

### 3.3.6 Vrtule, trysky, rakety

**Předpoklady:** 030305

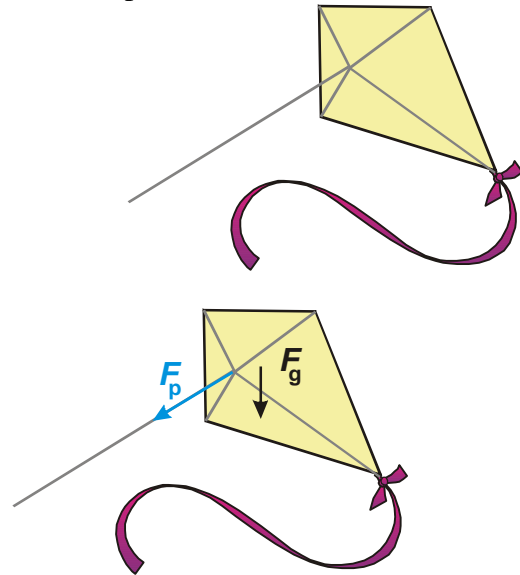
**Pomůcky:** balónek, kuličky, dřevěný kvádřík

**Př. 1:** Které z dosud objevených fyzikálních zákonitostí bychom mohli použít pro sestrojení zařízení, které bude létat?

Několik možností:

- Archimédův zákon: nadlehčování vztlakovou silou (vzducholodě, balóny).
- tlak proudícího vzduchu je nižší než tlak stojícího vzduchu,
- ...

**Př. 2:** Na obrázku je nakreslen papírový drak. Dokresli do obrázku síly, které na něj působí.

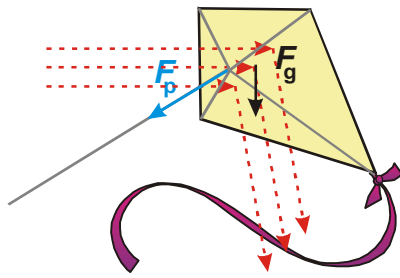


Na draka působí:

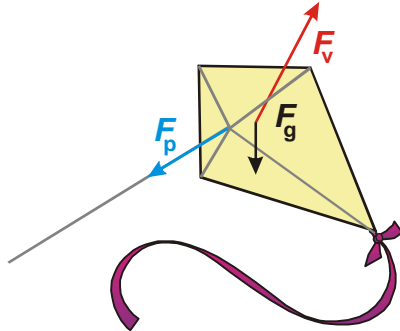
- gravitační síla  $F_g$  směrem kolmo dolů,
- síla provázku  $F_p$  ve směru provázku,

výslednice uvedených sil působí šikmo vlevo dolů  $\Rightarrow$  pokud má být drak přibližně v klidu, musí na něj působit další síla (nebo síly), která směřuje šikmo vpravo nahoru.

Drak létá pouze v případě, že fouká vítr (za bezvětří musíme s drakem běžet proti větru, což je ve výsledku stejné). Na obrázku fouká vítr zleva doprava  $\Rightarrow$  zakreslíme do obrázku, proudění vzduchu.



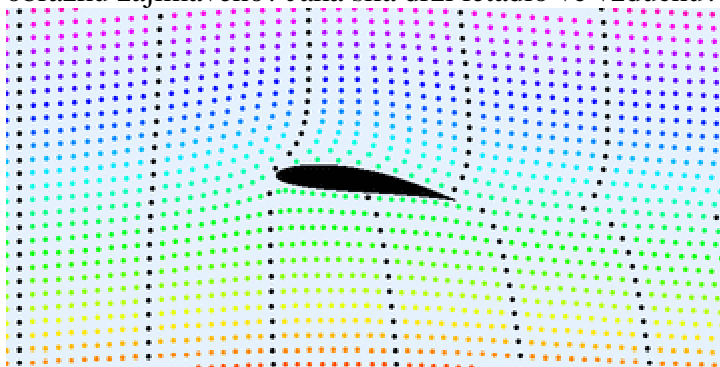
Drak odráží vzduch, který do něj naráží směrem dolů  $\Rightarrow$  pokud působí drak na vzduch, musí působit i vzduch na draka stejně velkou silou opačného směru (3. Newtonův zákon), tato síla je síla, která nám chyběla na obrázku a která drží draka ve vzduchu.



Že při odrazu vzduchu od draka vzniká síla, která odstrkuje draka na druhou stranu, si můžeme ukázat odrazem kuličky od dřevěného kvádra.

**Pedagogická poznámka:** Někteří žáci tvrdí, že síla, kterou rozebíráme v předchozím příkladu je v podstatě odporem vzduchu. V podstatě mají asi pravdu, do další diskuse se ale nepouštíme.

**Př. 3:** Sleduj model s zobrazeným prouděním vzduchu okolo křídla letadla. Co je na obrázku zajímavého? Jaká síla drží letadlo ve vzduchu?



Vzduch, který proudí okolo horní strany křídla proudí rychleji než vzduch proudící okolo spodní strany křídla  $\Rightarrow$  na horní stranu křídla působí menší tlak vzduchu než na dolní stranu křídla  $\Rightarrow$  okolní vzduch působí na křídlo silou směrem nahoru.

Letadla drží ve vzduchu síla, pomaleji proudícího vzduchu okolo spodní strany křídel.

**Dodatek:** Odkaz na soubor, který je na rozdíl od zobrazení ve wordu nebo pdf dynamický je zde [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Karman\\_trefftz.gif](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Karman_trefftz.gif). Já osobně mám soubor stažený lokálně na počítači.

Pokud si prohlédneme obrázek křídla pozorně, zjistíme, že křídlo je částečně nastaveno proti proudu vzduchu podobně jako drak. Kromě vztlaku, který vzniká rozdílnou rychlostí proudění vzduchu okolo křídla, tak vzniká i vztlak, způsobený odrazem vzduchu od spodní strany křídla (jako u draka). Velikosti obou příspěvků se liší v závislosti na sklonu a přesném tvaru křídla, velikosti rychlosti a nebudeme se jimi dále zabývat.

**Př. 4:** Proč se musí letadla před startem rozjet na vysokou rychlost?

Velikost vztlakové síly vzduchu roste s rychlostí, kterou se letadlo vůči vzduchu pohybuje  $\Rightarrow$  letadlo musí získat dostatečnou rychlost, aby vztlak vzduchu překonal gravitační sílu a letadlo mohlo vzlétnout.

**Př. 5:** Která síla drží ve vzduchu vrtulník? Jak se obejde bez křídel?

Rotor vrtulníku má podobný tvar jako křídlo letadla, velmi rychle se točí  $\Rightarrow$  působí na něj vztlak od vzduchu stejným způsobem, kterým působí na křídlo letadla během letu.

**Př. 6:** Proč se letadlo nemůže ve vzduchu zastavit?

Kdyby se letadlo zastavilo, přestaly by působit oba mechanismy, kterými vzniká síla, která drží letadlo ve vzduchu a letadlo by se zřítilo.

**Př. 7:** Letadlo při startu nesmí příliš rychle nabírat výšku. Proč?

Při příliš rychlém nabírání výšky, by letadlo příliš zpomalilo, ztratilo by vztlak a začalo klesat.

**Př. 8:** Nafoukni balónek a pusť ho. Která síla ho uvádí do pohybu? Který dopravní prostředek používá stejný princip pohybu?

Stěny balónku tlačí na vzduch uvnitř a vytlačují ho směrem ven z balónku  $\Rightarrow$  balónek tlačí vzduch dozadu směrem z balónku  $\Rightarrow$  vzduch musí působit na balónek opačným směrem stejně velkou silou  $\Rightarrow$  balónek se pohybuje dopředu.

Stejný princip pohybu používají rakety.

**Př. 9:** Porovnej výhody a nevýhody letadel a vzducholodí.

Letadla:

- výhody: větší rychlost, ovladatelnost, možnost létání i při špatném počasí,
- nevýhody: velká spotřeba paliva, nemožnost „stát“ ve vzduchu.

Vzducholodě:

- výhody: malá spotřeba paliva, možnost „stát“,
- nevýhody: malá rychlost, špatná ovladatelnost, omezená použitelnost při špatném počasí, velké rozměry.

**Shrnutí:** Letadlo drží ve vzduchu vztlak, který vzniká: rozdílnou rychlostí proudění vzduchu okolo vrchní a spodní strany křídla, odrazem vzduchu od spodní strany křídla.