

## 2.5.2 Páka

**Předpoklady:** 020501

**Pomůcky:** špejlová houpačka

**Pedagogická poznámka:** Na počátku hodiny kontrolujeme pravidla, která měli žáci zformulovat za domácí úkol. Jejich formulace nemusí být stejná jako formulace učenice, ale měla by být správná a srozumitelná. Žáci čtou svá pravidla před třídou a třída je kontroluje.

Kontrola pravidel z minulé hodiny.

Pokud máme na obou stranách jenom jednu skupinu sponek, platí: Součin počtu sponek a počtu dílků na obou stranách je stejný.

Pokud je na jedné ze stran více skupin sponek, platí (obecnější pravidlo): Pro obě strany sečteme součiny počtů sponek a počtů dílků a oba součty musí být stejné.

Jak o rovnováze na houpačce mluví fyzikové?

- Celou houpačku označujeme jako **páku**.
- Špendlík, okolo kterého se houpačka otáčí, (přesněji přímku, jdoucí středem špendlíku) označujeme jako **osu otáčení** (jde o jedinou část párky, která se při otáčení nepohybuje).
- Sponky na páku působí **silou** (značka  **$F$** ).
- Vzdálenost působíště síly od osy otáčení se nazývá **rameno síly** (většinou značka  **$r$**  nebo  **$d$** ).
- Součin velikosti síly a ramene síly (který rozhoduje o rovnováze) se nazývá **moment síly** (značka  **$M$** ). Jednotkou momentu síly je Newton metr [ $\text{N} \cdot \text{m}$ ].

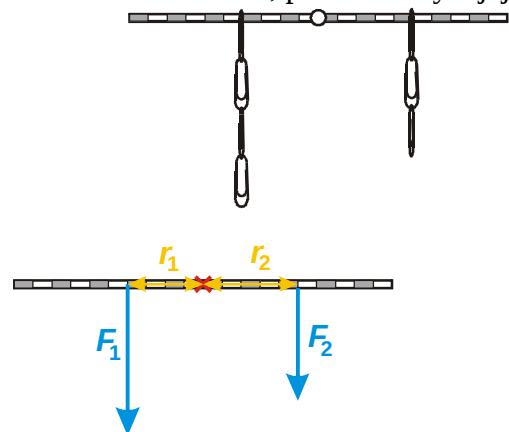
**Dodatek:** Protože veličinu moment síly jsme zavedli jako součin síly a vzdálenosti, i její jednotku jsme získali jako součin jednotky síly a jednotky vzdálenosti. Tento postup se ve fyzice používá velmi často a užitečně omezuje množství jednotek.

**Př. 1:** Zformuluj obě pravidla pro rovnováhu na houpačce pomocí výše uvedených fyzikálních pojmů.

Pokud máme na obou stranách jenom jednu skupinu sponek, platí: Momenty sil na obou stranách páky jsou shodné.

Pokud je na jedné ze stran více skupin sponek, platí (obecnější pravidlo): Součet momentů sil na jedné straně se rovná součtu momentů sil na druhé straně.

**Př. 2:** Překresli situaci schématicky do sešitu (bez sponek a špendlíku). V obrázku vyznač osu otáčení, působící síly a jejich ramena. Je páka v rovnováze?



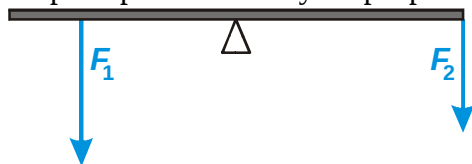
Osa otáčení je vyznačena červeným křížkem.

Páka není v rovnováze:

- moment síly vlevo je  $4 \cdot 4 = 16$ ,
- moment síly vpravo je  $3 \cdot 5 = 15$ .

Páka se nakloní levou stranou dolů.

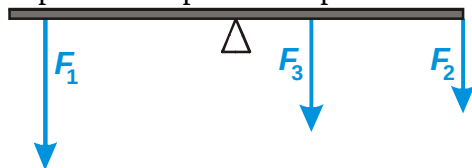
**Př. 3:** Na páku působí dvě síly. Zapiš podmínku pro rovnováhu pomocí rovnice.



Momenty obou sil se musí rovnat:  $M_1 = M_2$ .

Dosadíme za momenty sil:  $F_1 r_1 = F_2 r_2$ .

**Př. 4:** Zapiš rovnicí podmínku pro rovnováhu na páce na obrázku.



Celkový moment vlevo se musí rovnat celkovému momentu vpravo:  $M_1 = M_2 + M_3$ .

Dosadíme za momenty sil:  $F_1 r_1 = F_2 r_2 + F_3 r_3$ .

**Př. 5:** Proč se klika montuje na dveře vždy co nejdále od pantů. Co by se stalo, kdyby byla klika na druhém konci dveří (u pantů).

Čím dále od pantů působíme silou, tím větší je moment síly, kterým dveře otvíráme a tím snadněji se dveře otvírají. Kdyby byla klika na u pantů, moment síly, kterou dveře otvíráme by byl daleko menší a museli bychom tlačit větší silou.

**Pedagogická poznámka:** O hodině si to ozkoušet nestíháme (pouštím ke dveřím ty, kteří spočítají následující příklady), všichni zbývající mají za úkol si to ozkoušet o přestávce nebo doma.

**Př. 6:** Houpačka je dlouhá 3 m a je podložena uprostřed. Amálka vážící 25 kg si sedne na jeden konec. Jak daleko od středu si musí na druhé straně sednout tatínek vážící 80 kg, aby byla houpačka vyvážená?

Jde o stejnou situaci jako v případě 3  $\Rightarrow$  obě síly musí na páku působit stejným momentem. Amálka i tatínek působí na houpačku silou, která se rovná gravitační síle Země.

$$F_1 = m_1 g, F_2 = m_2 g$$

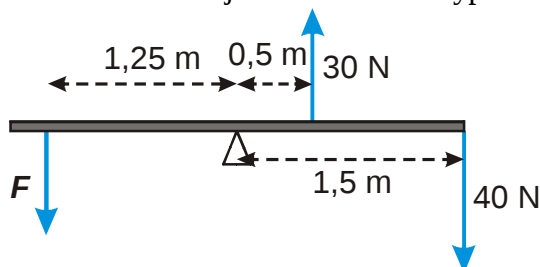
$$M_1 = M_2$$

$$F_1 r_1 = F_2 r_2 \quad / : F_2$$

$$r_2 = \frac{F_1 r_1}{F_2} = \frac{m_1 g r_1}{m_2 g} = \frac{m_1 r_1}{m_2} = \frac{25 \cdot 1,5}{80} \text{ m} = 0,47 \text{ m}$$

Tatínek si musí sednout 0,47 m od středu houpačky.

**Př. 7:** Páka na obrázku je v rovnováze. Vypočti velikost síly  $F$ .



Momenty sil na pravé straně nemůžeme sčítat, protože obě síly mají opačný směr a snaží se otáčet páku opačným směrem (síla 30 N otáčí páku stejným směrem jako síla  $F$ ).

Celkový moment na pravé straně:  $1,5 \cdot 40 - 0,5 \cdot 30 \text{ N} \cdot \text{m} = 45 \text{ N} \cdot \text{m}$ .

Pro levou sílu musí platit:  $F \cdot 1,25 = 45$ .

$$F = \frac{45}{1,25} \text{ N} = 36 \text{ N}$$

Síla  $F$  musí mít velikost 36 N.

**Př. 8:** Velmi nebezpečné je strkat k pantům u dveří prsty. Co v takovém případě hrozí? Jakou silou by dveře na prsty u pantů působily, kdyby na druhé straně dveře někdo zavíral silou 10 N?

Dveře budou přivírat prsty (a mačkat je), dokud prsty na ně nebudou působit stejně velkým momentem jako síla, kterou někdo zavírá dveře  $\Rightarrow$  potřebujeme změřit ramena obou sil.

- Rameno síly otevírající dveře: 70 cm.
- Rameno síly působící na prsty: 2 cm.

$$M_1 = M_2$$

$$F_1 r_1 = F_2 r_2 \quad / : r_2$$

$$F_2 = \frac{F_1 r_1}{r_2} = \frac{10 \cdot 70}{2} \text{ N} = 350 \text{ N}$$

Na prsty přivřené u pantů působí síla 350 N.

---

**Shrnutí:** Páka je v rovnováze, když v obou směrech působí stejný celkový moment síly.