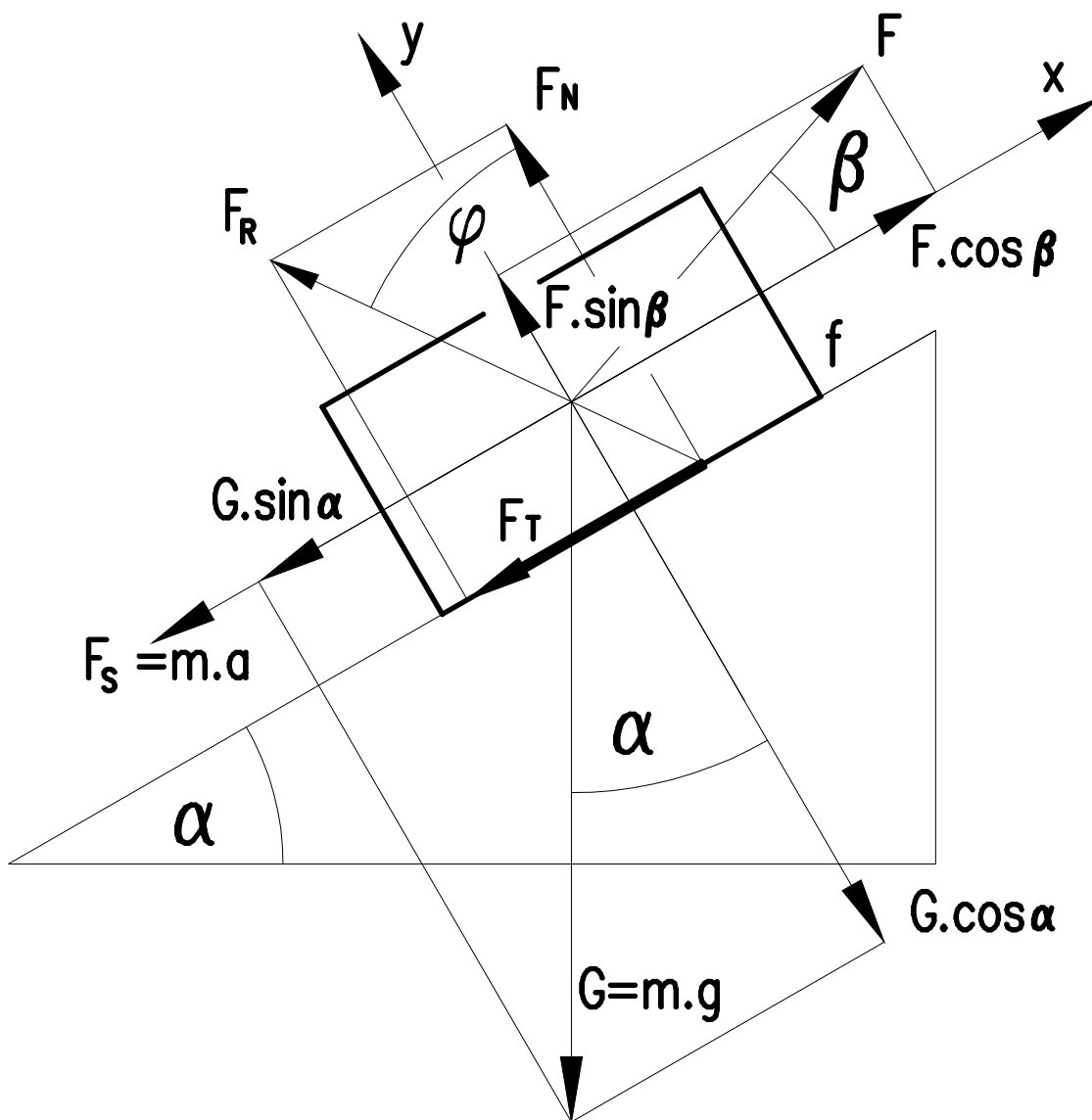


Název a adresa školy:	Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková organizace, Praskova 399/8, Opava, 746 01
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, oblast podpory 1.5
Registrační číslo projektu:	CZ.1.07/1.5.00/34.0129
Název projektu	SŠPU Opava – učebna IT
Typ šablony klíčové aktivity:	III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT (20 vzdělávacích materiálů)
Název sady vzdělávacích materiálů:	<b>MEC IIIa</b>
Popis sady vzdělávacích materiálů:	Mechanika III – dynamika a hydrostatika, 3. ročník.
Sada číslo:	<b>G–20</b>
Pořadové číslo vzdělávacího materiálu:	<b>08</b>
Označení vzdělávacího materiálu: (pro záznam v třídní knize)	VY_32_INOVACE_G–20–08
Název vzdělávacího materiálu:	<b>Pohyb tělesa po nakloněné rovině</b>
Zhotoveno ve školním roce:	2011/2012
Jméno zhotovitele:	Ing. Karel Procházka

## Pohyb tělesa po nakloněné rovině

Postup řešení je stejný jako v předchozích případech. Zavedením reakce uvolníme těleso, přidáme setrvačnou sílu a případ řešíme z podmínek statické rovnováhy.

**Př.:** Na nakloněné rovině s úhlem  $\alpha = 8^\circ$  se pohybuje těleso o hmotnosti  $m = 50 \text{ kg}$  a působí na něj síla  $F = 80 \text{ N}$  pod úhlem  $\beta = 12^\circ$ . Počáteční rychlost tělesa  $v_0 = 10 \text{ m/s}$ . Určete jakou rychlostí se bude pohybovat těleso po nakloněné rovině po 5 sekundách silového působení.  $f = 0,08$ .



$$\sum F_{ix} = F \cdot \cos \beta - F_s - F_T - G \cdot \sin \alpha = 0$$

$$\sum F_{iy} = F_N + F \cdot \sin \beta - G \cdot \cos \alpha = 0$$

$$F_N + F \cdot \sin \beta - m \cdot g \cdot \cos \alpha = 0 \rightarrow F_N = m \cdot g \cdot \cos \alpha - F \cdot \sin \beta$$

$$F \cdot \cos \beta - m \cdot a - F_N \cdot f - m \cdot g \cdot \sin \alpha = 0$$

$$F \cdot \cos \beta - m \cdot a - m \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha + F \cdot f \cdot \sin \beta - m \cdot g \cdot \sin \alpha = 0 \rightarrow$$

$$a = \frac{F \cdot \cos \beta - m \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha + F \cdot f \cdot \sin \beta - m \cdot g \cdot \sin \alpha}{m} =$$

$$= \frac{F \cdot (\cos \beta + f \cdot \sin \beta) - m \cdot g \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}{m} =$$

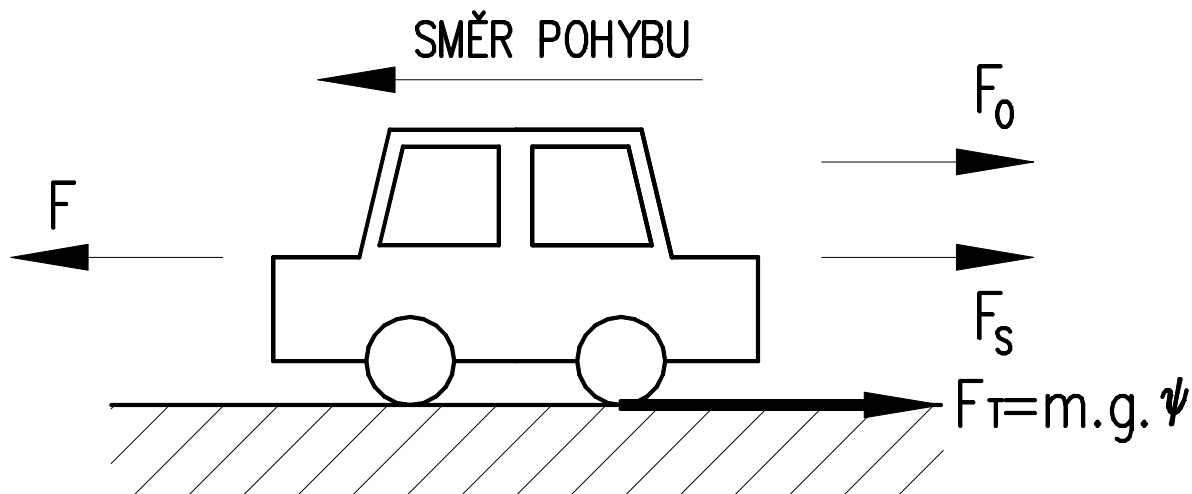
$$= \frac{80 \cdot (\cos 12^\circ + 0,08 \cdot \sin 12^\circ) - 50 \cdot 9,81 \cdot (0,08 \cdot \cos 8^\circ + \sin 8^\circ)}{50} =$$

$$= a = -0,551 \text{ m/s}^2 \rightarrow \text{dochází ke zpomalování tělesa}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t} \rightarrow v = a \cdot t + v_0 = -0,551 \cdot 5 + 10 = 7,25 \text{ m/s}$$

## Pohyb rychlého dopravního prostředku

Při pohybu dopravního prostředku po rovné vodorovné vozovce musí vozidlo překonávat odpor, který se skládá z celkového odporu vozidla a odporu prostředí. Celkový odpor vozidla  $F_T$  (třecí síla) se skládá z čepového tření a valivého odporu.



$$\text{Třecí síla: } F_T = F_N \cdot \psi = G \cdot \psi = m \cdot g \cdot \psi$$

$$\text{Trakční součinitel: } \Psi = \frac{e + f_\epsilon \cdot r_\epsilon}{R}$$

$e$  – rameno valivého odporu;

$f_\epsilon$  – součinitel čepového tření;

$r_\epsilon$  – poloměr čepu;

$R$  – poloměr kola.

Odpor prostředí je dán vztahem:

$$F_0 = \kappa \cdot S \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

$\kappa$  – odporový součinitel ( $0,8 \div 1,5 [-]$ );

$\rho$  – měrná hmotnost prostředí [ $kg \cdot m^{-3}$ ];

$$K = \frac{\kappa \cdot \rho}{2}$$

$S$  – největší průřez vozidla kolmý k pohybu [ $m^2$ ];

$$F_0 = K \cdot S \cdot v^2$$

$v$  – rychlost vozidla [ $m \cdot s^{-1}$ ];

$$\rho_{\text{vzduchu}} = 1,25 \frac{kg}{m^3}$$

$K$  – tvarový součinitel [ $0,09$  (proudnicový tvar)  $\div 0,5$  (klasický tvar nákladáku)].

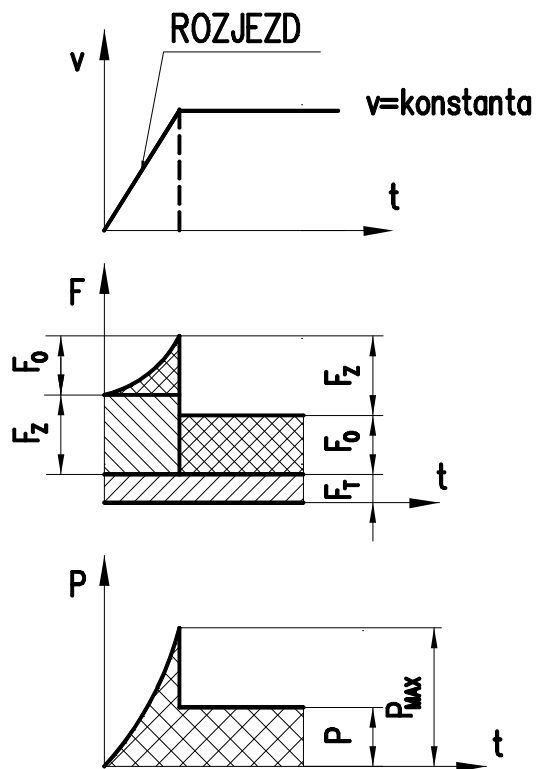
Při řešení pohybu rychlých dopravních prostředků vycházíme ze vztahu:

$$F - F_s - F_0 - F_T = 0$$

$$F_0 = \kappa \cdot S \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$F_T = m \cdot g \cdot \psi$$

## Grafické znázornění rychlosti, hnací síly a výkonu motoru



Při rozběhu musí hnací síla překonávat **odpor tření  $F_T$**  a **odpor prostředí  $F_0$**  a vozidlo musí zrychlovat. Maximální rychlosti odpovídá hnací síla  $F_{\max} = F_T + F_0 + F_z$  ( $F_z$  – zrychlující síla)

Za plné jízdy odpadá zrychlující síla  $F_z$  a hnací síla pak je:  $F = F_T + F_{0\max}$

$$P = F \cdot v$$

$$P_{\max} = F_{\max} \cdot v_{\max}$$

po rozběhu klesne výkon na

$$P = (F_T + F_{0\max}) \cdot v_{\max}$$

**Př.:** Automobil o hmotnosti  $m = 1\,500\text{ kg}$  se rozběhne za  $t = 10\text{ s}$  rovnoměrně zrychleně na rychlost  $v = 72\text{ km/h} = 20\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Jaká je jeho zrychlující a hnací síla motoru  $F_h$  při rozběhu, největší hnací síla  $F_{\max}$  a největší výkon motoru  $P_{\max}$ , hnací síla a výkon při plné jízdě?  $K = 0,3$ ;  $S = 3\text{ m}^3$ ;  $\Psi = 0,01$ .

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{20 - 0}{10} = 2\text{ m/s}^2$$

$$\text{Zrychlující síla: } F_z = m \cdot a = 1500 \cdot 2 = 3000\text{ N}$$

$$\text{Třecí síla: } F_T = m \cdot g \cdot \Psi = 1500 \cdot 9,81 \cdot 0,01 \approx 147\text{ N}$$

Hnací síla  $F_h$  na počátku rozběhu (zrychlující + třecí):

$$F_h = F_z + F_T = 3000 + 147 = 3147\text{ N}$$

$$\text{Odpor vzduchu na konci rozběhu: } F_0 = K \cdot S \cdot v^2 = 0,3 \cdot 3 \cdot 20^2 = 360\text{ N}$$

Největší hnací síla na konci rozjíždění:

$$F_{\max} = F_z + F_0 + F_T = 3000 + 360 + 147 = 3507 N$$

$$\text{Největší výkon: } P_{\max} = F_{\max} \cdot v_{\max} = 3507 \cdot 20 = 70140 W = 70,1 kW$$

$$\text{Hnací síla při plné jízdě: } F_h = F_T + F_0 = 147 + 360 = 507 N$$

$$\text{Výkon při plné jízdě: } P = F_h \cdot v_{\max} = 507 \cdot 20 = 10140 W = 10,1 kW$$

## Seznam použité literatury:

- MRŇÁK L. – DRDLA A.: *MECHANIKA – Pružnost a pevnost pro střední průmyslové školy strojnické*. Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA II – Kinematika pro střední průmyslové školy strojnické*, Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA III – Dynamika pro střední průmyslové školy strojnické*, Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA IV – Mechanika tekutin a termomechanika pro střední průmyslové školy strojnické*, Praha: SNTL, 1977.
- TUREK, I., SKALA, O., HALUŠKA J.: *MECHANIKA – Sbírka úloh*. Praha: SNTL, 1982.
- LEINVEBER, J. – VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 5. doplněné vydání. Praha: Albra, 2011. ISBN 80-7361-033-7.