

Těžiště a rovnováha

Metodika ukazuje možnost, jak žákům zavést pojem těžiště a rovnováha. Současně nabízí další aktivity, kterým se dá v rámci výuky věnovat, pokud na to má učitel čas. Téma je vhodné zařadit do 7. třídy k výuce sil.

Pojem těžiště žáci často znají, ale mají o něm obvykle pouze vágní představu. Přestože na úrovni 2. stupně ZŠ nelze pojem těžiště přesně definovat (žáci nemají dostatečný matematický základ), lze jim představu o těžišti a rovnováze zpřesnit a ukázat mnoho aplikací, kde je znalost rovnováhy důležitá.

Na téma stačí jedna vyučovací hodina, ale pokud má učitel čas, lze mu věnovat i víc hodin – viz navazující aktivity na konci metodiky.

Potřebné pomůcky: několik plochých těles (včetně jednoho velmi nepravidelného – lze např. vystříhnout z pevnějšího kartonu), provázek, závaží, háček, delší tyčka (příp. i pravítko), modelína

Pomůcky na návazné aktivity jsou uvedeny u nich.

1. část – úvod

Na úvod hodiny učitel nechá žáky zkusit několik cviků:

- 1) Všichni žáci si sednou na židli tak, aby seděli až v zadní části židle, měli nohy kolmo k zemi, záda rovná, ruce podél těla (nebo za židlí) – měl by být pravý úhel mezi zády a stehny a pravý úhel mezi stehny a holeněmi. V této poloze se zkusí zvednout.
- 2) Několik žáků (podle délky volné zdi ve třídě) si stoupne ke zdi zády tak, aby se záda i paty nohou opíraly o zeď. V této poloze se zkusí předklonit.
- 3) Několik žáků si stoupne bokem ke zdi (opět tak, aby bok i celá noha se dotýkaly zdi). V této poloze zkusí zvednout nohu, která je dál od zdi.

Žáci cvičení pozorují a popisují, co se jim děje. Snadno okomentují, že ze židle se jim nejde zvednout, při pokusu o předklon padají, stejně jako při snaze o zvednutí nohy.

Učitel je může nechat chvíli vymýšlet, proč se jim to děje, při snaze o vysvětlení velmi často padne i slovo těžiště, případně nějaké tvrzení ve smyslu „nejsem v rovnováze“. Tím žáci sami pojmenují téma hodiny.

2. část – těžiště

Žáci často znají pojem těžiště trojúhelníka z matematiky. Z toho lze vyjít a nechat je připomenout, že těžnice je spojnice vrcholu a protější strany, těžiště je průsečík těžnic. Poté jim učitel ukáže nepravidelný tvar – u něj se budou těžnice matematicky špatně hledat...

Nabídne proto jinou metodu hledání těžiště. Ta vychází z toho, že těžiště zavěšeného tělesa je vždy pod místem zavěšení. Je vhodné, když experiment učitel nejdříve provede s trojúhelníkem (a ukáže tak, že těžiště, o kterém se žáci učili v matematice, je pro trojúhelník stejný bod, jako těžiště ve fyzice).

Učitel trojúhelník zavěsí v jednom z vrcholů tak, aby se mohl volně otáčet, pověsí na něj provázek se závažím (olovnicí) a na trojúhelník vyznačí „svislici“ znázorněnou provázkem. Totéž zopakuje z jiného vrcholu. Místo, kde se svislice potkají, je těžiště. Stejný experiment je vhodné provést i s nepravidelným tvarem.

Učitel poté žákům ukáže, co se stane, jestliže těleso podepře prstem v těžišti a mimo těžiště – kdekoli mimo těžiště padá, ale podepřené v těžišti drží.

Je vhodné v tuto chvíli se žáky shrnout, co už o těžišti vědí:

- U trojúhelníku je průsečíkem těžnic.
- U plochých tvarů ho lze najít jako průsečík svislic.
- Je vždy pod místem zavěšení.
- Pokud těleso podepřeme v těžišti, drží a nepadá.

Učitel následně okomentuje, že už toho o těžišti víme docela dost, ale vlastně pořád nevíme, co to je za bod. Poté konstatuje, že přesná definice je náročná, ale v podstatě jde o „střed rozložení hmotnosti“ – bod, od kterého je na všechny strany těleso „stejně těžké“ s vědomím toho, že hmotnost dál od těžiště má větší vliv než hmotnost těsně u něj. Učitel může připomenout i práci s vahadlem/pákou, kde žáci viděli větší vliv závaží daleko od osy otáčení. U homogenních těles je tedy těžiště „zhruba uprostřed“, u symetrických těles je na ose symetrie. Poznatky je užitečné přidat do shrnutí zjištění o těžišti.

Následně by učitel měl nechat žáky samotné rozhodnout, kde má těžiště např. obdélník, čtverec, kruhová obruč, podkova. Je užitečné, aby učitel zvolil i tělesa, která jsou „dutá“. Aktivita vede jednak k upevnění představy o těžišti („zhruba uprostřed“ a „symetrická mají těžiště na ose“), současně vede k problému s těžištěm, které není součástí tělesa. Žáci se obvykle u kruhové obruče zaseknou, protože střed tělesa (a tedy jasný kandidát na těžiště) v tělese není. Je potřeba, aby učitel zdůraznil, že každé těleso sice má své těžiště, ale toto těžiště nemusí být součástí tělesa. Samozřejmě, pokud bychom chtěli toto těleso podepřít v těžišti, museli bychom si pomoci např. navázáním provázků...

Pokud učitel chce, může žákům ukázat i další metodu hledání těžiště. Žáci si vezmou delší tyčku (fixu, pravítko, apod.) a položí si její konce na dva ukazováčky obou rukou. Ukazováčky posouvají pomalu směrem k sobě a pozorují, co se děje – snadno zjistí, že se prsty nepohybují oba současně, ale vždy se pohne jen jeden, po chvíli se zastaví a pohybuje se druhý. Tam, kde se oba prsty potkají, má tyčka těžiště (což lze snadno ověřit podepřením a zjištěním, že tyčka se nepřeklápí ani na jednu stranu). Žáky nepřekvapí, že jim těžiště vyšlo přibližně uprostřed – pravítko i fixa mají poměrně rovnoměrně rozloženou hmotnost. Učitel může ukázat, že metoda funguje i pro výrazně nerovnoměrně rozloženou hmotnost – tyčku na jednom konci zatíženou modelínou nebo pro smeták. Na tento experiment může navázat problémová úloha: Pokud bychom špejli s modelínou nebo smeták přerázili v místě těžiště a vzniklé části dali na opačné misky vah, co bychom pozorovali? Byly by obě části v rovnováze? Pro žáky bývá překvapivé, že obě části stejnou hmotnost nemají.

Pozn.: Stejnou metodu lze použít i pro plochá tělesa, která podepřeme třemi prsty a ty přibližujeme k sobě.

3. část – rovnováha

V poslední části hodiny je potřeba se vrátit k úvodním cvikům. Žáci by si měli nejdřív rozmyslet, kde leží jejich těžiště – vzhledem k tomu, že člověk je zhruba symetrický okolo svislé osy, leží těžiště na této ose zhruba uprostřed výšky (obvykle se udává na úrovni kyčlí). Jestliže tedy člověk stojí, je jeho těžiště nad místem podepření (podobně, jako ploché těleso podepřené pod těžištěm). Je užitečné, pokud si žáci zkusí, co se stane, jestliže stojí a zvednou nohu – horní část tělesa se jim automaticky nakloní na druhou stranu tak, aby těžiště stále zůstalo nad místem podepření (tím je teď už jen jedna noha). Když ale žák stál u zdi, nemohl se naklonit (směrem do zdi) a proto padal. Stejně tak při snaze o předklon. Jestliže žáci seděli na židli, byla jejich místem podepření celá oblast ohraničená nohama židle i jejich vlastními – těžiště je tedy nad místem podepření a vše je v pořádku. Jestliže se ale zkusí zvednout, už jsou podepřeni jen na svých nohách, nad kterými ale těžiště není... Je užitečné, pokud si žáci zkusí zvednutí ještě jednou, ale tentokrát pozorují, co automaticky dělají, aby se zvednout mohli – posunou nohy pod židli a nakloní se dopředu. Tím se těžiště dostane nad nohy a mohou se zvednout.

Je možné se žáky zavést termín rovnováha stabilní (těleso visí, těžiště je pod bodem zavěšení, po vychýlení se vrátí zpátky) a labilní (těleso stojí, těžiště má nad místem podepření, po vychýlení spadne), ale dle naší zkušenosti to není nezbytné.

Návazné aktivity

Pokud má učitel čas, může zařadit některou z následujících aktivit. Z našich zkušeností je pro žáky téma těžiště zajímavé a vnímají ho jako praktické, proto mu je vhodné věnovat víc než jednu nezbytnou vyučovací hodinu.

Některé z následujících aktivit lze žákům zadat i jako dobrovolný domácí úkol.

1) Těžiště České republiky

Žáci si z kartonu vystřihnou obrys České republiky, pomocí provázku a závaží najdou těžiště. Poté zjistí, u kterého města jejich těžiště leží a porovnájí to s reálným těžištěm ČR (mohou i dohledat metodu, jak bylo reálné těžiště ČR nalezeno). Aktivita je vhodná jako dobrovolný domácí úkol.

Podrobný popis týkající se různých středů ČR je např. v článku [1].

2) „Kde má těžiště?“

V příloze je materiál pro skupinovou práci žáků – úkolem žáků je zodpovědět otázky, resp. vysvětlit „trik“. Pokud má učitel možnost, je užitečné žákům stojánek na víno nebo „divnou krabičku“ ukázat i naživo.

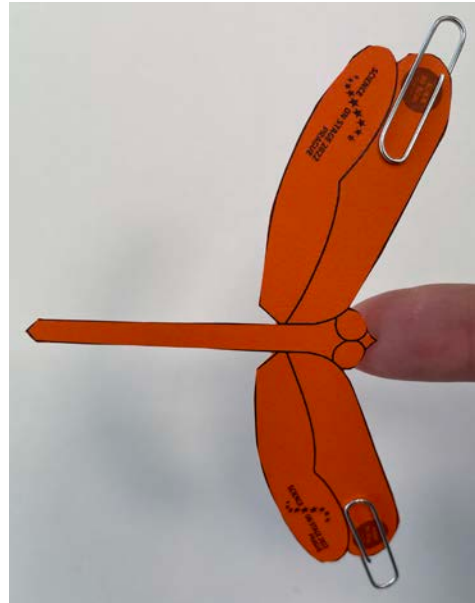
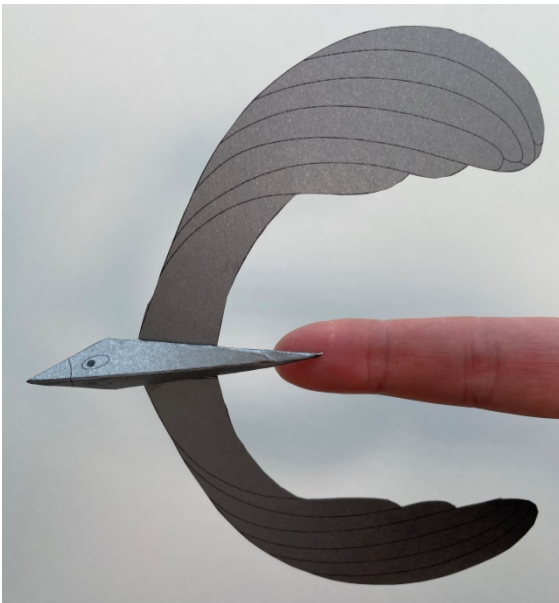
Učitel by měl žákům nechat vhodnou dobu na diskuzi a případné vyzkoušení, potom je potřeba se žáky všechny otázky projít, nechat vždy někoho z žáků odpovědět a případně dojasnit vysvětlení.

3) Výroba těžišťových hraček

Učitel může žákům ukázat několik hraček, které zdánlivě nemohou držet – ptáček, který stojí na zobáčku, provazochodec, který stojí na špendlíku apod. (viz obrázky). Je vhodné nechat žáky diskutovat, jak jsou hračky udělané, kde mají těžiště.



Pokud má učitel čas, může nechat žáky vybrané hračky vyrobit. Vhodným zdrojem velmi jednoduchých šablon je např. „Papírová věda“ V. Pejčochové (dostupná z [2], viz obrázky), o něco náročnější na výrobu i materiál je „Beruška“ V. Piskače (viz [3]).



Aktivitu lze zařadit do běžné výuky i nechat žákům jako dobrovolný domácí úkol. Mohou případně vytvořit i vlastní šablony.

4) Stavby z kříd, skulptury

V rámci např. laboratorních prací mohou žáci zkusit stavět různé šikmé věže či jiné skulptury. Vhodným stavebním materiálem jsou dřevěné kostky tvaru kvádrů, případně školní křídly (ty se sice při experimentech lámou, ale to pro psaní nevádí). Žáci mohou dostat za úkol:

- Postavit co nejšikmější věž
- Postavit co nejvyšší věž
- Postavit různé věže stojící na jedné svislé kostce – viz obrázek

Pokud učitel chce, může zadat dobrovolný domácí úkol – postavit zdánlivě nemožnou skulpturu z běžných domácích předmětů. Inspiraci mohou žáci najít např. v obrázcích V. Piskače (viz [4]).

Na obrázcích jsou vybrané skulptury žáků.



5) Těžiště ve videu

Na internetu lze najít mnoho videí týkajících se těžiště – doporučujeme žákům pustit dvě, ve kterých autor s těžištěm velmi dobře pracuje (ač to ve videu nikde není zmíněno). První se týká stavby kamenných skulptur (např. [5], ale i další), ve druhém účastnice talentové soutěže skládá stavbu z dřevěných tyčí (viz [6]). Lze ukázat i opačný případ, kdy autor s těžištěm pracovat neumí (viz např. [7]).

Odkazy:

- [1] V. Koudelková. Fyzikální toulky: Střed České republiky. Dostupné z: <https://www.matfyz.cz/clanky/fyzikalni-toulky-stred-ceske-republiky>
- [2] V. Pejčochová: Paper science. Dostupné z: <https://c5644e8a29.clvaw-cdnwnd.com/f625736d1d033a2967f95ab94a6bfaed/200002027-8f7ae8f7b1/paper-science.pdf?ph=c5644e8a29>
- [3] V. Piskač: Beruška: <https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/beruska.pdf>
- [4] V. Piskač: Vyvážená tělesa. Dostupné z: https://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/ostatni/vy vazena_tele sa - fotografie_pro_projekci.pdf
- [5] Gravity glue. Dostupné z: <https://youtu.be/iHrycfR9zXA>
- [6] The power of concentration and balance. Dostupné z: <https://youtu.be/KVPA9hofw>
- [7] Špatně naložená Avia se při jízdě Ostravou stavěla na zadní. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ostrava/zpravy/video-pretizene-avie-ktera-jela-jen-po-zadnich-kolech.A170516_141059_ostrava-zpravy_woj

Realizace byla v roce 2022 podpořena MŠMT v rámci opatření na podporu studijních programů, zaměřených na přípravu budoucích učitelů na pedagogických i nepedagogických fakultách veřejných vysokých škol.

Příloha – úkoly do skupin

- 1) Možná máte doma stojánek na víno – viz obrázky. Rozmyslete, jak jsou stojánky udělané a kde musí mít těžiště.



- 2) V ulicích lze občas vidět „kouzelníky“, kteří sedí zdánlivě ve vzduchu a jen se zběžně opírají o nějakou tyč (viz obrázek). Vysvětlete, jak je tento trik udělaný.



- 3) Představte si, že nesete těžký batoh na zádech nebo těžkou tašku v ruce. Rozmyslete si, jak se u toho nakloníte. Zdůvodněte, proč se musíte naklonit. A samozřejmě si to klidně vyzkoušejte...
- 4) Na obrázku je „divná“ krabička. Popište, kde má těžiště a odhadněte, jak je trik udělaný.

