

### 2.5.3 Rameno síly

**Předpoklady:** 020502

**Pomůcky:** křivá špejlová páka,

**Pedagogická poznámka:** Křivá špejlová páka se dá vyrobit z normální nové špejlové páky. Přes páku protlačíte špendlík a na něj ihned nasadíte na střed další špejli (protože k vyrovnávání bude docházet přes špendlík, špejle se ve špendlíku nesmí při zatížení otáčet. Proto je důležité s pákou kolem špendlíku otáčet co nejméně). Konec neočárkované špejle rozštípnete a dáte do něj zvolené množství sponek. Nastavíte mezi špejlemi libovolný úhel (já při pokusu volím vždy úhly, které umožní vyvážit páku na celý počet dílků) a pak páku vyrovnáte stejným počtem sponek na očárkované špejlové páce. Změníte úhel a posouváním sponek páku opět vyrovnáte.

**Pedagogická poznámka:** Odvozování postupu pro zakreslení ramene síly do obrázku je samozřejmě důležité, ale je nutné postupovat dostatečně rychle tak, aby na příklady 3 až 6 zbylo alespoň 20 minut.

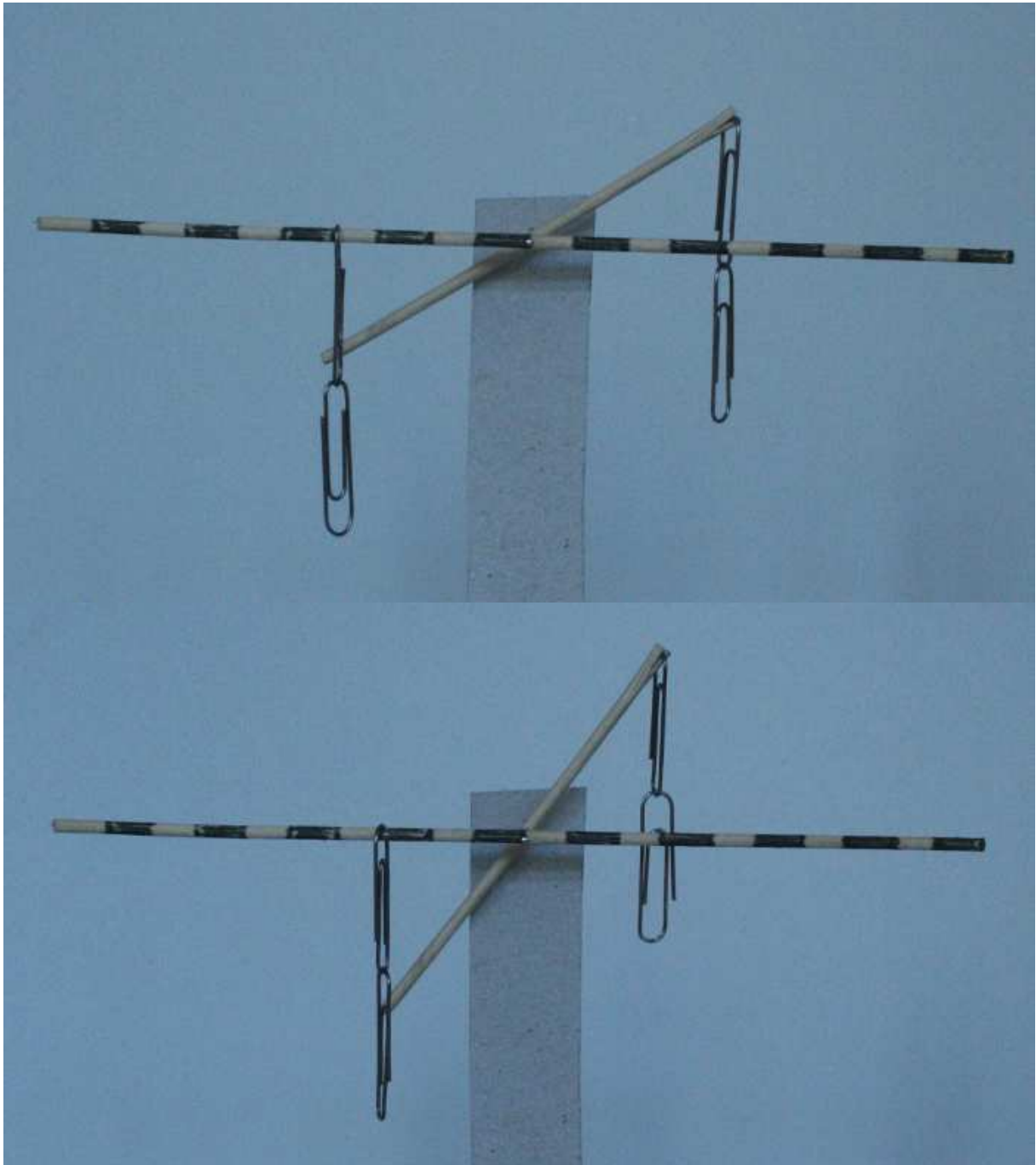
Zatím jsme měli samé jednoduché páky - vždy byly rovné a síly vždy působily kolmo k nim. Jak se změní pravidla, když bude páka nakřivo?

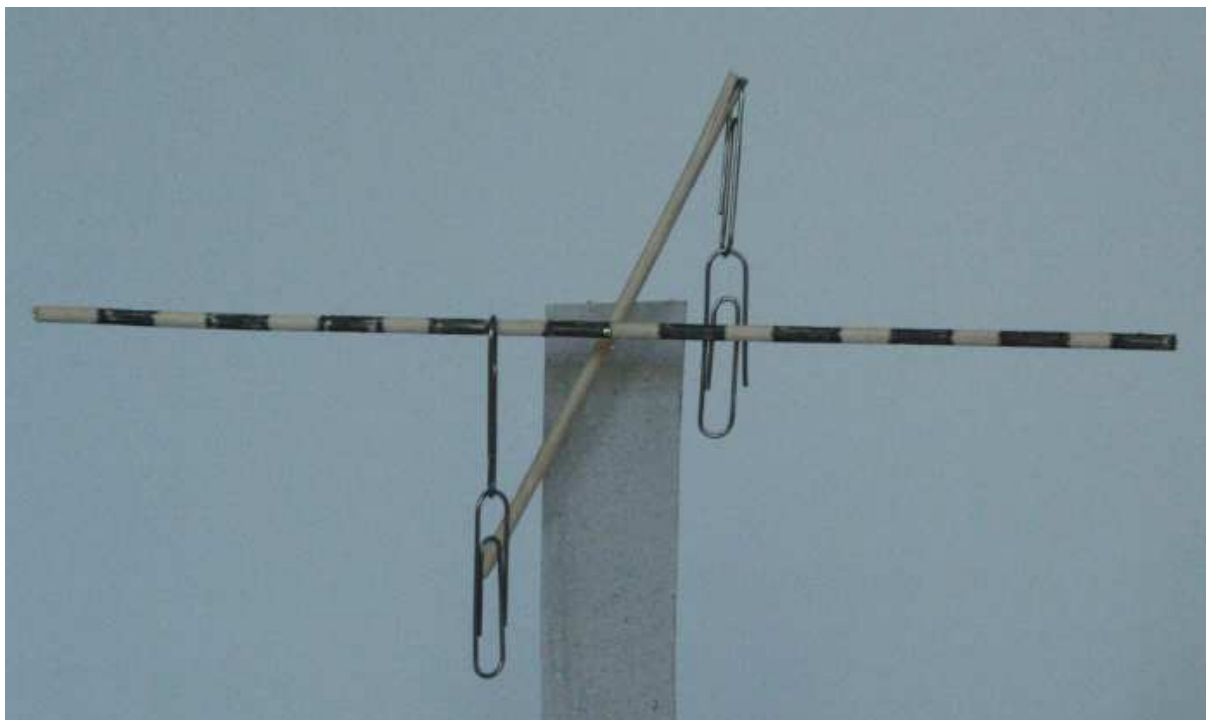
**Př. 1:** Na houpačku z předminulé hodiny nasadíme ještě druhou, nakloněnou špejli. Získáme tak houpačku s nakloněným ramenem, která je bez zavěšených sponek vyvážená. Navrhni co nejjednodušší pokus, kterým bychom mohli prozkoumat, jak čím se liší rovnováha na křivé páce od rovnováhy na rovné páce.

Na konec nakloněné špejle nasadíme určitý počet sponek (například dvě), který se budeme snažit vyvážit stejným počtem sponek na vodorovném rameni na druhé straně.

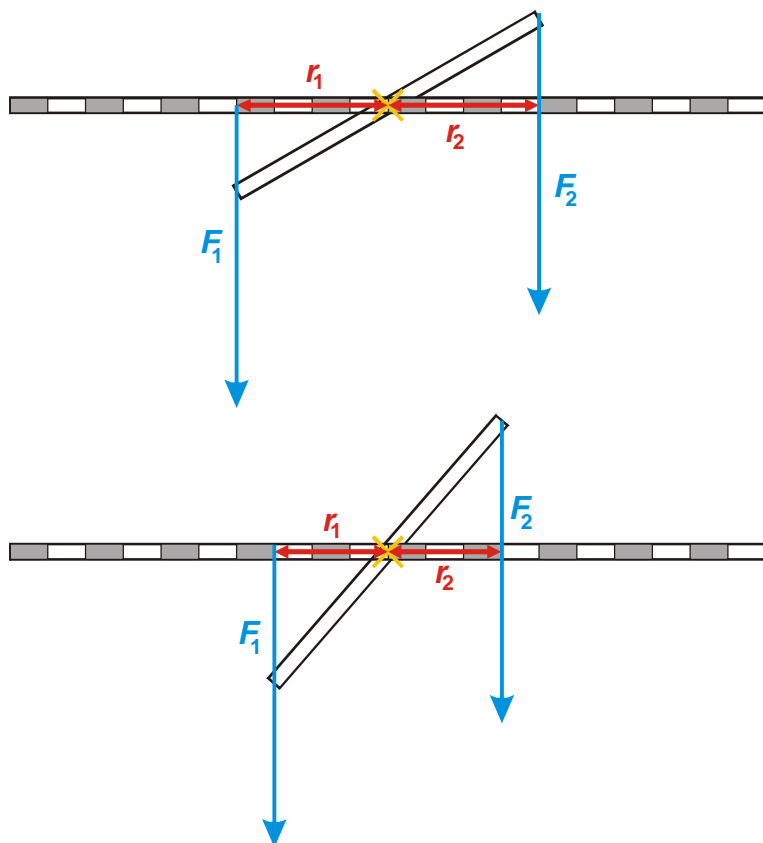
Na obou stranách páky působí stejné síly, které by tedy měly mít i stejná ramena (aby platilo pravidlo o shodných velikostech momentu na obou stranách).

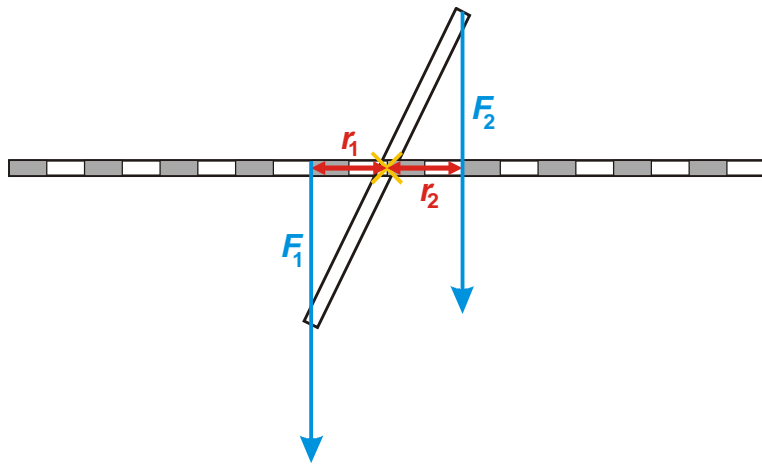
Na její konec zavěsíme například dvě sponky a na druhé rovné páce zkusíme páku vyvážit opět pomocí dvou sponek.



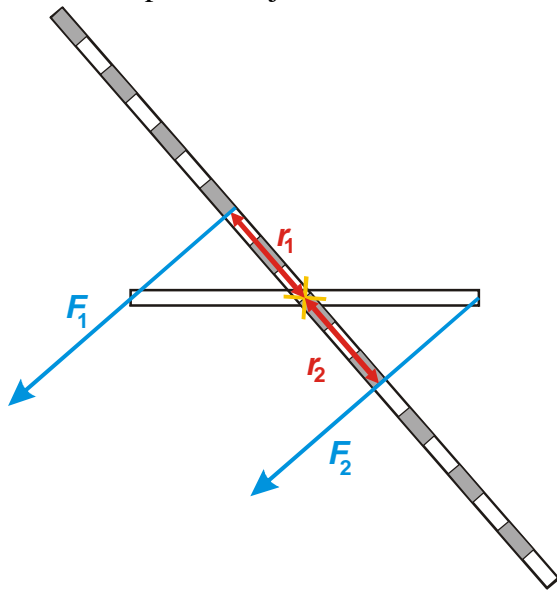


**Př. 2:** Ve všech třech případech jsme vyvažovali dvě sponky dvěma sponkami (síly na obou stranách byly stejně velké) a proto se ramena sil na obou stranách musí rovnat. Překresli schématicky (bez sponek) všechny tři obrázky a vyznač v nich ramena sil obou sil.



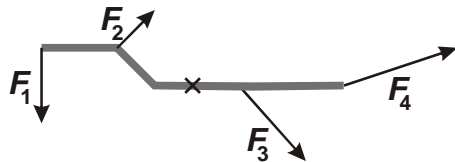


Situace na páce se nijak nezmění tím, že si obrázek otočíme.

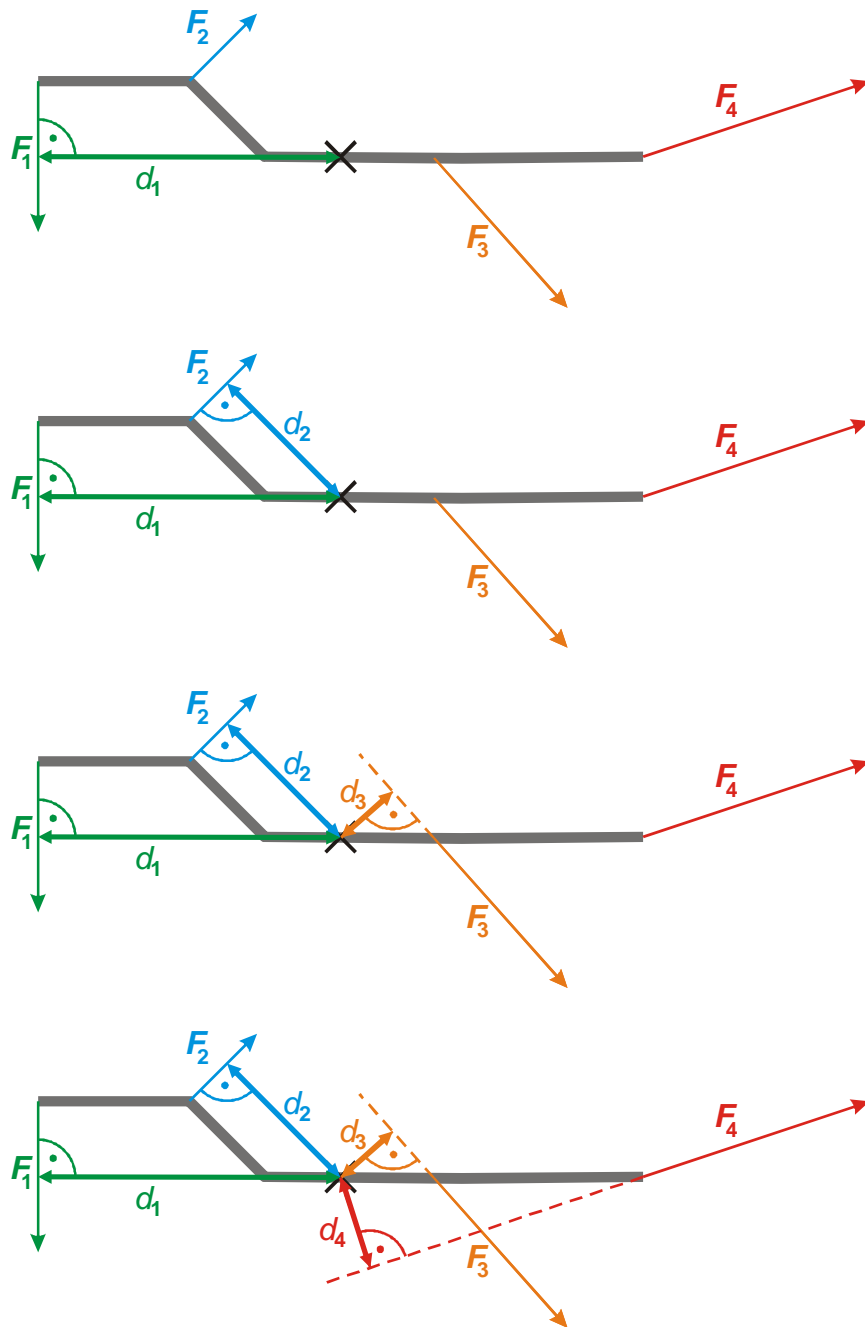


**Pedagogická poznámka:** Otočený obrázek je třeba ukázat. Teprve pak se větší část žáků začne orientovat na kolmost místo vodorovnosti. Já mám obrázek nakreslený na papíru, který otáčím před třídou.

**Př. 3:** Rameno síly se řídí stejným pravidlem ve všech případech (v této i minulých hodinách). Nakresli do obrázku ramena vyznačených sil. Zformuluj pravidlo, jak najít rameno síly i v případě, že není kolmá na spojnici svého působíště s osou otáčení.



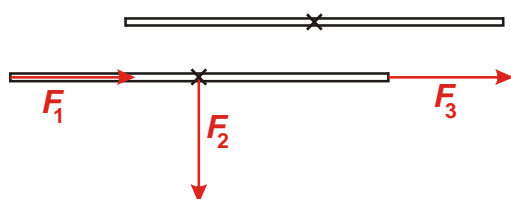
Ve všech předchozích příkladech bylo rameno síly kolmé na její směr.



Postup pro hledání ramena síly:

Prodloužíme sílu na přímku. Ramenem síly je vzdálenost této přímky od osy otáčení (kolmice).

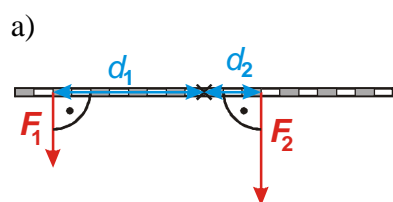
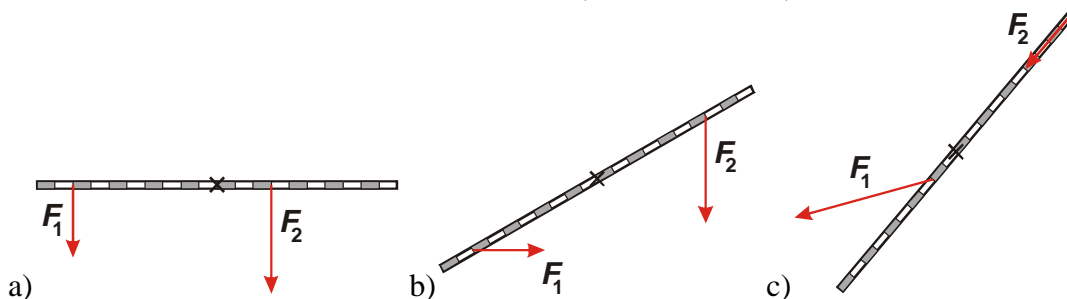
**Př. 4:** Dokresli do obrázku páky alespoň tři síly, které mají nulový moment (pákou neotáčejí).



Nulový moment mají síly s nulovým ramenem - síly, které působí v ose otáčení (síla  $F_2$ ), nebo síly, které leží na přímce, která osou otáčení prochází (síly  $F_1$  a  $F_3$ ).

**Pedagogická poznámka:** Následující dva příklady dostanou žáci na papírku.

**Př. 5:** Narýsuj do obrázků ramena sil, změř jejich velikosti a spočti pro každou sílu velikost momentu. Měřítko: vzdálenost 1 cm  $\approx$  4 dm (1 dílek  $\approx$  1 dm), síla 1 cm  $\approx$  5 N.



Moment  $M_1$ :

- síla  $F_1$ : délka šipky 1 cm  $\Rightarrow F_1 = 5 \text{ N}$ ,
- rameno  $d_1$ : délka ramene 2 cm  $\Rightarrow d_1 = 8 \text{ dm} = 0,8 \text{ m}$ .

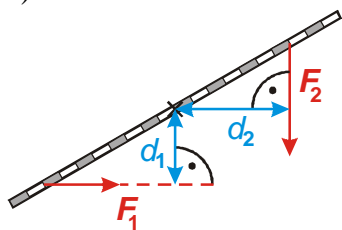
$$M_1 = F_1 d_1 = 5 \cdot 0,8 \text{ N} \cdot \text{m} = 4 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Moment  $M_2$ :

- síla  $F_2$ : délka šipky 1,5 cm  $\Rightarrow F_2 = 7,5 \text{ N}$ ,
- rameno  $d_2$ : délka ramene 0,75 cm  $\Rightarrow d_2 = 3 \text{ dm} = 0,3 \text{ m}$ .

$$M_2 = F_2 d_2 = 7,5 \cdot 0,3 \text{ N} \cdot \text{m} = 2,3 \text{ N} \cdot \text{m}$$

b)



Moment  $M_1$ :

- síla  $F_1$ : délka šipky 1 cm  $\Rightarrow F_1 = 5 \text{ N}$ ,
- rameno  $d_1$ : délka ramene 1 cm  $\Rightarrow d_1 = 4 \text{ dm} = 0,4 \text{ m}$ .

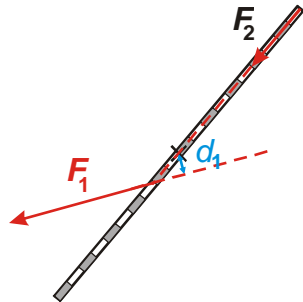
$$M_1 = F_1 d_1 = 5 \cdot 0,4 \text{ N} \cdot \text{m} = 2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Moment  $M_2$ :

- síla  $F_2$ : délka šipky 1,5 cm  $\Rightarrow F_2 = 7,5 \text{ N}$ ,
- rameno  $d_2$ : délka ramene 1,5 cm  $\Rightarrow d_2 = 6 \text{ dm} = 0,6 \text{ m}$ .

$$M_2 = F_2 d_2 = 7,5 \cdot 0,6 \text{ N} \cdot \text{m} = 4,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

c)



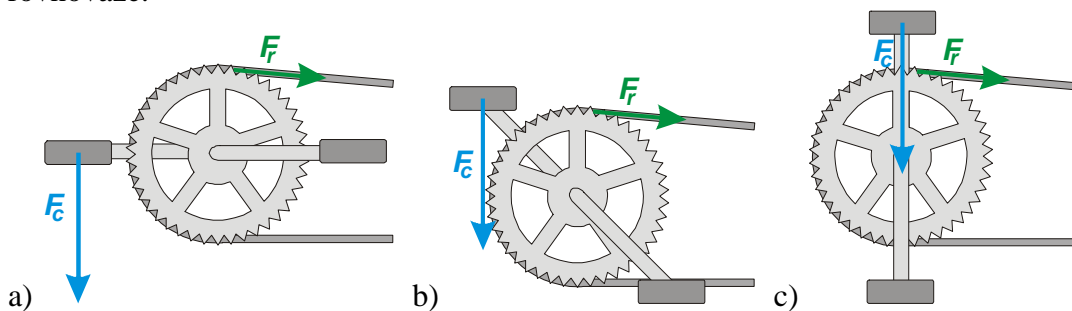
Moment  $M_1$  :

- síla  $F_1$  : délka šipky 2 cm  $\Rightarrow F_1 = 10 \text{ N}$  ,
- rameno  $d_1$  : délka ramene 0,3 cm  $\Rightarrow d_1 = 1,2 \text{ dm} = 0,12 \text{ m}$  .

$$M_1 = F_1 d_1 = 10 \cdot 0,12 \text{ N} \cdot \text{m} = 1,2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Moment  $M_2$  je nulový, protože přímka, na které leží síla  $F_2$  prochází osou otáčení a její rameno je tedy nulové.

**Př. 6:** Na přední talíř jízdního kola působí síla cyklisty  $F_c$  a síla řetězu  $F_r$  . Najdi v každém případě ramena obou sil a spočti, jaká musí být velikost síly  $F_r$  , aby páka byla v rovnováze.

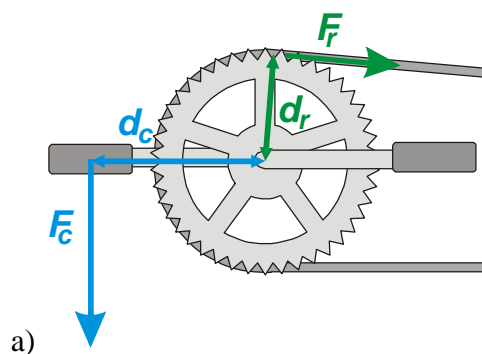


Ve všech případech platí (aby byla páka v rovnováze):

Oba momenty musí být stejné:  $M_1 = M_2$  .

$$F_1 d_1 = F_2 d_2 \quad /: d_2$$

$$F_2 = F_1 \frac{d_1}{d_2}$$

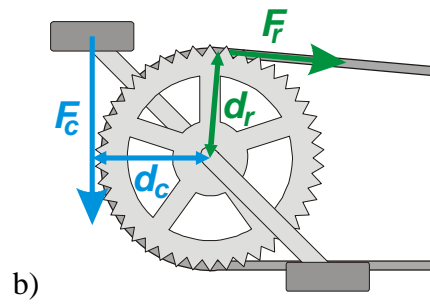


$$d_c = 2,3 \text{ cm}$$

$$d_r = 1,4 \text{ cm}$$

$$F_2 = F_1 \frac{d_1}{d_2} = F_1 \cdot \frac{2,3}{1,4} = F_1 \cdot 1,64$$

a)

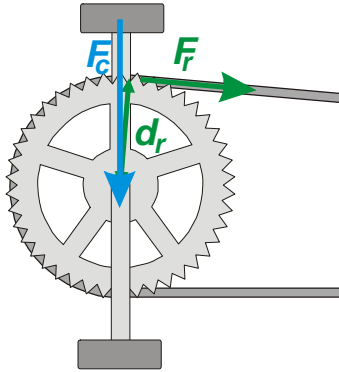


$$d_c = 1,6 \text{ cm}$$

$$d_r = 1,4 \text{ cm}$$

$$F_2 = F_1 \frac{d_1}{d_2} = F_1 \cdot \frac{1,6}{1,4} = F_1 \cdot 1,14$$

b)



Síla  $F_1$  má nulové rameno  $\Rightarrow$  nepůsobí na páku  
žádným momentem  $\Rightarrow F_r = 0$ .

c)

**Shrnutí:** Rameno síly je vzdálenost přímky, na které leží síla, od osy otáčení.