

„Stav beztíže znamená, že tam není gravitační síla“

Popisuji průběh hodiny tak, jak bych ji se žáky vedla. Tři základní strategie pro odstranění miskoncepcí se během hodiny různě střídají, proto je označuji čísly za odstavci: kognitivní konflikt (1), analogie (2), autoreflexivní učení žáka (3).

Gravitační síla na ISS

Začala bych diskuzi se žáky o tom, kde se mohou se stavem beztíže setkat. Většina z nich by pravděpodobně odpověděla „ve vesmíru“. Upozornila bych je, že odpověď „ve vesmíru“ je velmi široký pojem, ať to nějak upřesní, až bychom se dostali k vesmírné stanici.

Videoukázka života astronautů na ISS

Následovalo by promítnutí krátkého videa o tom, jak vypadají běžné denní aktivity na ISS – např. česání vlasů, spánek, konzumace jídla a pití... Šlo by použít např. toto video: <https://www.youtube.com/watch?v=X9vOoXU56KI>.

Při videu by si žáci zapisovali, které věci tam probíhaly jinak než u nás na Zemi, jak jsme na to zvyklí. Potom bych se jich zeptala, proč to tak je – typické odpovědi by pravděpodobně byly „protože je tam stav beztíže“ nebo „protože tam není gravitace“ – většina žáků by je nejspíše považovala za totožné. (2)

Zde bych je upozornila, že odpověď uvádějící stav beztíže je správně. Stav beztíže ale rozhodně neznamená, že na tom místě nepůsobí Země gravitační silou.

Výpočet gravitační síly působící na člověka na ISS

Následovalo by společné počítání příkladu: Víme, že ISS je od zemského povrchu vzdálena asi 400 km. Jak velkou gravitační silou tam bude působit Země na člověka o hmotnosti 80 kg?

$$F_g = G \frac{m \cdot M}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{80 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{((6378 + 400) \cdot 10^3)^2} N \approx 700 N$$

Na Zemi by gravitační síla působící na tohoto člověka byla přibližně 800 N. Vidíme tedy, že na ISS rozhodně gravitační síla působí a navíc dostatečně silně – ve srovnání s gravitační silou na Zemi je to skoro 90 %. (1)

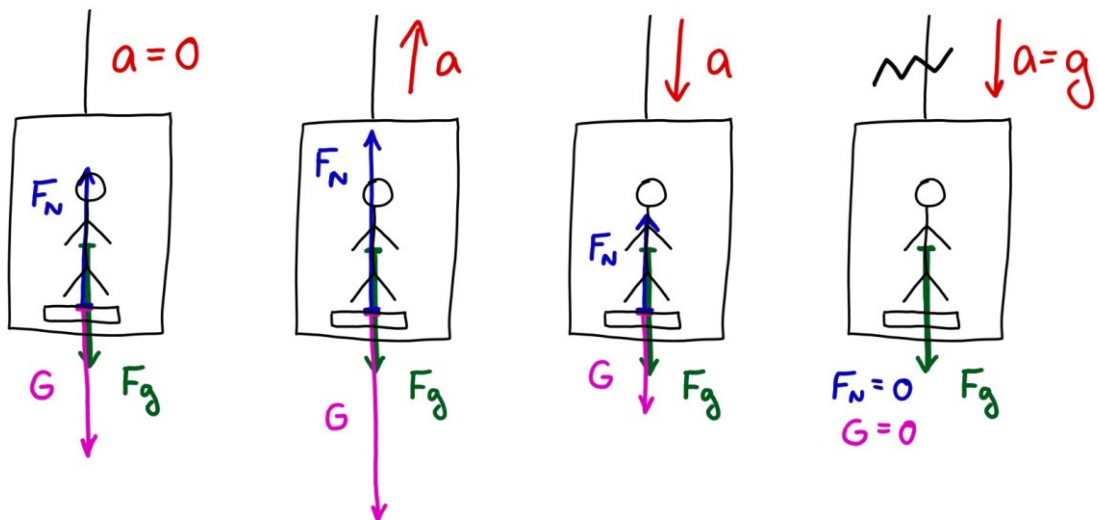
Stav beztíže a výtah

Co je to tedy ten stav beztíže? Zeptala bych se žáků, zda se stav beztíže dá zažít nejen ve vesmíru, ale i někde na Zemi. Možná by padly odpovědi typu „na některé atrakci na pouti“, „při vyhlídkovém letu“, „při bungee-jumpingu“. Tyto odpovědi bych odsouhlasila, ale namítla, že je to dokonce ještě mnohem jednodušší. (2)

Zopakovala bych, co je tíha. Následoval by příklad s výtahem. Představme si čtyři situace. Ve všech z nich stojí (opět náš) člověk o hmotnosti 80 kg na digitální váze, která je ale ještě ke všemu ve výtahu. Nyní máme určit, jaký údaj ukáže váha v jednotlivých situacích – výtah se nehýbe, výtah zrychluje směrem nahoru, výtah zrychluje směrem dolů, lano výtahu se utrhlo.

Na tabuli bych k tomu kreslila obrázky s vyznačeným směrem zrychlení, silami působícími na člověka a silou, kterou člověk tlačí na váhu. Vše by bylo z pohledu pevného pozorovatele, který stojí venku mimo výtah (tedy z pohledu inerciální vztažné soustavy). (3)

1. výtah se nehýbe – Žáci by pravděpodobně bez problému určili, že váha ukáže právě 80 kg.
2. výtah zrychluje směrem nahoru – Buď by to někoho napadlo, nebo bych je navedla k tomu, že si to mají představit tak, jakože výtah při zrychlení nahoru tu váhu „více natlačí“ na člověka – váha tedy ukáže o něco více, než 80 kg.
3. výtah zrychluje směrem dolů – Na základě případu č. 2. by žáci neměli problém odpovědět, že zde to bude přesně naopak, váha zase člověku „ujíždí pod nohama“, ukáže tedy o něco méně než 80 kg.
4. lano výtahu se utrhlo a výtah padá se zrychlením g – Pokud by to někoho z žáků nenapadlo rovnou, poradila bych jim, že výtah, člověk i váha vlastně v tu chvíli padají společně, s úplně stejným zrychlením. O kolik se při pádu posune člověk, o tolik se posune i váha – on na ni tedy nijak nemůže „zatlačit“ – váha tedy ukáže 0 kg.



Obrázek 1. Tíha člověka ve zrychlujícím výtahu

Ve všech situacích působí na člověka stejně velká tíhová síla F_g . Dále na člověka tlačí váha, na které stojí. Velikost této síly F_N se v jednotlivých situacích liší. Tíha G je síla, kterou tlačí člověk na váhu. Podle 3. Newtonova zákona je stejně velká a opačně orientovaná než síla F_N .

V první situaci, kdy se výtah nehýbe (zrychlení je nulové), je výsledná síla působící na člověka nulová. Platí tedy, že $F_g = F_N = G = mg$, a váha ukáže 80 kg.

Ve druhé situaci se výtah a tedy i člověk a váha pohybují se zrychlením směrem vzhůru. Na člověka působí nenulová výsledná síla směrem vzhůru, musí platit: $F_N > F_g$, váha zatlačí na člověka více a tedy i člověk na váhu $F_N = G > F_g = mg$, váha ukáže více než 80 kg.

Ve třetí situaci se výtah a tedy i člověk a váha pohybují se zrychlením směrem dolů. Na člověka působí nenulová výsledná síla směrem dolů, musí platit: $F_N < F_g$, váha zatlačí na člověka méně a tedy i člověk na váhu $F_N = G < F_g = mg$, váha ukáže méně než 80 kg.

V poslední situaci výtah, člověk i váha padají se zrychlením g . Na člověka působí jen tíhová síla F_g , váha do něj netlačí $F_N = 0$. A tedy ani člověk netlačí na váhu $G = 0$, a ta ukáže nulu. To znamená, že tam žádná tíha není – tj. tento člověk právě dosáhl stavu beztíže. Tedy ve stavu beztíže jsem kdykoli, když by myšlená váha pode mnou ukázala nulu. (3)

Kdykoli padáme volným pádem, jsme ve stavu beztíže

Stavu beztíže můžeme dosáhnout klidně hned tady ve třídě – tím, že vyskočíme. Během výskoku a pádu jsme ve stavu beztíže. A tady ve třídě rozhodně gravitační síla působí, takže opravdu to není to samé, jako nulová gravitační síla. Žáci zmiňovali let letadlem, pouťové atrakce a bungee-jumping – při všech těchto činnostech vlastně člověk nějakou dobu padá – a právě po ten čas je ve stavu beztíže. (1), (3)

Jak je to ale s vesmírnou stanicí? Vesmírná stanice obíhá kolem Země, což je vlastně také pád. Stanice padá pořád, ale nikdy nespadne na zemský povrch, protože má velmi vysokou rychlost – díky ní setrvává v pohybu po kružnici.

Na závěr bych jim žákům pustila část tohoto videa (Rande s fyzikou) – hlavně to, kde gymnastka na trampolíně vedle sebe odloží kladivo: <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10319921345-rande-s-fyzikou/211563230150006/>.(3)

Zdroje a literatura

[1] MANDÍKOVÁ, Dana. *Výuka Newtonových zákonů I - intuitivní představy žáků*. Dostupné online [4. 7. 2020] <https://clanky.rvp.cz/clanek/o/z/212/VYUKA-NEWTONOVYCH-ZAKONU-I---INTUITIVNI-PR-EDSTAVY-ZAKU.html/>

[2] MANDÍKOVÁ, Dana a Josef TRNA. *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. 1. vyd. Brno: Paido 2011. 245 s. 336. ISBN 978-80-7315-226-0.

[3] <https://www.youtube.com/watch?v=X9vOoXU56K>

[4] <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10319921345-rande-s-fyzikou/211563230150006/>