

### 3.3.5 Když se vzduch rozběhne

**Předpoklady:** 030304

**Pomůcky:** dva papíry A4, přístroj na ukázkou hydrodynamického paradoxon (žákovská verze), dvě flašky na stojanu, fén, pingpongový míček,

**Př. 1:** Proč je těžší jet na kole proti větru než po větru?

Vítr na nás působí odporovou silou, která nás brzdí. Když jedem po větru tak nás stejnou silou tlačí kupředu (pokud je rychlejší než my).

**Př. 2:** Na čem závisí velikost odporu vzduchu? Dokumentuj na jízdě na kole.

Odpor vzduchu závisí na:

- rychlosti pohybu vůči vzduchu (čím rychleji jedeme nebo čím rychleji vítr fouká, tím je to těžší),
- tvaru (závodníci mají speciální tvar helem i kol),
- ploše (když se skrčíme, jede se nám lépe),
- hustotě vzduchu (ve vyšších nadmořských výškách se jezdí snáze – dělají se tam rekordy v dráhové cyklistice).

**Př. 3:** Porovnej velikost odporu vzduchu, který působí na rovnoměrně padajícího parašutistu se zavřeným a s otevřeným padákem. Jak funguje padák? Proč se parašutista s otevřeným padákem nezabije?

Během pádu působí na parašutistu dvě síly:

- $F_g$  - gravitační síla Země (během pádu se nemění),
- $F_v$  - odpor vzduchu.

Parašutista rovnoměrně padá se zavřeným padákem.

Rovnoměrný pohyb  $\Rightarrow$  na parašutistu působí nulová výsledná síla  $\Rightarrow$  musí platit  $F_v = F_g$ .

Parašutista rovnoměrně padá s otevřeným padákem.

Rovnoměrný pohyb  $\Rightarrow$  na parašutistu působí nulová výsledná síla  $\Rightarrow$  musí platit  $F_v = F_g$ .

$\Rightarrow$  V obou případech se velikost odporu vzduchu rovná velikosti gravitační síly, kterou na parašutistu působí Země  $\Rightarrow$  v obou případech působí na parašutistu stejně velký odpor vzduchu.

Padák je zařízení na zvětšování odporu vzduchu:

- má velkou plochu,
- má tvar, který způsobuje velký odpor vzduchu,

$\Rightarrow$  už při malé rychlosti dokáže vytvořit velký odpor vzduchu, který vyrovná gravitační sílu (táhnoucí parašutistu dolů)  $\Rightarrow$  parašutista tak dopadne na zem malou rychlostí a nic se mu nestane.

**Př. 4:** V rukou držíme dva papíry rovnoběžně vedle sebe. Foukneme mezi ně. Co se stane?

Selský rozum napovídá, že se papíry oddálí, ale je to špatná rada. Papíry se k sobě přiblíží.

**Pedagogická poznámka:** Pokus uvádím slovy "ukážeme si, jak působí pohybující se vzduch". Snažím se vzbudit dojem, že nepůjde o nic mimořádného. Žáci samozřejmě v naprosté většině typují, že papíry půjdou od sebe.

**Př. 5:** Porovnej tlak proudícího vzduchu mezi papíry s tlakem okolního stojícího vzduchu.

Pokud se papíry při foukání přibližují k sobě, musí na ně z vnější strany působit větší tlak vzduchu než z vnitřní strany  $\Rightarrow$  proudící vzduch mezi papíry působí na své okolí menším tlakem než stojící vzduch vně papírů.

**Př. 6:** Vedle sebe jsou na provázcích zavěšeny dvě PET láhve. Foukneme mezi ně fénem. Co se stane? Proč?

Láhve se přiblíží k sobě a zhoupnou se dozadu. Pohybující se vzduch mezi nimi na ně působí od sebe menším tlakem než okolní vzduch, který je přiblíží k sobě.

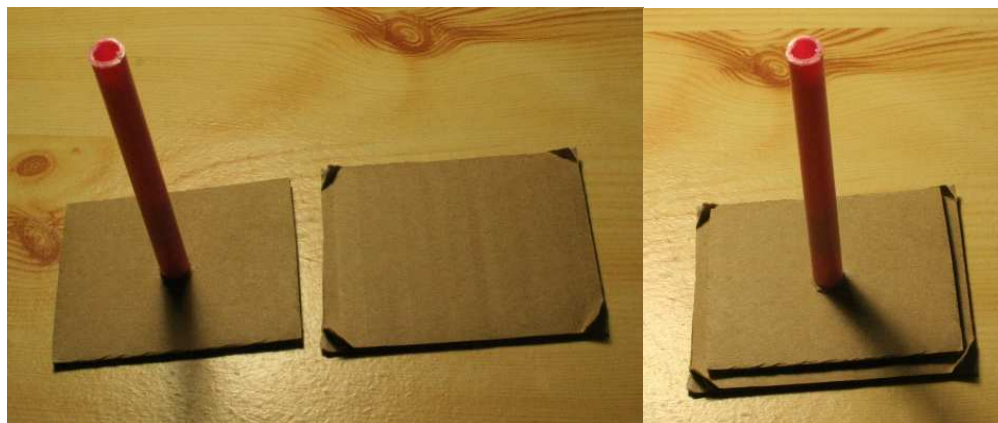
**Pedagogická poznámka:** V tomto i v následujícím příkladu žáci většinou výsledek odhadují správně. Příklad 8 je však jiná káva.

**Př. 7:** Vezmi si kousek papíru. Trochu ho zmuchlej a pak narovnej, polož ho na stůl, aby nebyl přitisknutý na stole a byl pod ním vzduch. Nad papírem vodorovně s lavicí rychle máchni rukou (jako při chytání mouchy). Co se s papírkem děje? Proč?

Pokud nad papírkem rychle pohneme rukou, papírek se nadzvedne a někdy i pohne ve směru ruky.

Pohybující vzduch nad papírkem na něj působí směrem dolů menším tlakem než stojící vzduch pod papírkem  $\Rightarrow$  papírek se zvedne nahoru.

**Př. 8:** Na fotografii je známá fyzikální hračka. Trubička končí v dírce v horním kusu kartónu. Dolní kus kartónu díru nemá, pouze zahnuté rohy, aby se v něm horní kousek nemohl pohybovat. Co se stane, když vrchní díl podržíme kousek nad spodním a do trubičky foukneme?



Spodní díl se přicucne k hornímu a drží u něj dokud foukáme. Jakmile foukat přestaneme, dolní díl o d horního odpadne. Čím více foukáme, tím lépe dolní díl u horního drží.

Vysvětlení: Vzduch, který foukáme do trubičky, musí utéct do strany  $\Rightarrow$  proudí mezi kousky kartónu velkou rychlostí  $\Rightarrow$  tlak vzduchu mezi kartóny je velmi malý  $\Rightarrow$  tlak okolního stojícího vzduchu přitiskne kousky kartónu k sobě. Popsané působení proudícího vzduchu je silnější než opačně působící síla vzduchu, který naráží po průchodu trubičkou do spodního dílu a snaží se ho odstrčit dolů.

**Pedagogická poznámka:** Předchozí pokus jsem prováděl několikrát se standardní fyzikální pomůckou. Vždy jsem byl obviňován s toho, že jde o podvod, protože proud vzduchu z tyčky musí spodní papírek odstrčit. Hledal jsem proto variantu pokusu, kterou by mohli provádět i samotní žáci a tak se přesvědčit, že jev doopravdy nastane bez jakýchkoliv fíglů. Pomůcka je sestavena z prázdné trubičky od fixu (tu si mají žáci přednést z domova) a dvou kusů kartónu. V horním je udělaná díra na trubičku (jen malá, žáci si ji případně zvětší), dolní je trochu větší a má zahnuté okraje, aby se nemohla otáčet okolo horního kousku.

**Př. 9:** Zformuluj pravidlo pro velikost tlaku pohybujícího se vzduchu.

Čím rychleji se vzduch pohybuje, tím menším působí tlakem.

**Př. 10:** Proč odnáší rychlý vítr střechy? Proč musí být střešní tašky těžké?

Proudící vzduch nad střechou působí nižším tlakem než stojící vzduch pod střechou  $\Rightarrow$  na střechu působí síla směrem vzhůru.

Tašky musí být tak těžké, aby je síla, která je při běžných velikostech větru zvedá, nestrhla ze střechy.

**Př. 11:** Na videu je natočeno zabouchávání dveří způsobené průvanem. Popiš děj a vysvětli ho.

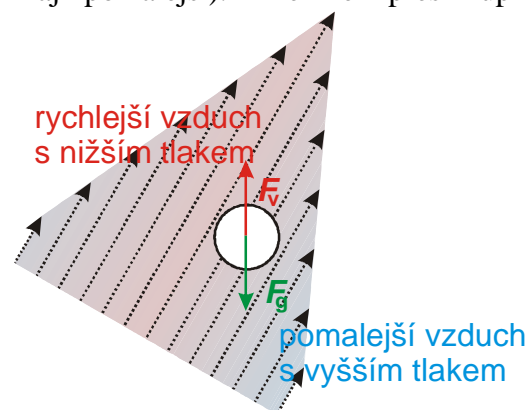
Pohyb dveří je zpočátku velmi pomalý, před dobouchnutím dveří se citelně zrychluje.

Čím je díra mezi dveřmi a zdí menší, tím větší rychlostí vzduch proudí, tím více se snižuje tlak mezi dveřmi a stěnou a tím více dveře zrychlují svůj pohyb.

**Př. 12:** Vysvětli pokus s fénem a pingpongovým míčkem.

Míček drží uvnitř proudu vzduchu i v případě, že fén nakloníme a vzduch neproudí kolmo vzhůru.

Proud vzduchu vytvořený fénem nemá všude stejnou rychlost (u středu je vzduch rychlejší, u krajů pomalejší). Míček není přesně uprostřed proudu, je trochu níže.



Nad míčkem proudí rychlejší vzduch s nižším tlakem, pod míčkem pomalejší vzduch s vyšším tlakem  $\Rightarrow$  vzniká síla, která působí proti gravitaci a udrží míček v proudu vzduchu.

---

**Shrnutí:** Čím rychleji se vzduch pohybuje, tím menším působí tlakem.