

Optické klamy a další náměty na experimenty

JAROSLAV REICHL

SPŠST Panská 3, Praha

V příspěvku je popsáno několik jednoduchých experimentů na téma optické klamy, třecí síla a momentová věta. Řada optických iluzí je zobrazena na různých webových stránkách nebo v učebních textech, já předkládám možnost, jak tyto optické iluze předvést experimentálně. Dále popisují netradiční experiment na téma třecí síly a aplikaci momentové věty.

Úvod

Ve svých hodinách se snažím vést žáky k tomu, aby o všem, co uvidí nebo uslyší, přemýšleli a nenechali se oklamat. Proto se snažím všechny obrázky, videa, a další materiály, které buď sám, nebo moji žáci najdou, předvést experimentálně, abych buď vyvrátil, nebo potvrdil to, co autor tvrdí. Tak vznikly nápady na následující optické experimenty.

Dále popsané experimenty z mechaniky považuji za netradiční v tom smyslu, že daný fyzikální jev demonstrují netradičně či s využitím problémové úlohy.

Optické iluze – reálný experiment

Optickou iluzí budu mít na mysli v tomto článku zobrazení, které vzniká na základě lomu světla a vzniklý obraz má na první pohled nečekané vlastnosti. Pro tento účel je vhodné použít velkou skleněnou nádobu přibližně válcového tvaru, stativ a předtištěné motivy. K provedení experimentu budeme potřebovat ještě vodu, kterou budeme přilívat do skleněné nádoby.



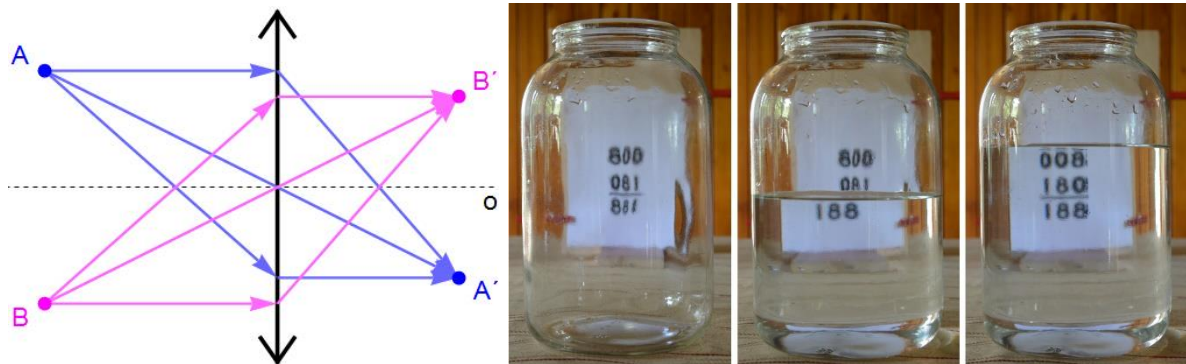
Obr. 1. a obr. 2. Průběh experimentu

Experiment provedeme ve dvou krocích. V prvním kroku postavíme před žáky prázdnou skleněnou nádobu a za ní umístíme předtištěnou předlohu. Žáci vidí text (resp.

obrázek) na papíru tak, jak jej vidí běžně. Pokud nyní nalijeme do nádoby vodu, text (resp. obrázek) se stranově převrátí; oba kroky experimentu jsou zobrazeny na fotografii na obr. 1. Vysvětlení vyplývá z faktu, že nádoba s vodou se chová jako spojná čočka, která (v případě, že je vytištěná předloha dostatečně daleko za nádobou – tj. je od nádoby dále, než je ohnisková vzdálenost takto vytvořené čočky) vytváří stranově převrácený obraz (viz schéma na obr. 3). Obraz se bude převracet podél osy válce, tj. v té rovině, v níž je plocha válce zakřivená.

Pokud tedy láhev uzavřeme a položíme na podložku, bude se obraz převracet vodorovně (viz obr. 2). Můžeme také zformulovat problémovou matematickou úlohu, kterou následně experimentálně dokážeme. Průběh experimentu v jeho třech krocích je zobrazen na obr. 4.

Při předvádění experimentu si musíme uvědomit, že experiment je nutno sledovat pouze z relativně malého zorného úhlu, aby byly zobrazované jevy dobře patrné. Žáci ale mohou přijít postupně do takové pozice, kde výsledek experimentu dobře uvidí. Snímání obrazu kamerou je sice možné, ale pak mohou žáci namítat, že popsaná optická iluze může nastat i při zpracování obrazu kamerou a dalšími částmi audiovizuálního řetězce.



Obr. 3. a obr. 4. Vysvětlení experimentu a matematický klam

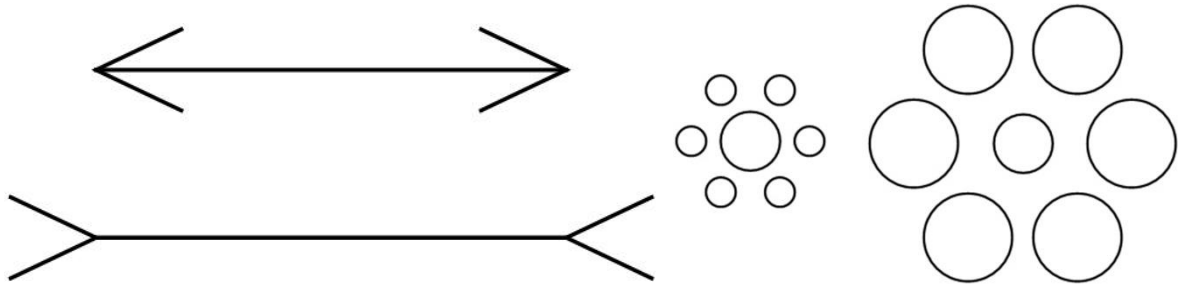
Optické klamy

Na různých webových stránkách lze nalézt různé optické klamy. Některé z nich jsou dobře vysvětleny a zobrazeny, jiné jsou špatně. Obrázky, které za optické klamy považujeme, sledujeme očima, ale mozek obrázky interpretuje jinak, než jak jsou skutečně zobrazeny. Zdá se, že vidíme něco, co na obrázku není, interpretujeme špatné barvy, tvary předmětů se zdají jiné (viz např. [1]). Ve většině zdrojů, kde jsou optické klamy zobrazeny, je nutné se spolehnout na tvrzení autorů („úsečky jsou stejně dlouhé“, „barvy oblastí A i B jsou stejné“, ...). Proč bychom ale nemohli podat experimentální důkazy těchto tvrzení?

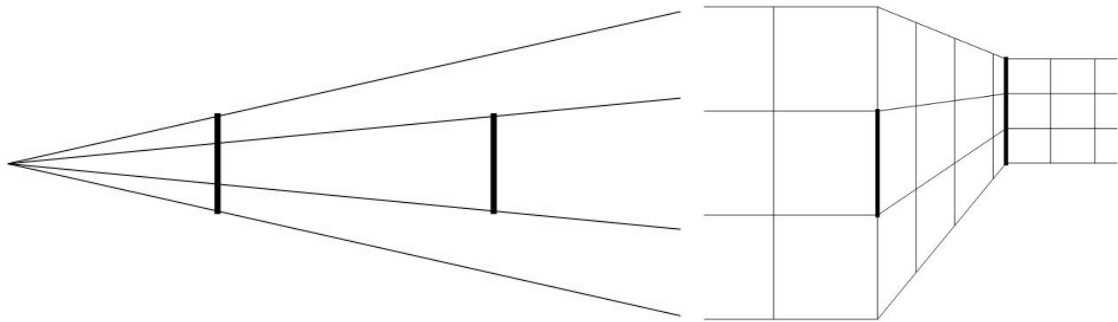
Proto jsem se rozhodl některé experimentální důkazy podat. Navazuji tím na modely optických klamů představených v [2]. Předlohy obrázků jsou vyrobeny přesně (rozměry, barvy, ...) v software Mathematica. Experimentální důkaz spočívá v porovnání délek úseček, poloměrů kružnic, barev, ... pomocí vhodných nástrojů (kousek špejle, mince, pomocný obrázek, ...).

Optické klamy, které jsem vybral a vytvořil k nim reálný model, jsou zobrazeny na obr. 5 až obr. 10. Příslušné pracovní listy, na kterých jsou optické klamy správně vytištěny pro další porovnávání rozměrů a barev, jsou k dispozici u autora článku. Pracovní listy pak stačí vytisknout a pracovat s nimi v hodině.

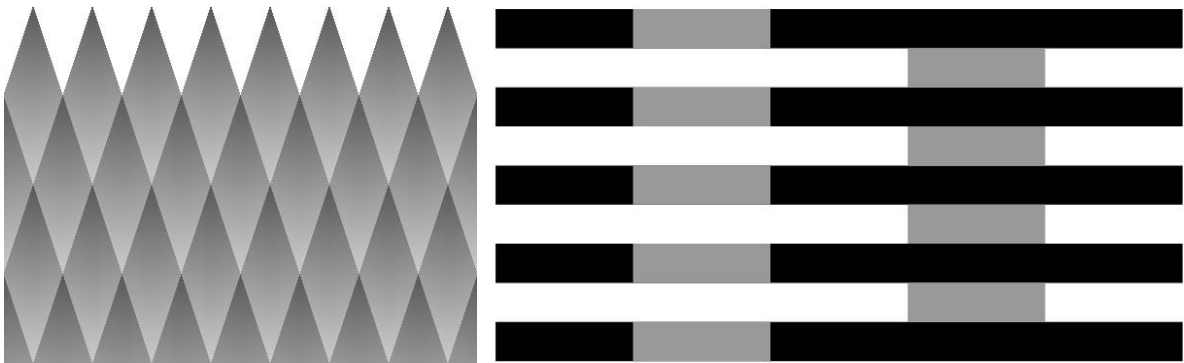
Sami žáci s využitím např. kousků špejle zjistí, že obě vodorovné úsečky na obr. 5 mají stejnou délku, že vnitřní kruhy na obr. 6 mají stejný průměr a že obě zvýrazněné čáry na obr. 7 (resp. na obr. 8) mají stejnou délku.



Obr. 5. a obr. 6. Geometrické klamy – zdánlivá změna délky a poloměru



Obr. 7. a obr. 8. Geometrické klamy – zdánlivá změna délky



Obr. 9. a obr. 10. Barevné klamy – zdánlivá odlišnost kosočtverců a šedých proužků

Podobně lze zjistit např. přiložením jednoho ze zobrazených kosočtverců (vystřížením z pracovního listu nebo s využitím dalšího samostatně vytištěného), že všechny kosočtverce zobrazené na obr. 9 jsou stejné; tedy nejsou ty ve spodnějších řadách tmavší. Analogicky lze zjistit, že na obr. 10 jsou použity pouze dvě barvy – černá a jeden odstín šedé, ačkoliv oko vidí dva různé odstíny šedé.

Netradiční zvedání židle

Při probírání vlastností třecích sil se žáci ve většině kvalitativních i kvantitativních úloh setkávají s třecí silou působící ve vodorovném směru nebo na nakloněné rovině. Experiment, který je dále popsán, tuto zažitou představu boří, čímž nutí žáky o problematice třecích sil (a sil obecně) přemýšlet hlouběji.

K experimentu budeme potřebovat truhlářskou svěrku, několik stejných dřevěných kvádrů (odřezky, součásti používané pomůcky, ...), pevný provázek a předmět, který budeme zvedat. Já osobně používám z důvodu ztraktivnosti experimentu židli ze třídy, ale použit lze libovolný vhodný (viz popis dále) předmět. Předmět přivážeme na provázek, provázek provlékneme pevným ramenem svěrky a do svěrky pečlivě sevřeme dřevěné kvádry. Pak provázek umístíme na jeden z kvádrů a svěrku opatrně zvedneme (viz obr. 11). Spolu se svěrkou zvedáme i daný předmět.

Provázek je napínán tíhovou silou předmětu a ta je kompenzována silou, kterou na provázek působí dřevěný kvádr. Síla, kterou působí dřevěný kvádr na provázek, je realizována třecí silou působící mezi kvádry. Velikost třecí síly je dána součinitelem smykového tření a normálovou silou, tj. silou kolmou k podložce. Touto normálovou silou je síla, kterou jsou kvádry stlačeny svěrkou k sobě. Povolněním svěrky lze velikost normálové síly zmenšit, tím se zmenší i velikost síly třecí a kvádr, na kterém je položen provázek, z řady kvádrů vypadne. Tyto poznatky není nutné žákům sdělovat – je vhodné, aby při řízeném rozhovoru na ně přišli žáci sami.



Obr. 11. a obr. 12. Provedení experimentů s židlí a vážení předmětů

Která krychlička má největší hmotnost?

K následujícímu experimentu mě inspirovala jedna logická úloha: Jak zjistit na dvě vážení na rovnoramenných vahách, který z devíti na první pohled stejných předmětů má největší hmotnost?

Devět stejných předmětů (z nichž jeden má větší hmotnost, než každý z ostatních) můžeme najít ve fyzikálních pomůckách nebo si je vyrobit. Já jsem pro ten účel slepil devět papírových krychliček, do kterých jsem vlepil jednu matku M6; do jedné z krychlí jsem vlepil tyto matky tři. Rovnoramenné váhy buď můžeme využít z fyzikálních sad pro demonstraci momentové věty, nebo je vyrobit – např. ze špejle, na kterou budeme zavěšovat mističky ze seříznuté PET láhve. V mém provedení jsou použity tři špejle svázané k sobě drátkem, mističky se zavěšují na háček vyrobený z kancelářských sponek.

Postup vážení (tj. určení té krychličky, která má největší hmotnost) necháme vymyslet žáky. Po chvíli přijdou na to, že stačí položit libovolné tři krychličky na jednu misku vah a další libovolné tři na druhou misku vah. Pokud je vahadlo v rovnováze (viz obr. 12), pak je krychlička s největší hmotností mezi třemi nepoužitými krychličkami. Pokud vahadlo v rovnováze není, je v té mističce, která převažuje směrem dolů. Na trojici krychliček, mezi kterými hledaná krychlička určitě je, aplikujeme podobný postup. Tentokrát ale do mističek umístíme vždy po jedné krychličce. Pokud je vahadlo v rovnováze, má největší hmotnost ta, která zůstala nepoužitá na stole. Pokud vahadlo převažuje jedním směrem, je hledaná krychlička v mističce, která se nachází níže.

V případě, že chceme, aby žáci o úloze přemýšleli více, můžete zadání modifikovat tak, aby vymysleli nejmenší počet vážení (a následně je zrealizovali), pomocí kterých lze krychličku s největší hmotností nalézt.

Závěr

Popsané experimenty jsou na přípravu ze strany učitele velmi snadné a velmi levné – lze je zrealizovat s minimem pomůcek. U řady z nich se navíc podaří u žáků vyvolat tzv. „WOW efekt“ – tedy překvapení, pokud žáci tento experiment vidí poprvé. Téměř všechny popsané experimenty lze využít v různých částech hodiny s různou funkcí (demonstrační experiment, motivační experiment, zadání problémové úlohy a podobně).

Literatura

- [1] *Encyklopedie fyziky – Optické klamy* [online], [citováno 23. 8 2016]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/492>
- [2] Reichl, J. *Magická fyzika a matematika*. In Dílny Heuréky 2014, sborník konference projektu Heuréka, editor L. Dvořák, Nakladatelství Matfyzpress 2015, str. 165–166, [CD-ROM]. ISBN 978-80-7378-290-0.