

## 1.7.7 Rovnovážná poloha, páka v praxi

**Předpoklady:** 010706

**Př. 1:** Najdi všechny způsoby, jak umístit kuželku na stůl tak, aby byla v rovnovážné poloze. Čím se jednotlivé způsoby liší?

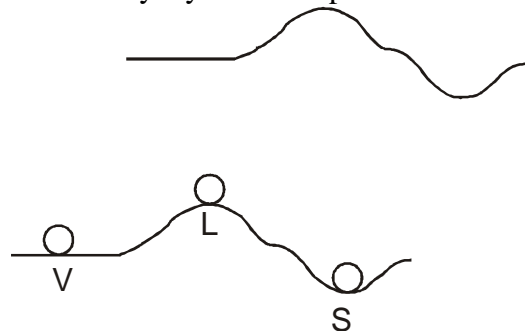
Máme tři možnosti:

- normální postavení (když do kuželky strčíme málo, zakývá se, ale vrátí se do původní polohy. Když strčíme hodně, spadne na stůl),
- položení na bok (když do kuželky strčíme, kousek se odkutálí),
- postavení na špičku (spíše teoretická možnost, při sebemenším vychýlení se kuželka převrhne).

Existují tři druhy rovnovážných poloh:

- **stálá (stabilní) rovnovážná poloha** (normální postavení): při vychýlení vzrůstá potenciální energie, poté se výchylka samovolně zmenšuje a předmět se vrátí do původní polohy.
- **volná (indiferentní) rovnovážná poloha** (položení na bok): při vychýlení se potenciální energie nemění, předmět do původní polohy nevrátí.
- **vratká (labilní) rovnovážná poloha** (položení na špičku): při vychýlení se potenciální energie zmenšuje, předmět do původní polohy nevrátí.

**Př. 2:** Na obrázku je nakreslen reliéf povrchu. Najdi na něm všechna místa, na která je možné položit kuličku tak, aby byla v rovnovážné poloze. Porovnej jednotlivé rovnovážné polohy s rovnovážnými polohami kuželky. Jak se v těchto místech při vychýlení mění potenciální energie kuličky?



Opět tři možnosti:

- Stálá poloha (S): Když do kuličky strčíme málo, vychýlí se, ale vrátí se zpátky do prohlubně. Při vychýlení se potenciální energie kuličky zvětšuje.
- Volná poloha (V): Po postrčení se kulička nevrátí do původní polohy, její potenciální energie se při vychýlení nemění.
- Vratká poloha (L): Po vychýlení se kulička skutálí, nevrátí se do původní polohy, její potenciální energie se při vychýlení zmenší.

**Př. 3:** Nakresli takový reliéf a polohu kuličky v něm, aby poloha kuličky co nejvíce připomínala polohu stojící kuželky na stole.

Kulička musí být ve stálé rovnovážné poloze, ale pokud ji vychýlíme více, přejde do polohy vratké a skutálí se dolů.

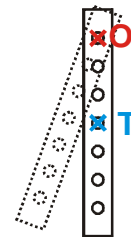


**Př. 4:** Máme tyč s otvory vyvrtanými v její ose (jeden z nich je vyvrtán i v těžišti). Do kterého otvoru můžeme nasadit osu otáčení, aby rovnovážná poloha tyče byla:

- a) stálá,                                      b) volná,                                      c) vratká?

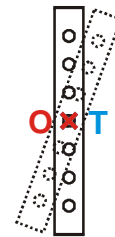
a) stálá

Zavěšená tyč se po vychýlení musí samovolně vracet do rovnovážné polohy, při vychylování se zvětšuje její potenciální energie  $\Rightarrow$  osu otáčení nasadíme do díry, která je nad těžištěm (při vychylování se těžiště tyče zvedá).



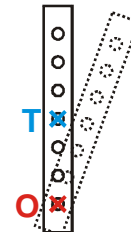
b) volná

Zavěšená tyč se po vychýlení nevrací, při vychylování se nemění její potenciální energie  $\Rightarrow$  osu otáčení nasadíme do díry, která prochází těžištěm (při vychylování se těžiště tyče nepohybuje).

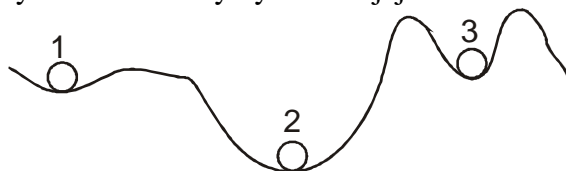


c) vratká

Zavěšená tyč se po vychýlení musí samovolně ještě více vychylovat, při vychylování se zmenšuje její potenciální energie  $\Rightarrow$  osu otáčení nasadíme do díry, která je pod těžištěm (při vychylování těžiště tyče klesá).



**Př. 5:** Porovnej stabilitu tří stejných kuliček na tomto obrázku a rozhodni, pomocí které fyzikální veličiny by se dala jejich stabilita nejsnáze vyjadřovat.

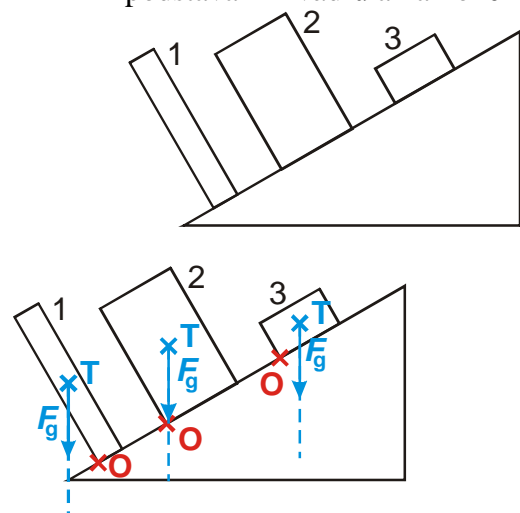


Všechny kuličky jsou ve stálé rovnovážné poloze, liší se však hloubkou prohlubně, ve které se nacházejí. Nejstabilnější je kulička 2, která se nachází v nejhlubší prohlubni  $\Rightarrow$  musíme vynaložit nejvíce práce, aby se překulila jinam.

$\Rightarrow$  Stabilitu můžeme vyjadřovat jako množství práce, kterou musíme vykonat, aby kulička opustila svou rovnovážnou polohu.

**Pedagogická poznámka:** Někdy i polovina žáků označí za nejstabilnější kuličku 3, protože její prohlubeň má nejsvislejší stěny. Ti pak mají tendenci charakterizovat stabilitu silou nutnou k vychýlení. Situace vyžaduje diskusi se třídou

**Př. 6:** Na dalším obrázku jsou nakresleny na nakloněné rovině tři kvádry. Všechny jsou homogenní, jejich těžiště jsou tedy v jejich geometrických středech. Rozhodni, které jsou v rovnovážné poloze, a které naopak musí ihned spadnout. Tření mezi podstavami kvádrů a nakloněnou rovinou je dostatečně velké, aby kvádry nesjížděly.



K převrácení kvádrů dojde, když se kvádr otočí proti směru hodinových ručiček okolo nejnižšího bodu, kterým se dotýká nakloněné roviny  $\Rightarrow$  vyznačíme si těžiště, osu otáčení a přemýšlíme, ve kterém případě může gravitační síla kvádrů okolo této osy otočit.

**Př. 7:** Člověk, který očekává útok se přikrčí a dá nohy od sebe. Vysvětli.

Člověk se snaží zvýšit svoji stabilitu. Pokrčením sníží těžiště, tím, že dá nohy od sebe, zvětší plochu, nad kterou se jeho těžiště může pohybovat (dělá ze sebe nízkou krabici s velkou podstavou). Oba efekty zvětšují energii potřebnou k takovému vychýlení těžiště, které by vedlo k pádu.

**Př. 8:** Vysvětli, proč se člověk, který stojí s patami a zadkem u zdi, nedokáže sehnout pro předmět ležící na zemi.

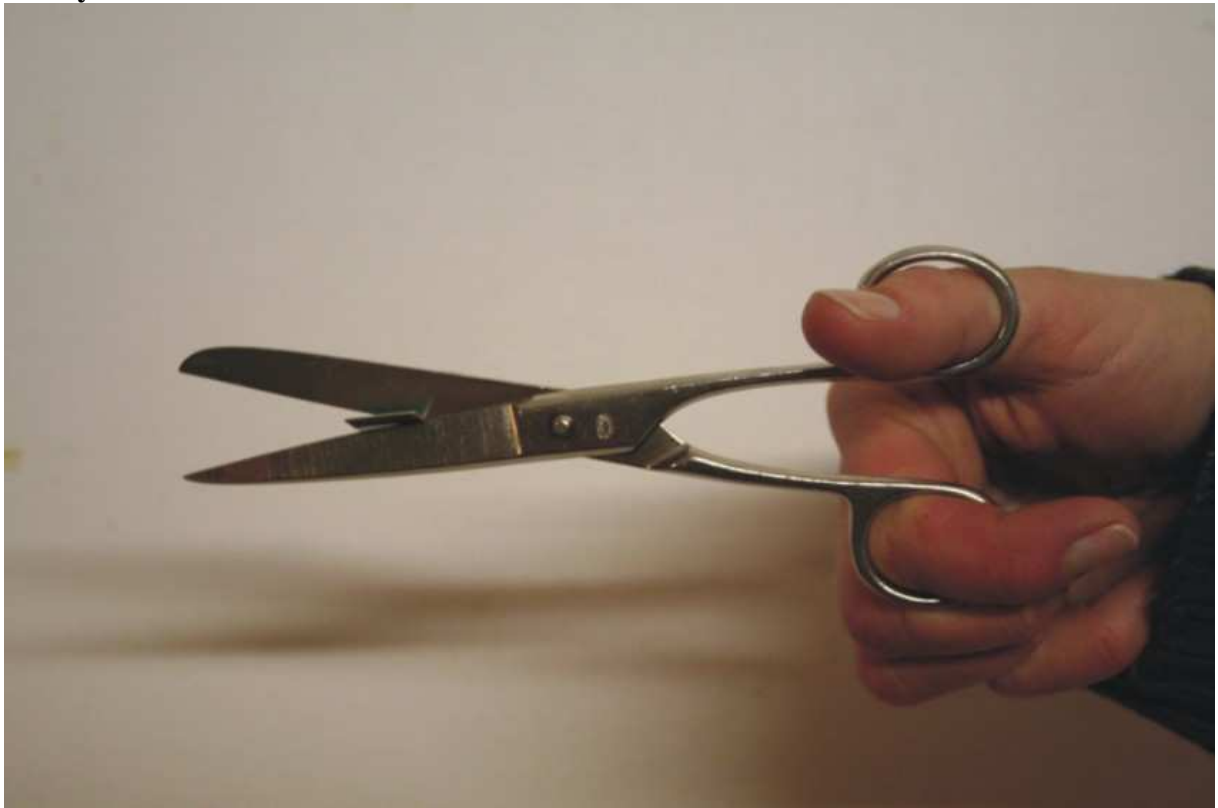
Během předklánění se těžiště člověka přesunuje ode zdi dopředu. V okamžiku, kdy už není nad nohama, začne člověk padat.

**Př. 9:** Vysvětli, proč balancování koštěte je poměrně těžké, zatímco postavit vidličky na špičku jehly zjevně není žádný problém.

### Využití páky v praxi

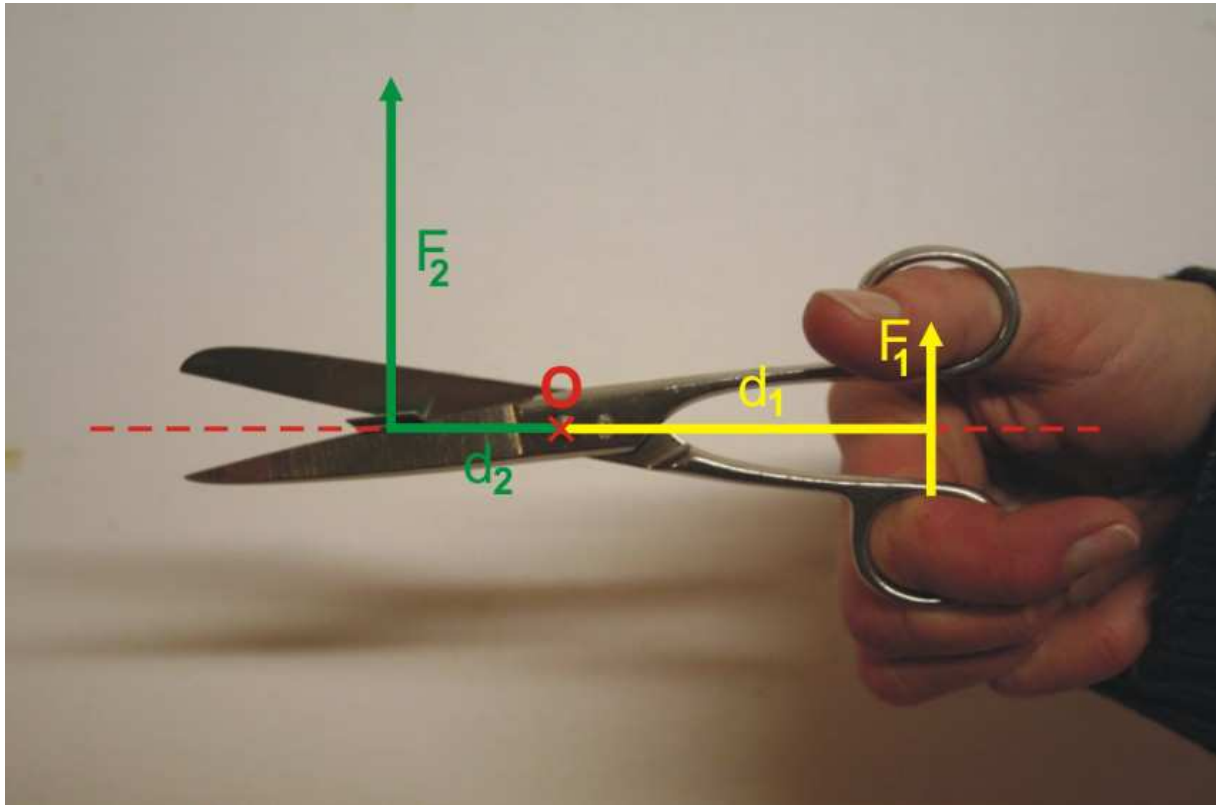
Rovnováha na páce se v praxi velmi často využívá (v mnoha předmětech běžné potřeby).

#### Nůžky



Nůžky jsou sestaveny ze dvou ramen spojených nýtem. V nýtu je osa otáčení.

Na každé rameno působí dvě síly síla rukou  $F_1$  a sílu stříhaného předmětu  $F_2$ . Ramena obou sil jsou vyznačena na obrázku.



Délky ramen na obrázku:  $d_1 = 55 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 26 \text{ mm}$ . Aby byla páka v rovnováze, musí platit:

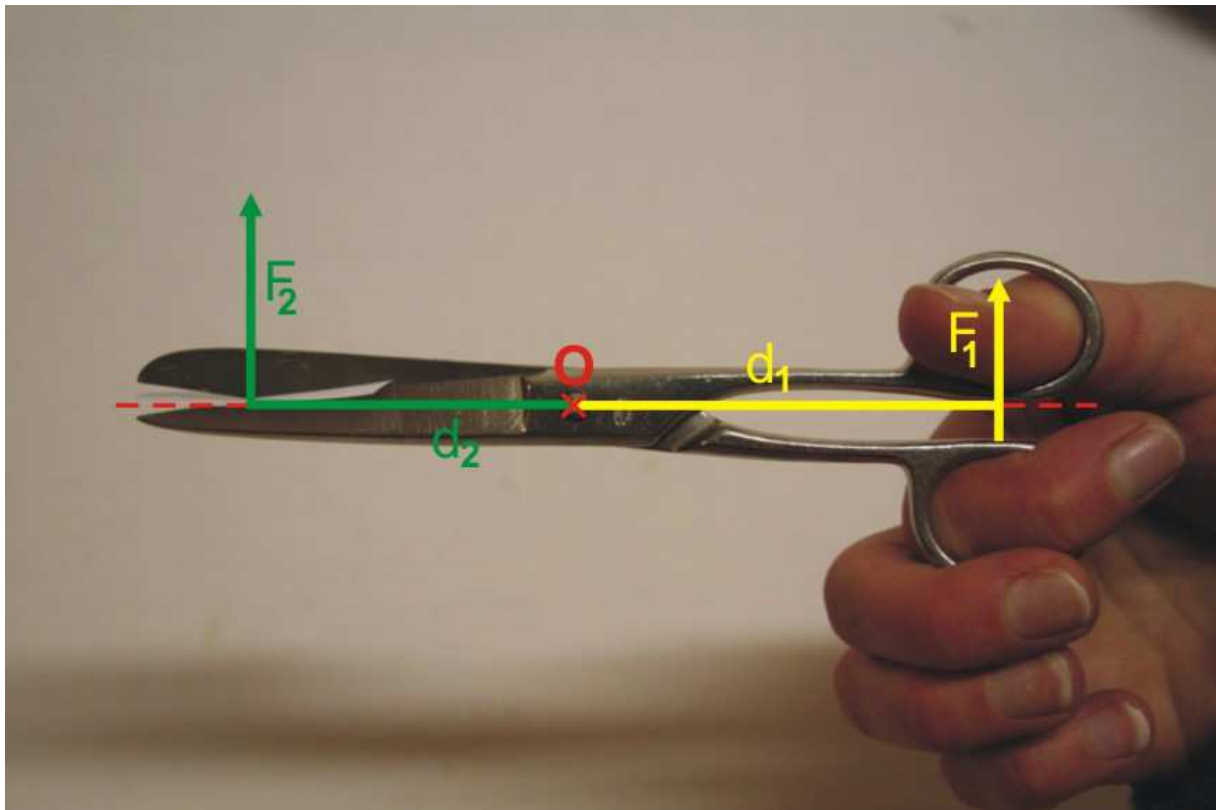
$$M_1 = M_2$$

$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

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

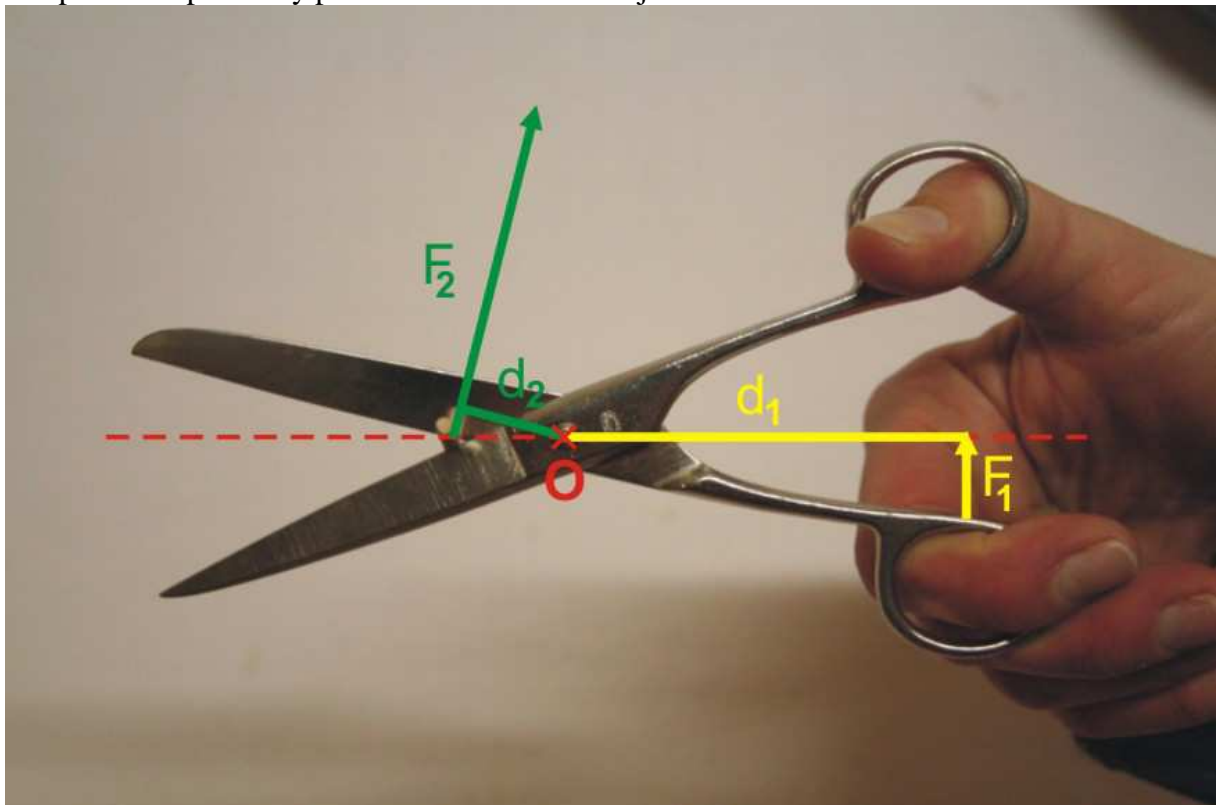
Dosadíme naměřené hodnoty  $F_2 = F_1 \frac{d_1}{d_2} = F_1 \frac{55}{26} = F_1 \cdot 2,1$ . Nůžky v tomto okamžiku zesilují sílu ruky více než dvakrát.

Pokud stříháme tenký papír, můžeme dostřihávat až ke konci ramen.



Délky ramen na obrázku:  $d_1 = 65 \text{ mm}$  ,  $d_2 = 50 \text{ mm}$  . Dosadíme naměřené hodnoty do vzorce pro sílu  $F_2$  :  $F_2 = F_1 \frac{d_1}{d_2} = F_1 \frac{65}{50} = F_1 \cdot 1,3$  . Nůžky v tomto okamžiku zesilují sílu ruky jen málo a spíše slouží jako usměrňovač síly.

Naopak tvrdé předměty při stříhání dáváme co nejblíže ose.



Délky ramen na obrázku:  $d_1 = 62 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 16 \text{ mm}$ . Dosadíme naměřené hodnoty do vzorce pro sílu  $F_2$ :

Dosadíme naměřené hodnoty  $F_2 = F_1 \frac{d_1}{d_2} = F_1 \frac{62}{16} = F_1 \cdot 3,9$ . Nůžky v tomto okamžiku zesilují sílu ruky téměř čtyřikrát.

---

**Shrnutí:**