

Fyzika kolem os. aut. brzdy

Poznámky k přednášce

Smykové tření

- suché (Coulombovo) tření.
- Amontonsův zákon

tribometry

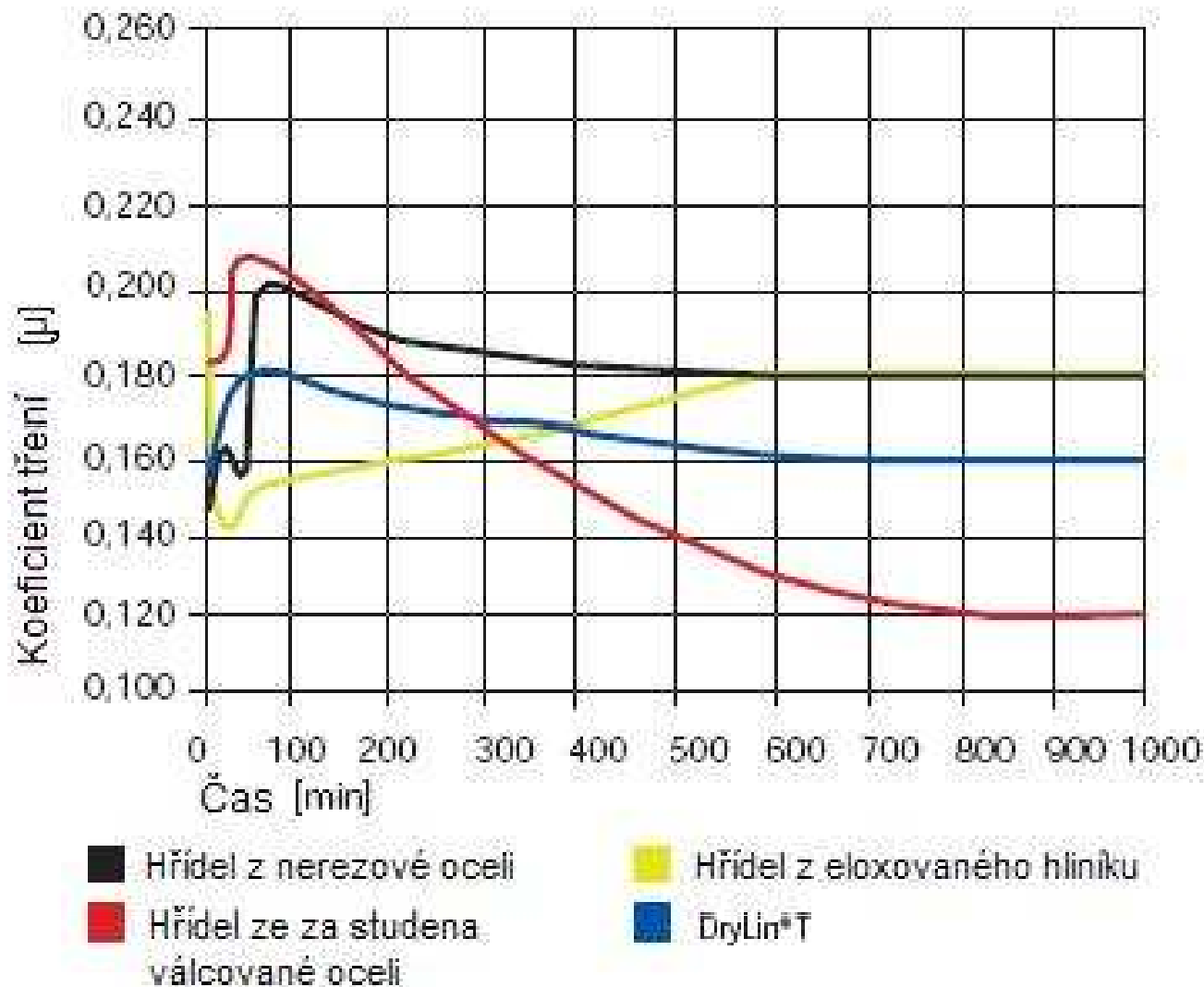
- tribometr vodorovný
- tribometr sklonný

Smykové tření pro chůzi

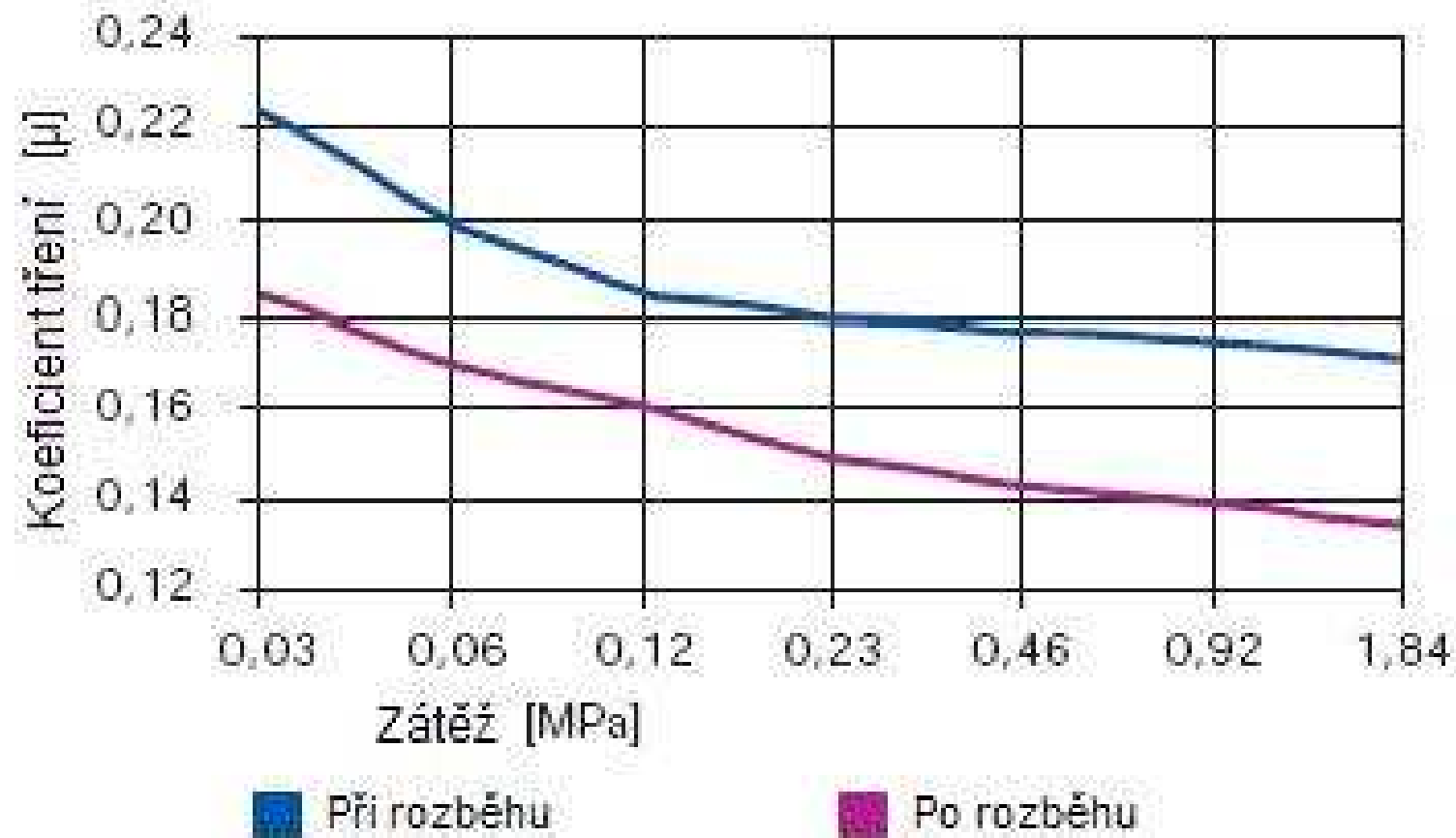
- norma obytné prostory $\mu=0,3$
- norma, okraje schodů, pasáže atd. $\mu=0,6$
- nakloněná rovina $\mu=0,3 + \text{tg } \alpha$

System DryLin

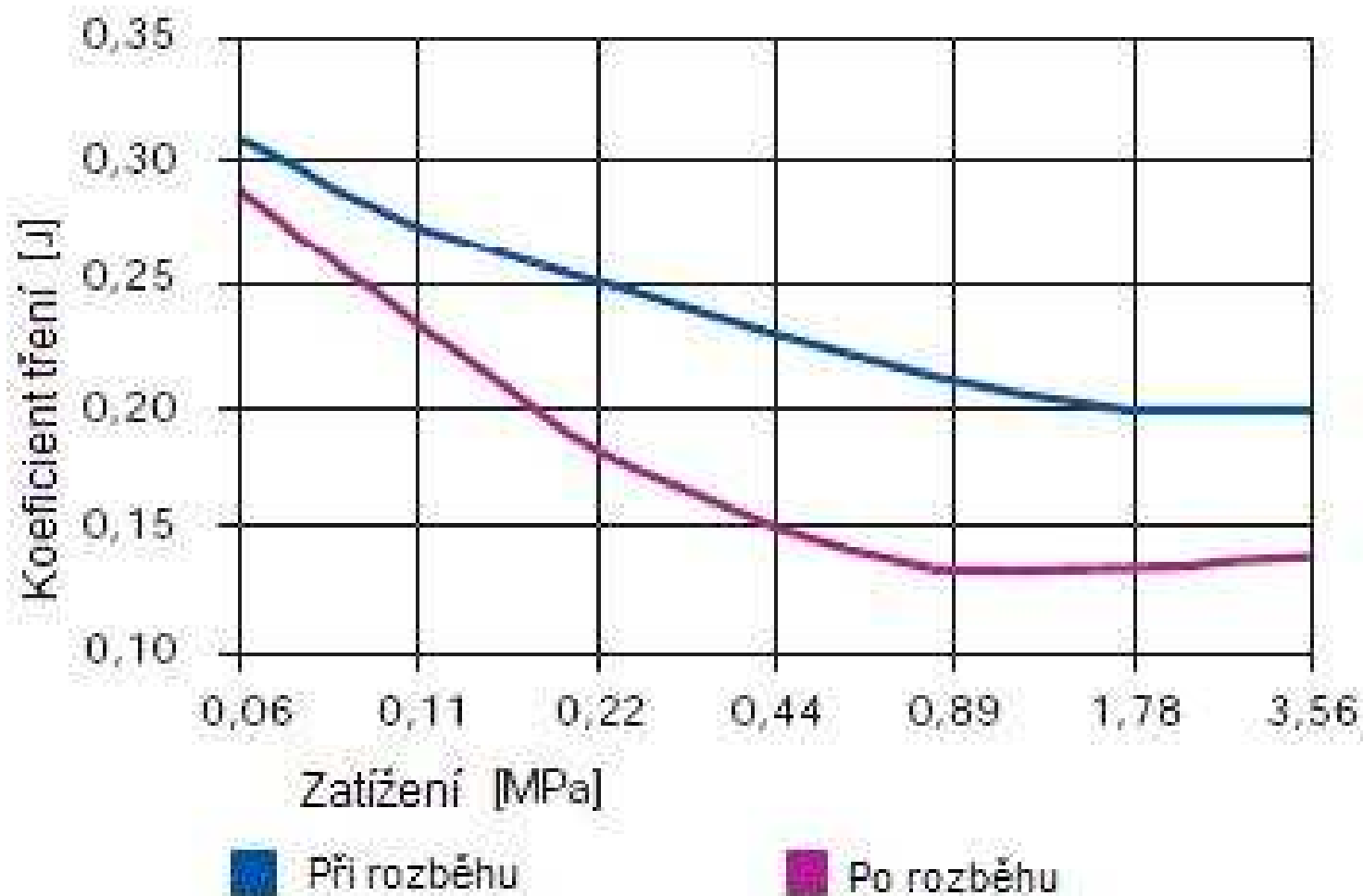
<http://www.hennlich.cz/index.php?dokument=649>



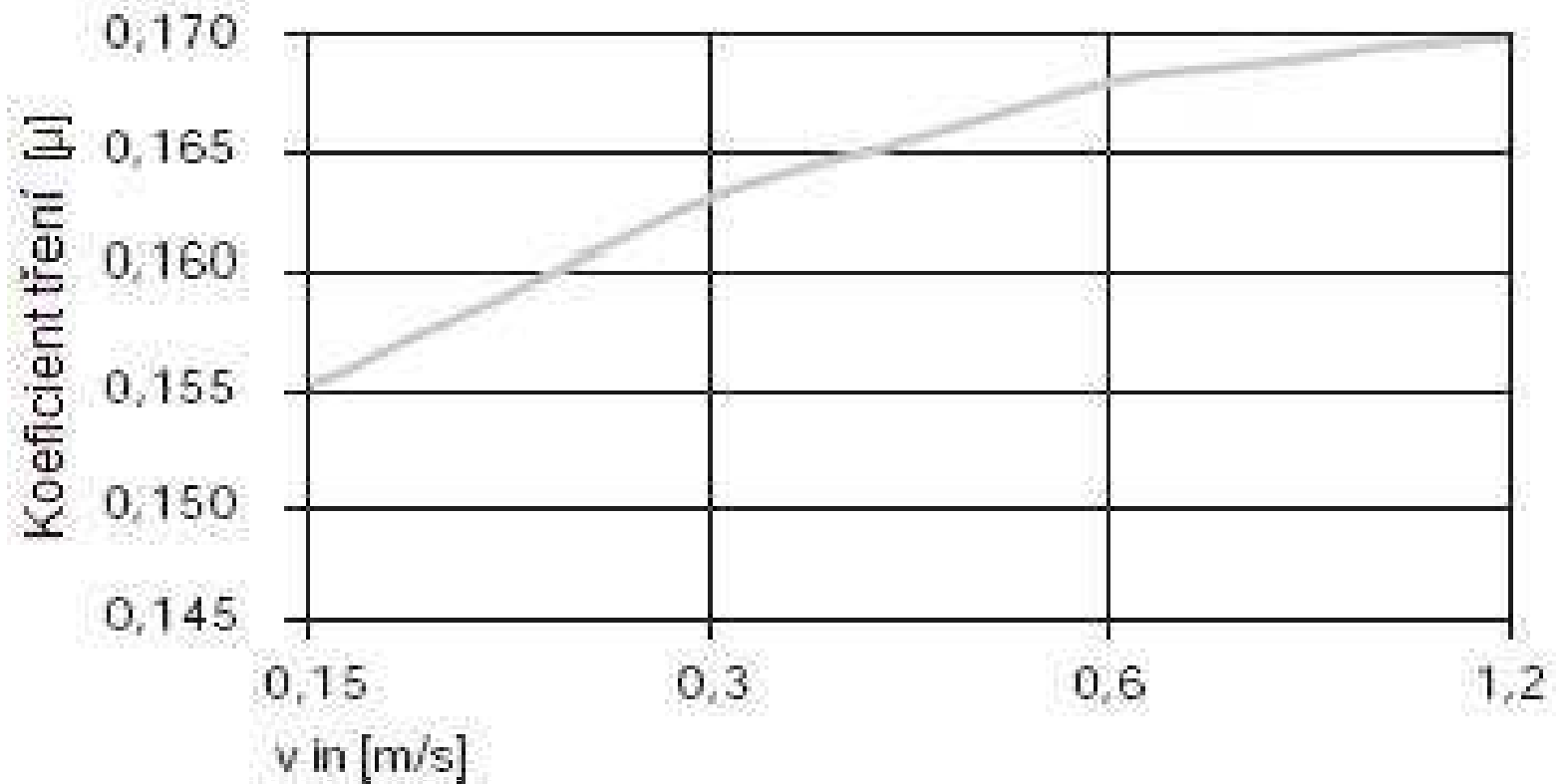
System Drylin T



DryLin R $v=0,15 \text{ ms}^{-1}$



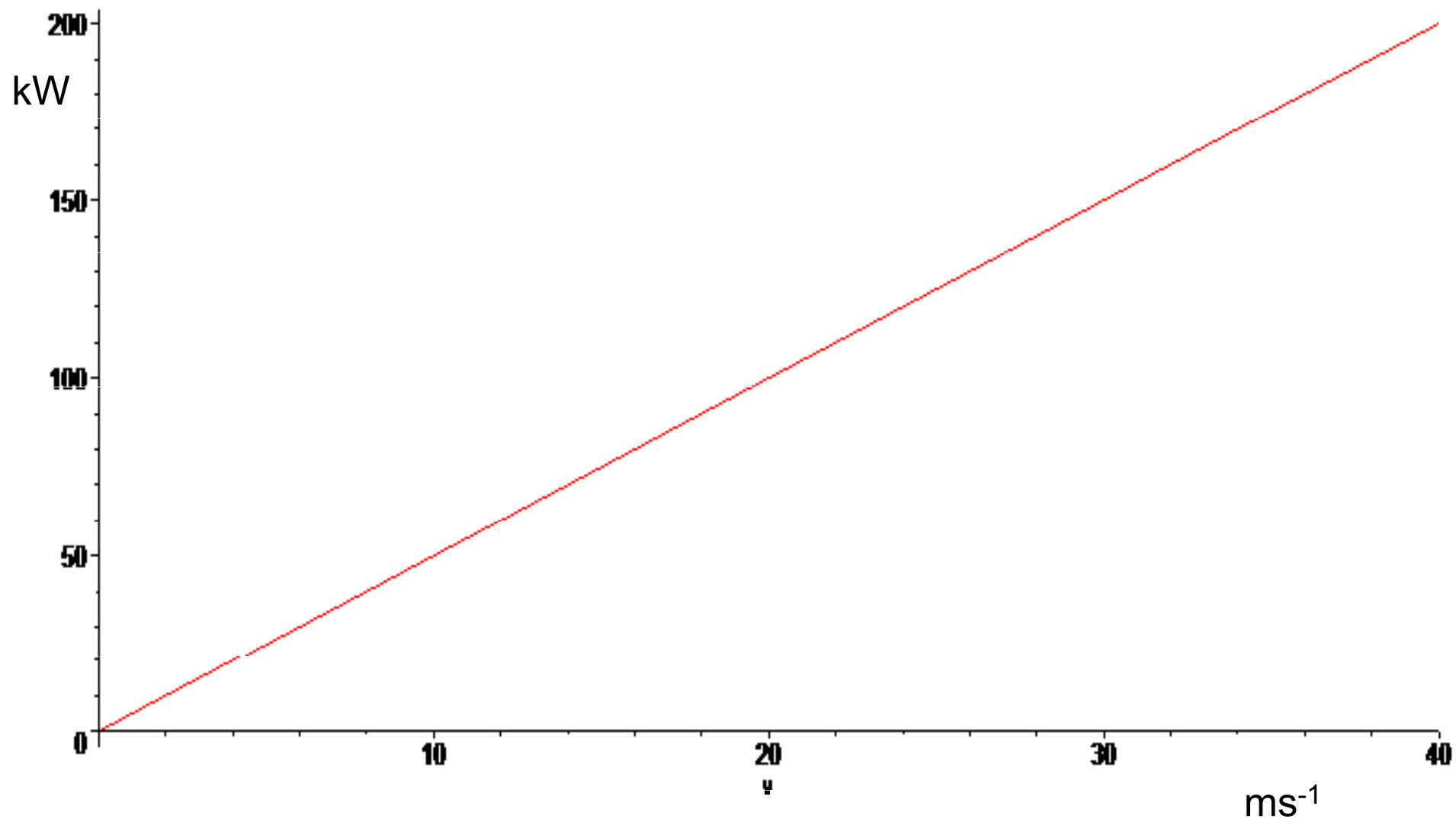
System DryLin T $p=0,46$ MPa



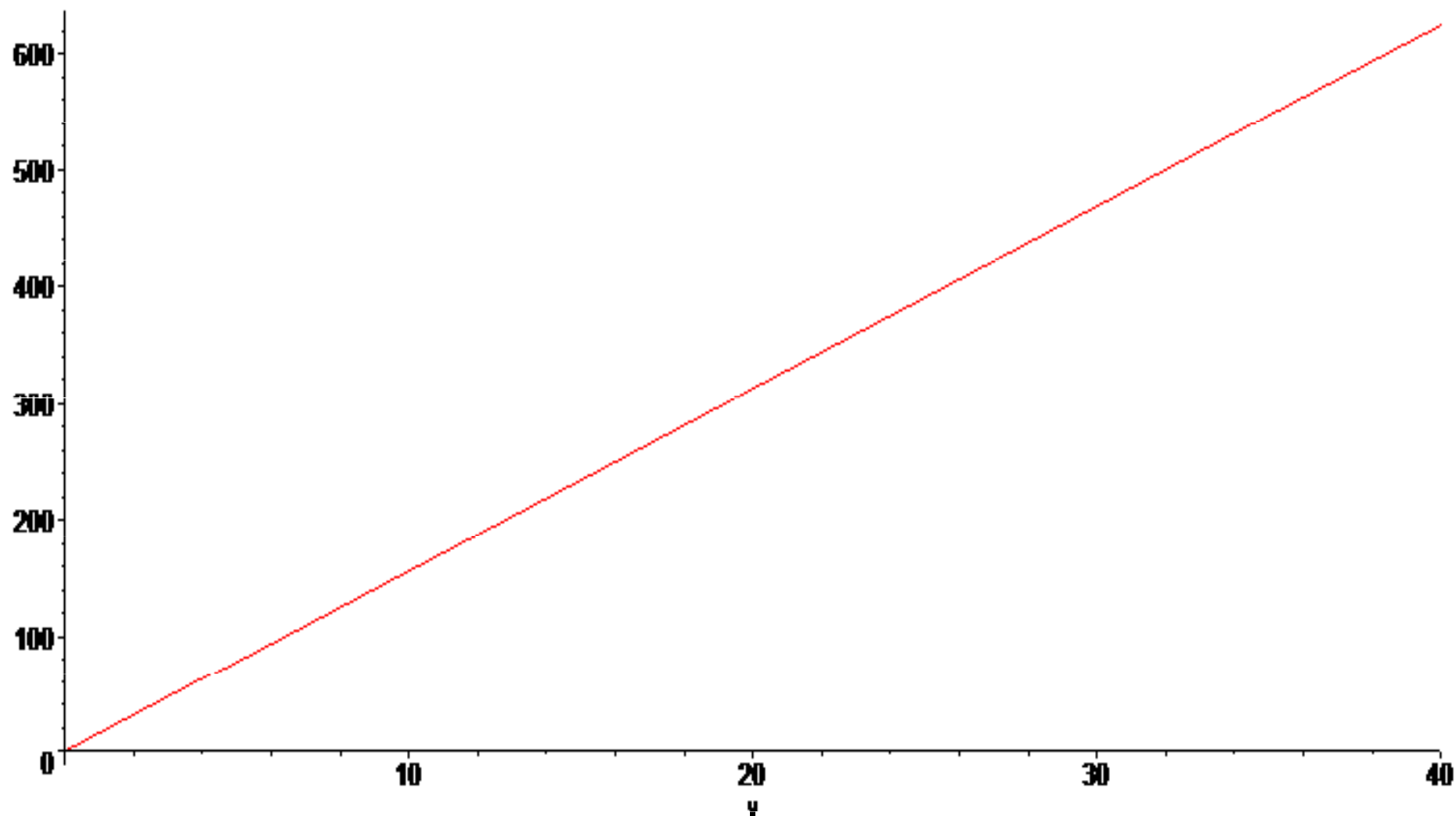
DryLine

- Nejlepší hodnoty koeficientu tření a odporu dosahuje pro drsnost $Ra=0,1-0,3$

Závislost brzdného výkonu na rychlosti při zpomalení 5 ms^{-2} , hmotnost vozidla 1000 kg



Průtok vody ohřáté z 20 na 100 C v g/s při brždění



Celková energie absorbovaná brzdami

- Hmotnost vozu 1000 kg
- Počáteční rychlost 40 ms^{-1}
- Kinetická energie 800 kJ
- Ekvivalent 2.5 kg vody ohřáté o 80 C

Celková energie absorbovaná brzdami

- Hmotnost vozu 1000 kg
- Počáteční rychlost 40 ms^{-1}
- Kinetická energie 800 kJ
- Tepelná kapacita oceli 500 J/kg
- Hmotnost pracovní části disků/ bubnů 10 kg
- Teplota 160 C

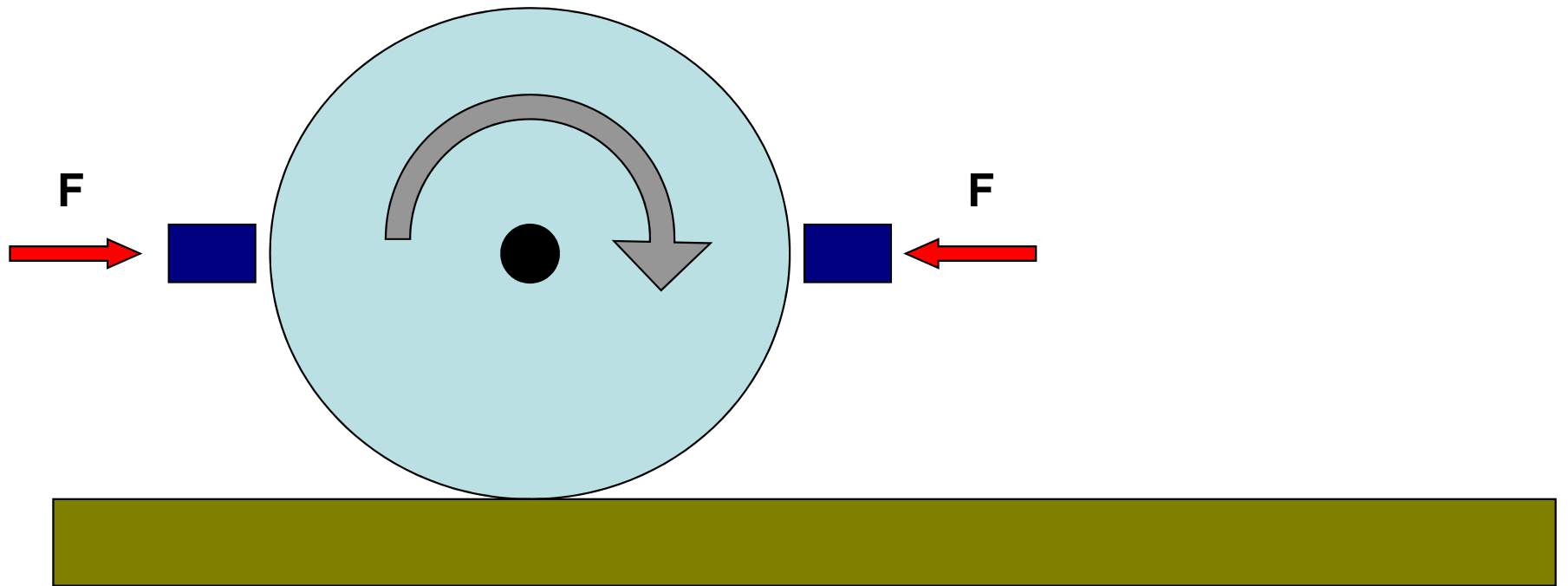
Kopec 1 km, hmotnost vozu 1000
kg

- Energie absorbovaná brzdami 10 MJ
- Ohřev brzd $10^7/5000=2000$ K

Brzdy

- Špalkové
- Kotoučové
- Bubnové
- Pásové

Špalková brzda



$$\tau_2 = F \frac{c}{b}$$

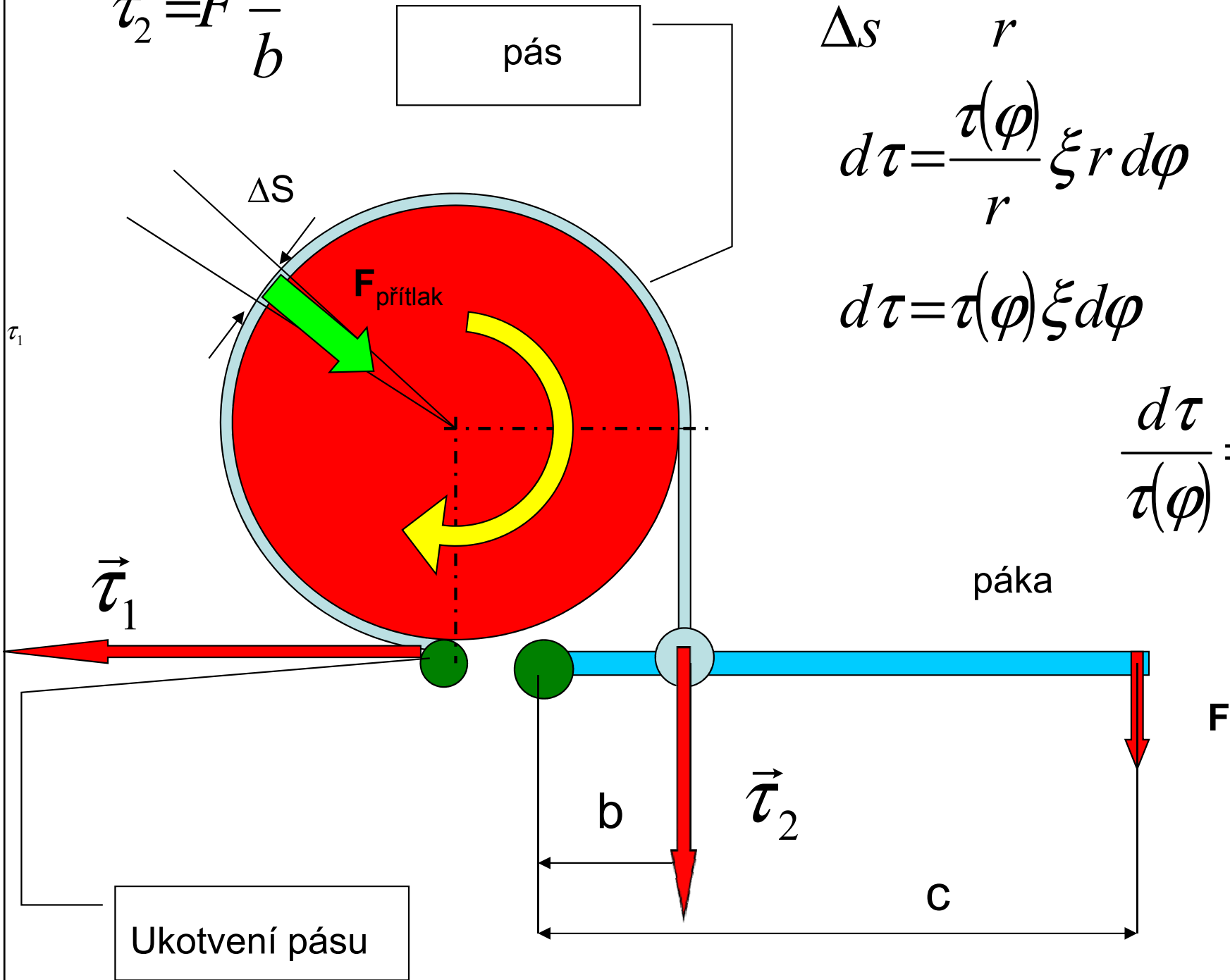
$$\frac{\Delta F_{pr.}}{\Delta s} = \frac{\tau(\varphi)}{r}$$

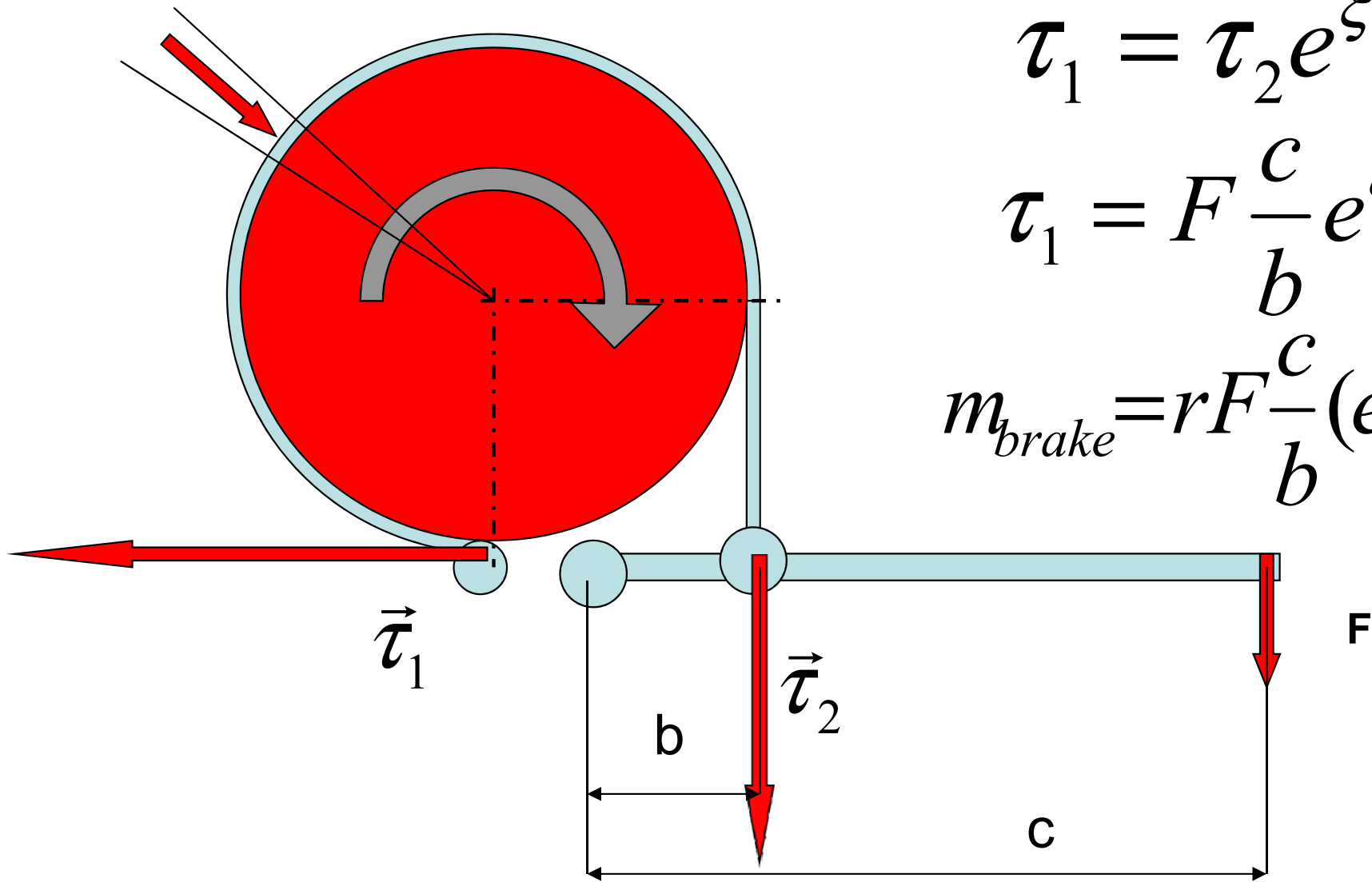
$$\Delta s = r \Delta \varphi$$

$$d\tau = \frac{\tau(\varphi)}{r} \xi r d\varphi$$

$$d\tau = \tau(\varphi) \xi d\varphi$$

$$\frac{d\tau}{\tau(\varphi)} = \xi d\varphi$$



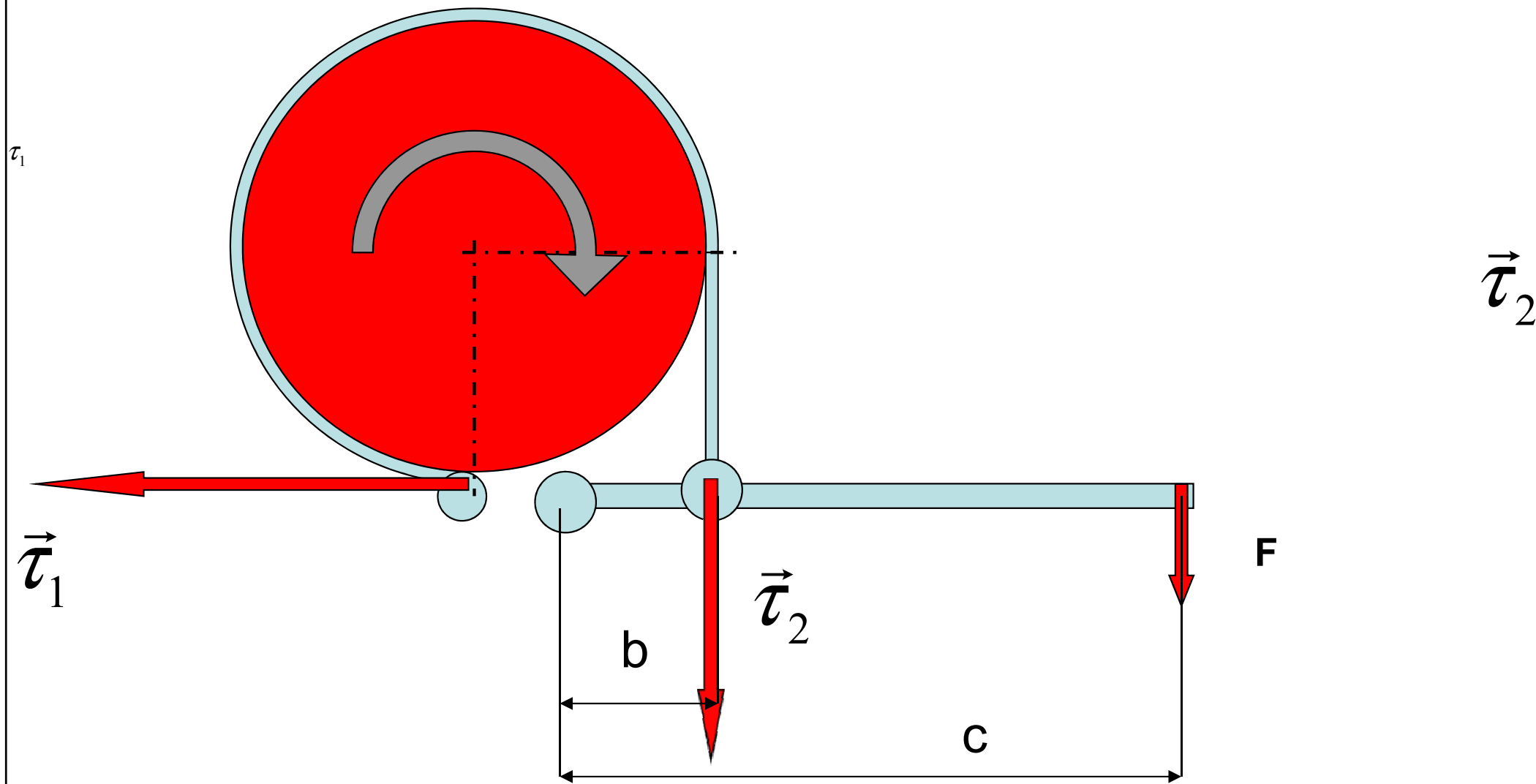


$$\tau_1 = \tau_2 e^{\xi\varphi}$$

$$\tau_1 = F \frac{c}{b} e^{\xi\varphi}$$

$$m_{brake} = rF \frac{c}{b} (e^{\xi\varphi} - 1)$$

$$\frac{\partial m_{brake}}{\partial \xi} \Delta \xi = \varphi r F \frac{c}{b} e^{\xi \varphi} \Delta \xi \approx \varphi m_{brake} \Delta \xi$$

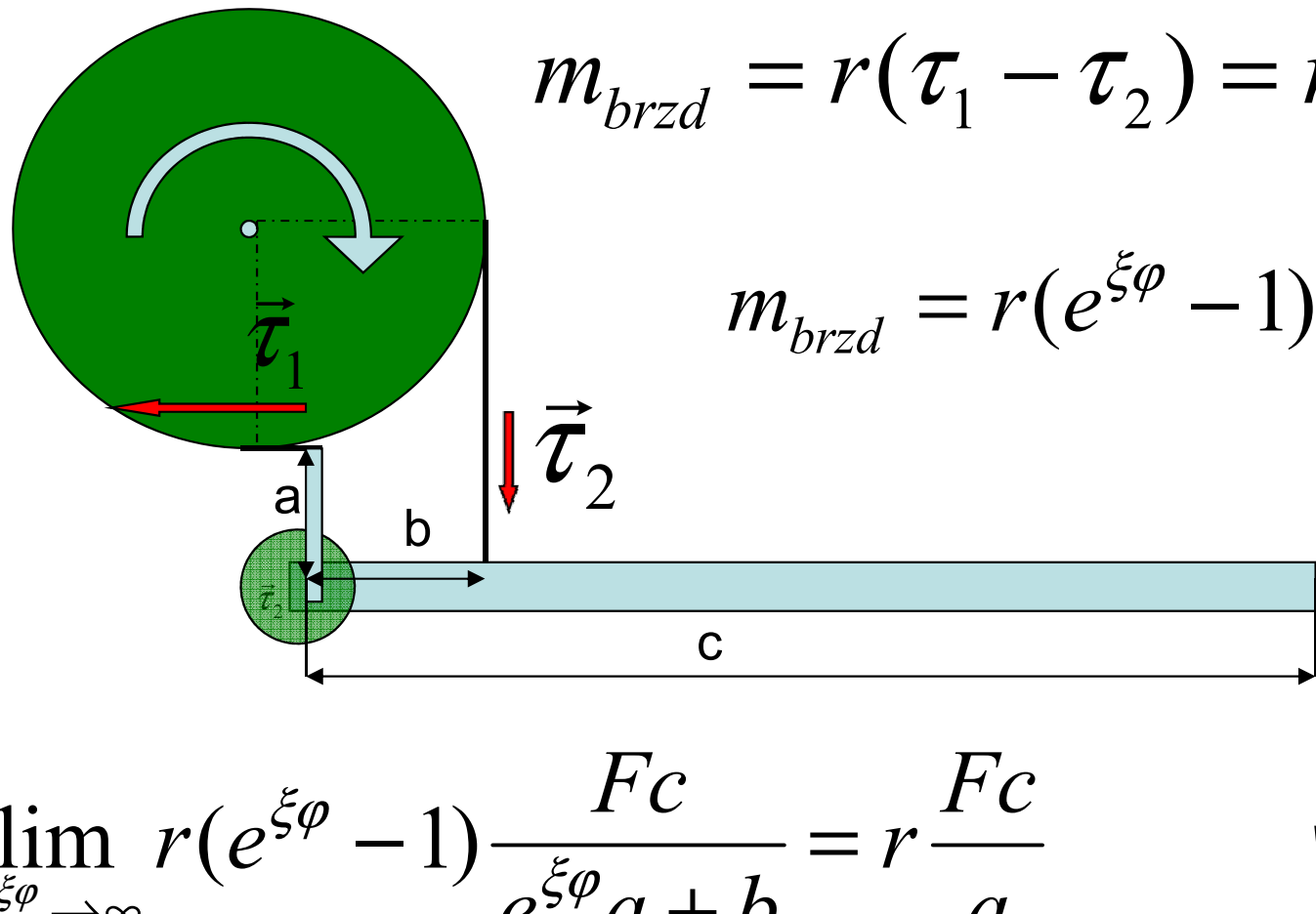


$$m_{brake} = rF \frac{c}{b} (e^{\xi\varphi} - 1)$$

$$\tau_1 a + \tau_2 b = Fc \quad \tau_2 (e^{\xi\varphi} a + b) = Fc$$

$$m_{brzd} = r(\tau_1 - \tau_2) = r\tau_2(e^{\xi\varphi} - 1)$$

$$m_{brzd} = r(e^{\xi\varphi} - 1) \frac{Fc}{e^{\xi\varphi} a + b}$$



$$\lim_{e^{\xi\varphi} \rightarrow \infty} r(e^{\xi\varphi} - 1) \frac{Fc}{e^{\xi\varphi} a + b} = r \frac{Fc}{a}$$

limit case

if multiplication factor is very high than brake momentum

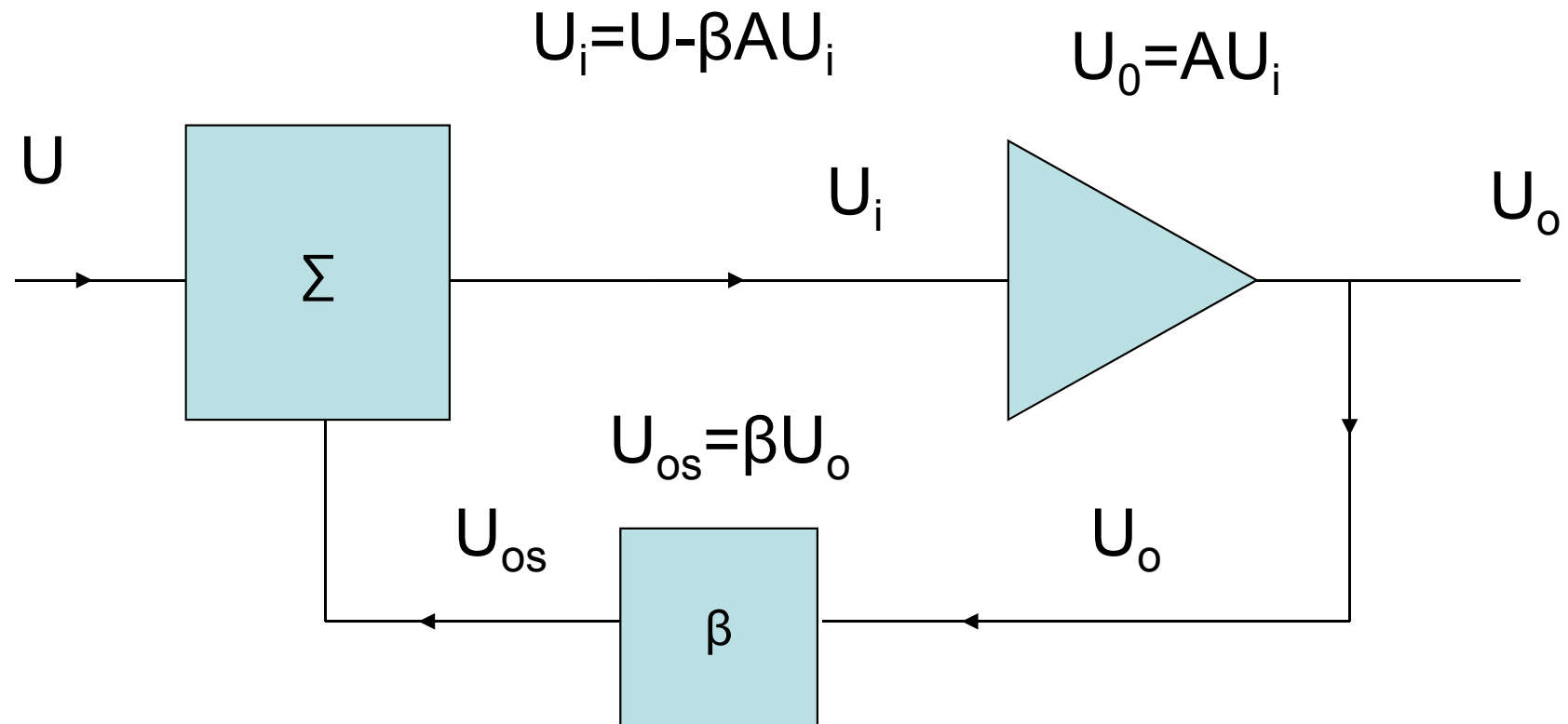
$$m_{brake} = r(e^{\xi\varphi} - 1) \frac{Fc}{e^{\xi\varphi} a + b} = r \frac{Fc}{a + \frac{b}{e^{\xi\varphi}}} - r \frac{Fc}{e^{\xi\varphi} a + b}$$

slightly depend on small changes of coefficient of friction

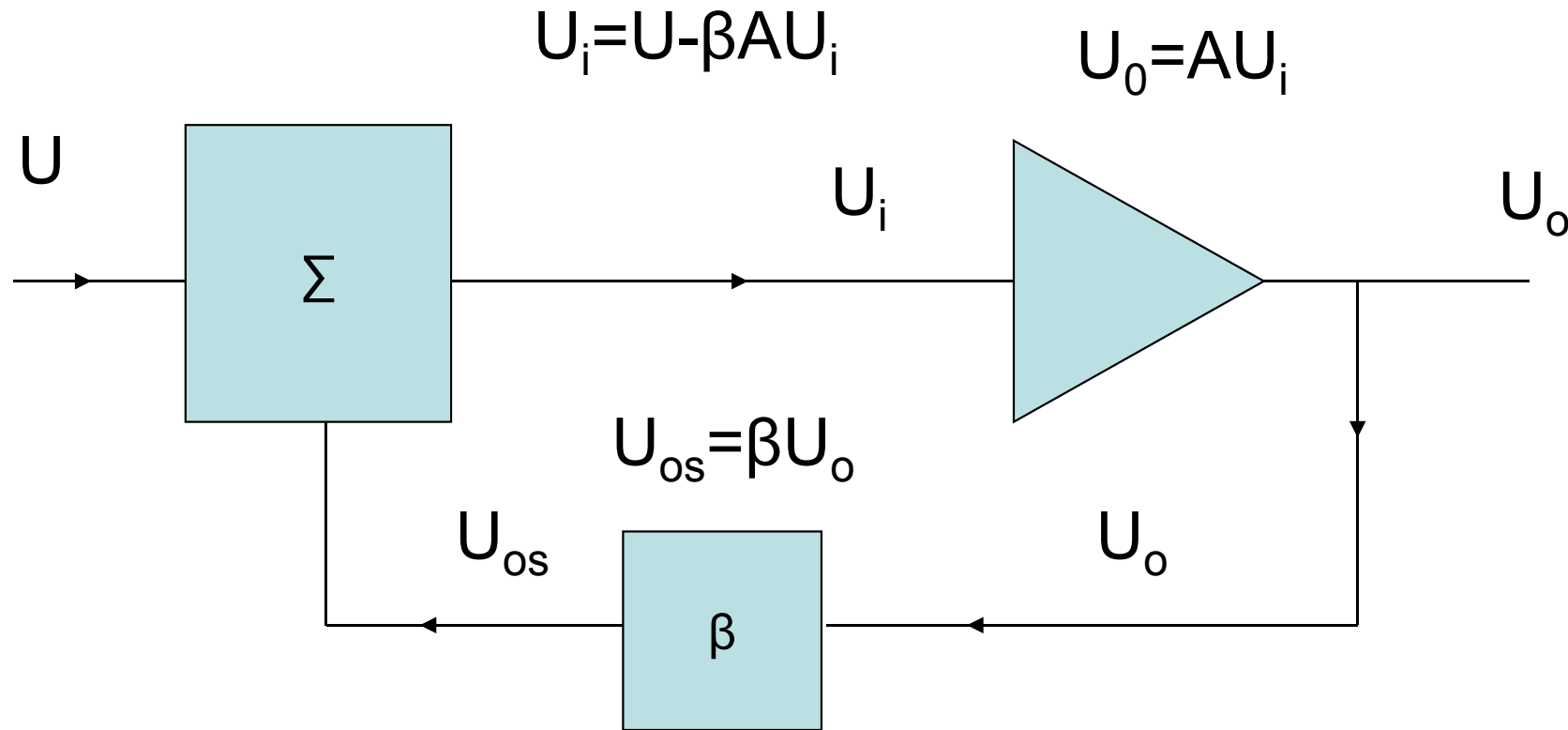
in limit case

$$m_{brake} = \lim_{e^{\xi\varphi} \rightarrow \infty} r(e^{\xi\varphi} - 1) \frac{Fc}{e^{\xi\varphi} a + b} = r \frac{Fc}{a}$$

System se zápornou zpětnou vazbou



System se zápornou zpětnou vazbou



$$A\left(U - \frac{U_o}{\beta}\right) = U_o$$

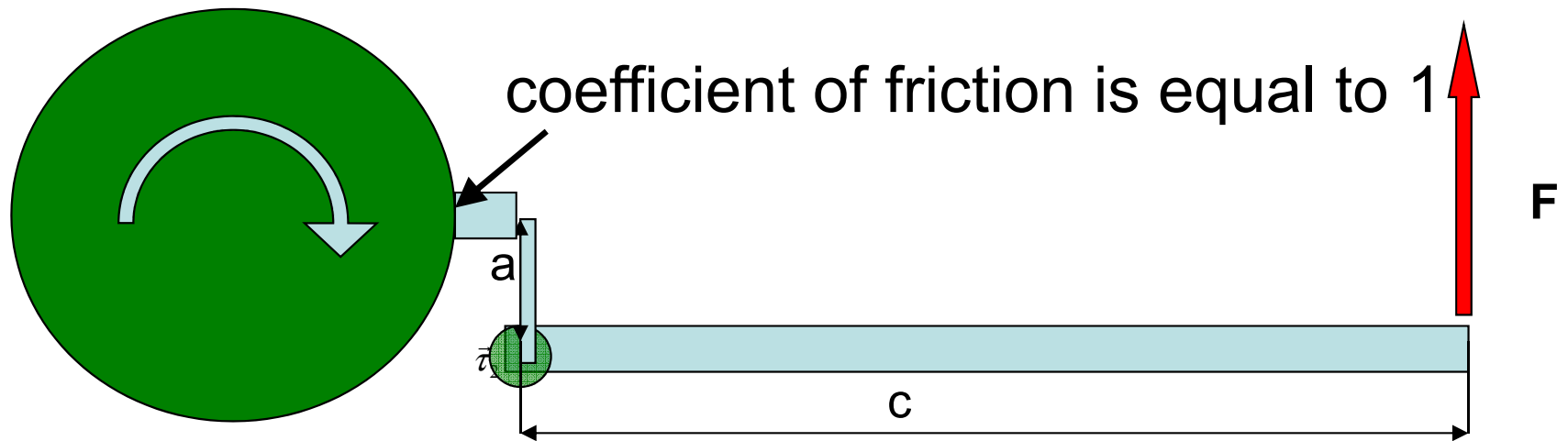
$$\left(\frac{A}{\beta} + 1\right)U_o = AU$$

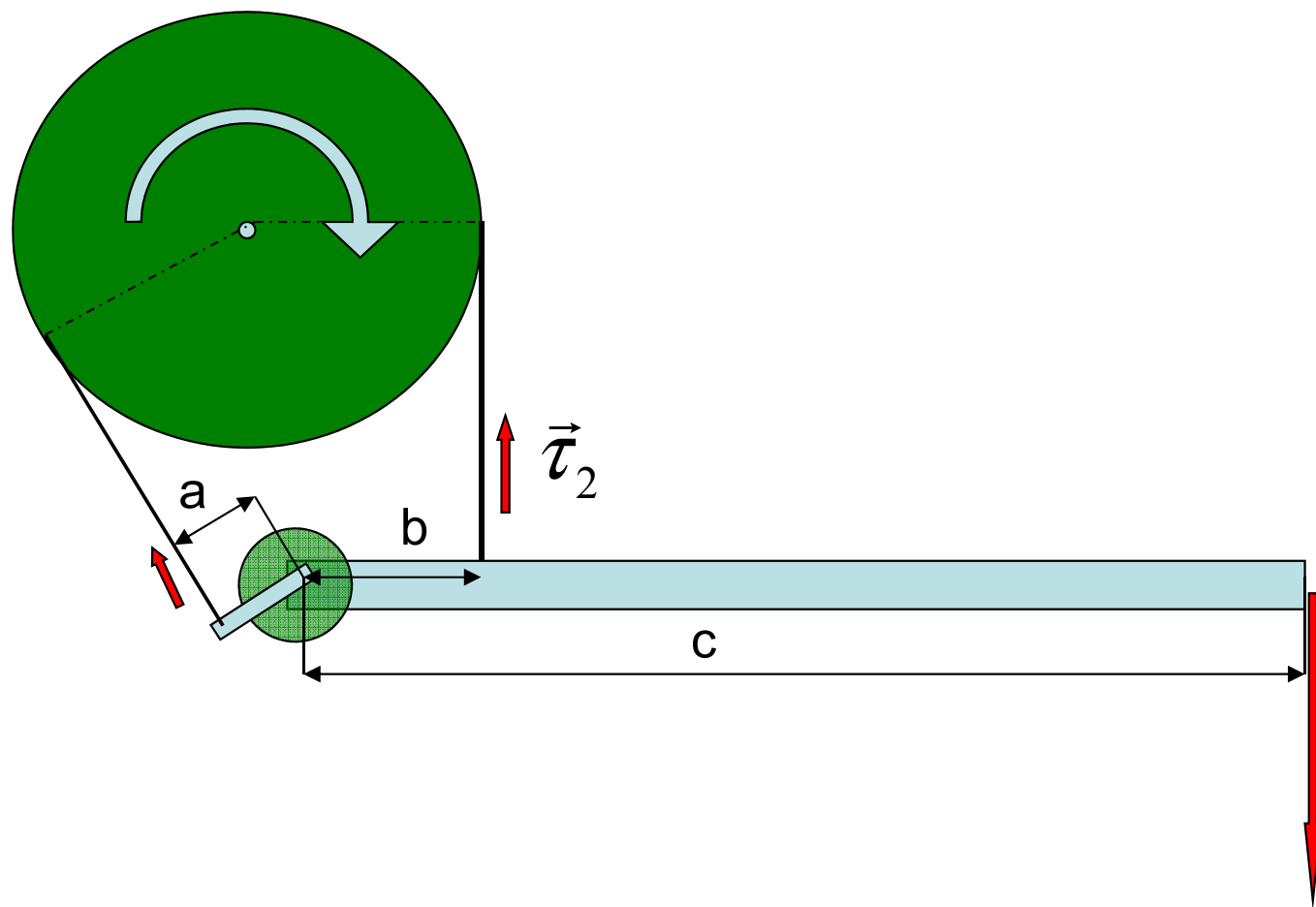
$$\lim_{A \rightarrow \infty} U_o = \lim_{A \rightarrow \infty} \frac{AU}{\frac{A}{\beta} + 1} = \beta U$$

$$AU = A \frac{U_o}{\beta} + U_o = \left(\frac{A}{\beta} + 1\right)U_o$$

$$U_o = \frac{AU}{\frac{A}{\beta} + 1}$$

the same situation as lever break working with coefficient of friction 1







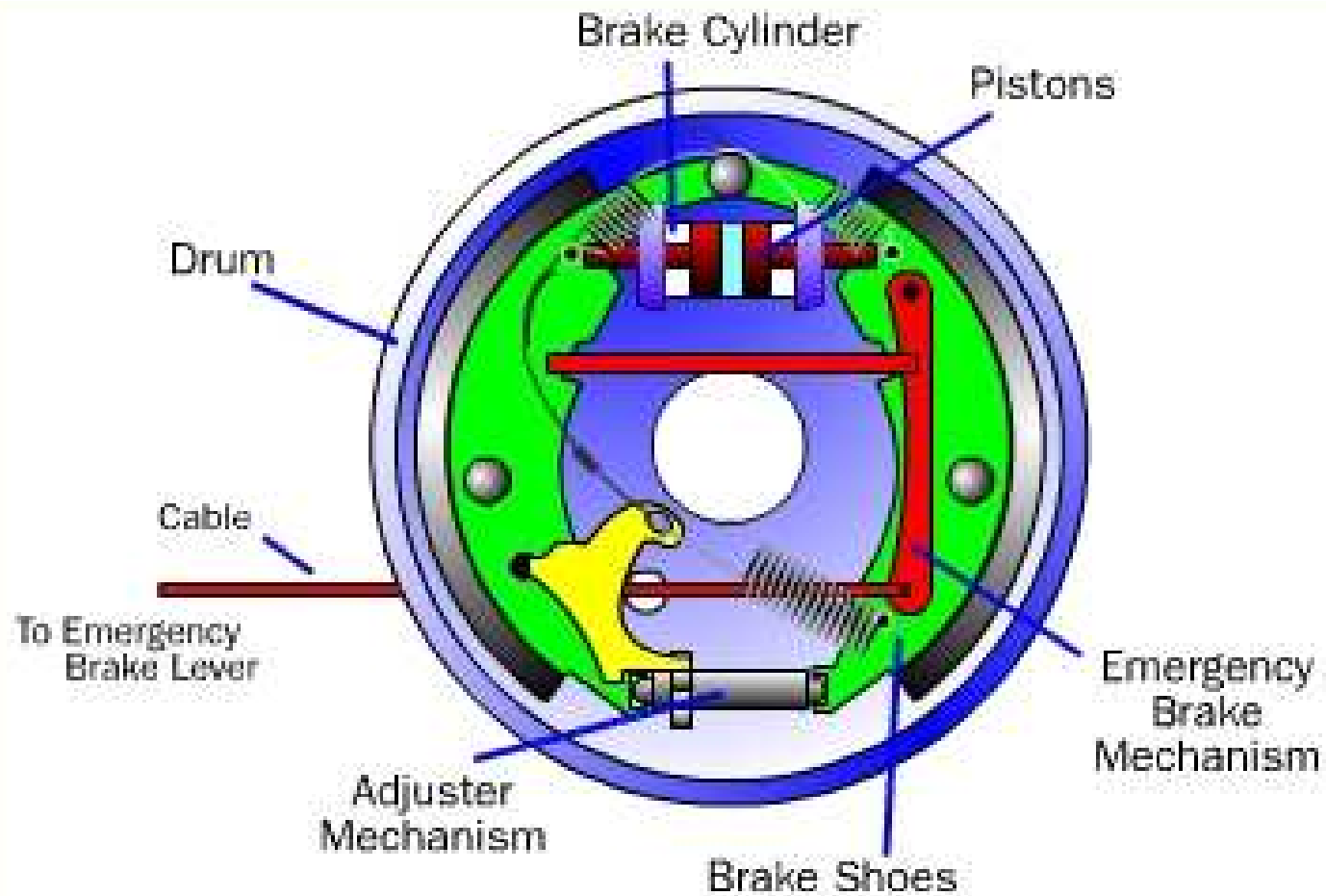
material combinaton	lubrication	coefficient of friction
Leather on wood	lubricated	0,47
Leather on ast iron	good lubrication	0,12
Leather on část iron	Low lubrication	0,38
Steel band on cast iron	dry	0,18

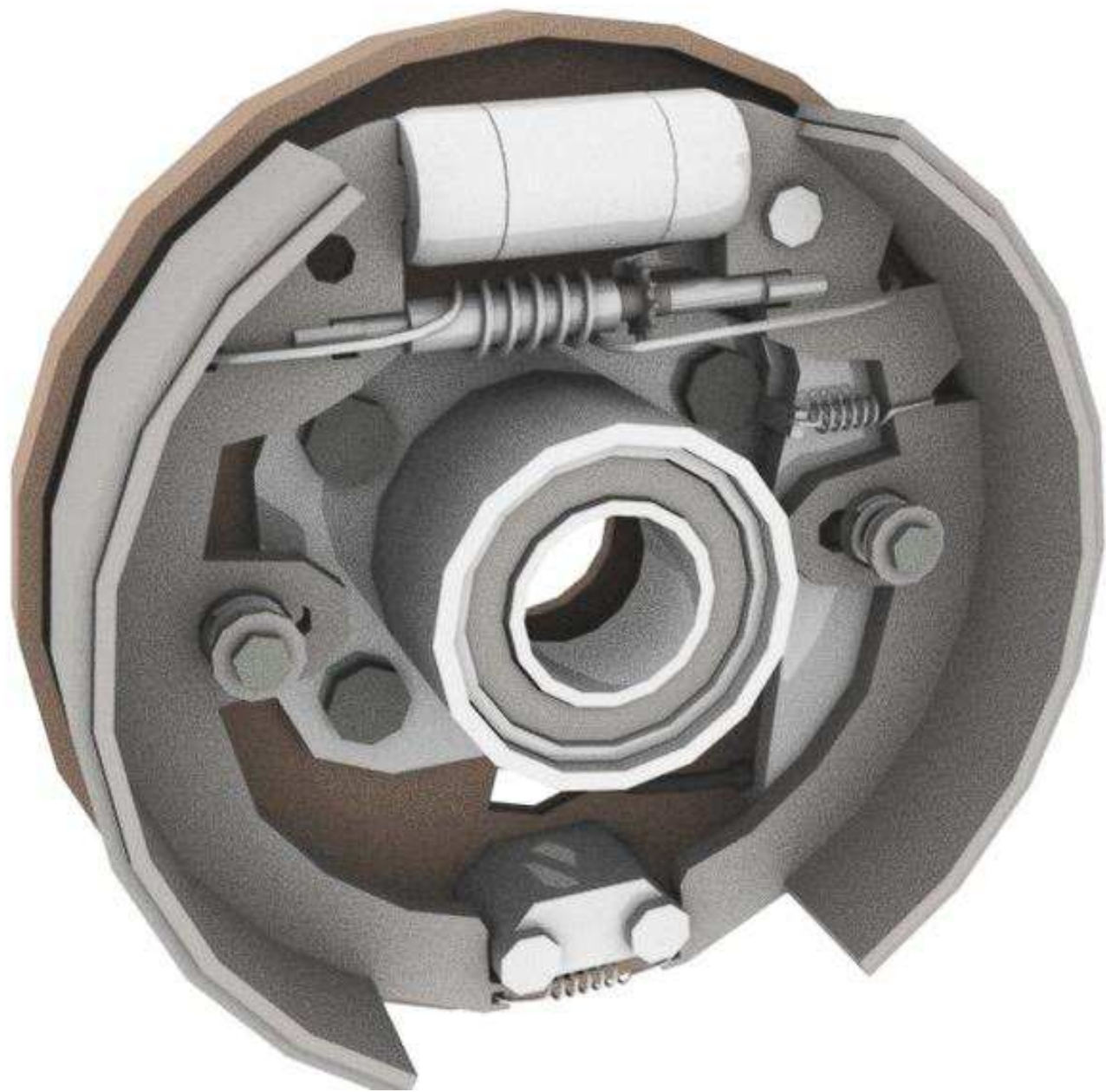
Bubnové brzdy

- Vynález bubnových brzd: rok 1902 Luis Renault, o rok dřív něco podobného použil Maybach
- Ovládání zprvu mechanické, později hydraulické

Bubnové brzdy

Drum Brake





Bubnové brzdy



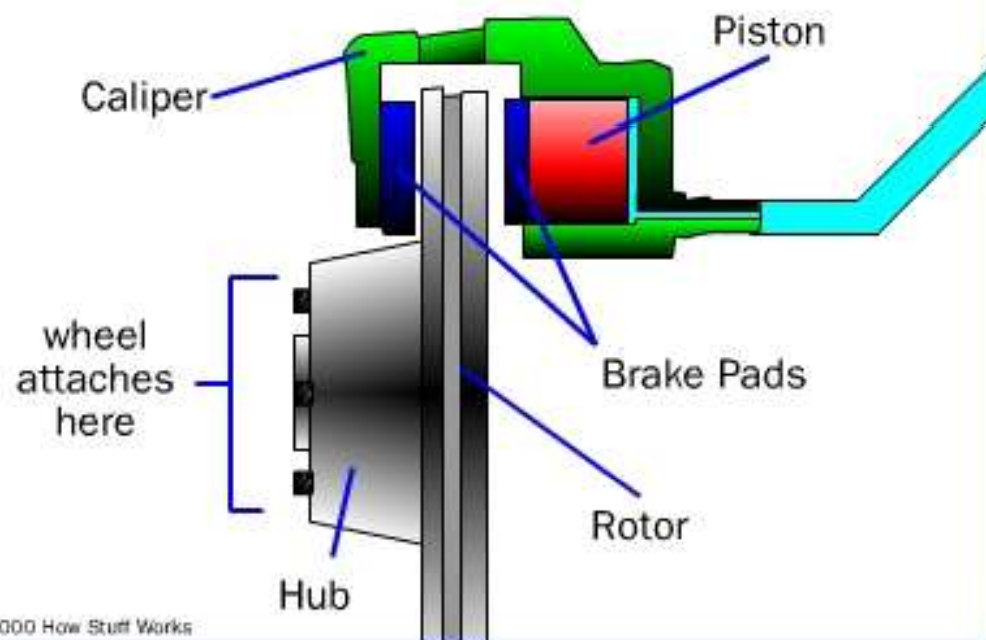
Kotoučové brzdy

- První automobil s kotoučovými brzdami byl patentován Frederickem Williamem Lanchesterem v roce 1902

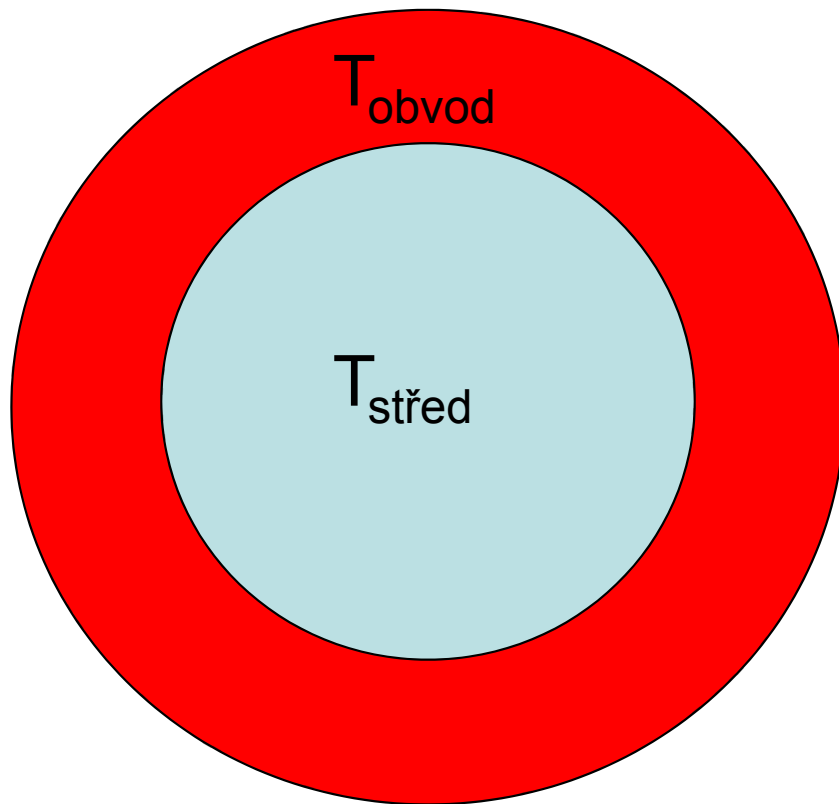


Kotoučové brzdy

How a Disc Brake Works



Deformace kotouče při brzdění



$$T_{\text{obvod}} > T_{\text{střed}}$$

Obvod za tepla je větší, než za studena

Vzhledem k studenému středu se obvod nezmění odpovídajícím způsobem