

# Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

---

Antonín Svoboda

Promítací přístroj ve vyučování fysice

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 67 (1938), No. Suppl., D280--D285

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/120803>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1938

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

$$\mathfrak{P} + \mathfrak{Q} + \mathfrak{R}' = 0$$

plyne

$$\mathfrak{P} + \mathfrak{Q} = \mathfrak{R}.$$

Zobecnění na více sil je snadné. Z úvahy pak vyplývá pravidlo:

*Na šikmé rovině je rovnováha, je-li výslednice všech sil na břemeno působících (jeho váhu v to počítajíc) kolmá k šikmé rovině.*

Demonstraci tohoto zákona jest možno provéstí Strouhalovou soupravou. Je však třeba poříditi si kladku s třemi vidlicemi (místo obvyklé se dvěma). Pravitko představující rovinu prostrčíme dvěma vidlicemi, třetí zůstane volná. Ostatní je patrné z obrazce 1. Aby se snadno eliminovala váha kladky, bylo by dobře dáti jí hmotu rovnou jednomu nebo dvěma závažím soupravy. Rozhodneme-li se předem pro tři určité síly (na př.  $P = 4$ ,  $Q = 5$ ,  $R' = 6$ ), jest nutno rovině dáti určitý sklon (v uvedeném případě asi  $41\frac{1}{2}^\circ$ ). Při experimentování uvedeme nejprve rovinu do této polohy („výška“ při délce 1 m jest asi 66 cm), zavěsíme síly  $P$  a  $Q$  a ukážeme, že se kladka ustálí v určité poloze. Potom připojíme sílu  $R' \perp$  k rovině; kladka zůstane v rovnováze. To dokazuje, že výslednice sil  $P$  a  $Q$  je kolmá k rovině. Zvedneme-li poněkud dolní konec roviny, rovnováha se poruší; snížíme-li jej, zůstane kladka v rovnováze volně ve vzduchu. To dosvědčuje, že  $R'$  má tutěž velikost jako výslednice  $P$  a  $Q$ .<sup>2)</sup>

Obecné pravidlo o rovnováze poslouží velmi dobře k řešení rovnováhy na šikmé rovině, není-li možno nedbati tření. Určeme na př. graficky velikost síly  $P$  rovnoběžné se základnou roviny, je-li tření  $T = fQ \cos \alpha$ !<sup>3)</sup> Z daného  $Q$  a  $T$  (obr. 2) sestrojíme výslednici  $MX$  a konečně sílu  $P$ ; postup konstrukce je z obrazce zřejmý. Při tom je nutné, aby bod  $X$  padl mezi  $Q$  a normálu roviny, jinak se těleso udrží v rovnováze jen třením.

Na obecné pravidlo se odvoláme při výkladu o povrchu kapaliny za rovnováhy; povrch kapaliny jest všude kolmý k výslednici sil působících na povrchové částice kapaliny.

## Promítací přístroj ve vyučování fysice.

Antonín Svoboda, Prachatice.

Není zde míněn přístroj k promítání diapositivů, neboť jeho užívání nejen ve vyučování fysice, ale i ostatním předmětům je příliš samozřejmé, je-li po ruce zásoba vhodných diapositivů.

<sup>2)</sup> V učebnici Herolt-Ryšavý I., str. 43 je zobrazeno obdobné uspořádání pokusu pro případ  $P = 3$ ,  $Q = 5$ ,  $R = 4$ . Síla  $P$  je v tomto případě rovnoběžná s délkou roviny.

<sup>3)</sup> Těž případ, avšak  $P \parallel d$ , je řešen početně v učebnici Mašek-Wangler, Fysika I.

V tomto ohledu školet ještě více vyhovuje epidiaskop a proto nutno jeho opatření doporučit všude, kde toho prostředky dovolují.

Pomocí epidiaskopu je možno při vyučování každému předmětu a fyzice zvláště promítati bez opatřování nákladných diapositivů různé fotografie, obrázky z knih a hlavně různé diagramy, jichž kreslením by učitel ztratil valnou část své hodiny, jichž počet je stejně už novými osnovami zredukován na trapné minimum. Mimo to lze epidiaskopem promítati v činnosti některé měřicí přístroje (na př. mavometr, voltmetr nebo ampérmetr hodinového formátu), jichž údaje pro malé rozměry škály nejsou pro všechny žáky viditelné, chceme-li podle nich sestavovati různé diagramy, na př. při sestavování charakteristiky lampy.

V tomto článku má býti poukázáno na užití nejběžnějšího promítacího přístroje poněkud jiným způsobem: K promítání různých fyzikálních úkazů, které pro malé rozměry nemohou býti všem žákům předvedeny in natura s patřičnou názorností. Tím často pokus, velmi pracný a jinak velmi instruktivní, ztrácí na svém významu didaktickém.

Uvedenému účelu vyhovuje ještě více přístroj, dovolující také vodorovnou projekci. Nástavec k tomuto účelu lze dodatečně opatřiti ke starším přístrojům poměrně malým nákladem.

Uvedu zde několik případů užití promítacího přístroje v tomto směru:

1. Experimentální důkaz Hookova zákona: Změna délky ocelového drátu, způsobená i značným napětím je celkem nepatrná a pouhým okem lze ji těžko postřehnouti, natož měřiti, ačkoliv právě ocelový materiál vyniká v tomto směru značnou pravidelností. Tyto potíže nám lehce pomůže odstraniti projekce: Proměřovaný drát (dosti dlouhý — 3 až 4 m) upevní se v háku na stropě, nebo v pevném dosti vysokém stativu tak, aby svisle procházel před objektivem promítacího přístroje. V místě na drátě, které je asi v polovině zorného pole přístroje, upevníme malý index. Na spodní konec drátu zavěšujeme závaží, abychom docílili potřebných napětí (u oceli si můžeme dovoliti značná napětí) a změny délky jsou podle indexu velmi dobře patrné a současně viditelné celé třídě.

K měření prodloužení hodí se dobře stupnice, rytá do skla, kterou možno promítati současně tak, aby průměty drátu (a hlavně na něm upevněného indexu) a stupnice se překrývaly.

2. Podobně lze promítáním názorně a všem žákům současně a značně markantně předvésti kapilární zjevy ve spojitéch nádobách, s jedním ramenem kapilárním. Za kapalinu vhodnou k demonstraci elevace lze zvoliti na př. amoniakální roztok  $\text{CuSO}_4$ , jehož barva je i v projekci značně intenzivní. Doporučuji však naplniti nádobu několik hodin předem, neboť vzlínání v kapiláře trvá delší dobu.

Současně lze v širokém rameni spojitých nádob se rtutí pro depresi dobře ukázati meniskus rtuti.

Podobně v projekci lze předváděti závislost elevačního úhlu na úhlu stěn, opět pomocí intensivně obarvené vody v misce se svislými stěnami s užitím další skleněné desky, již bočně k její stěně přikládáme.

3. Také známý pokus o povrchovém napětí na mydlinové bláně, na níž je vložena smyčka hedvábného vlákna, jež se po propíchnutí blány uvnitř smyčky rozevře v kroužek, je v projekci patrný všem žákům i z posledních lavic.

4. Máme-li k dispozici přístroj pro vodorovnou projekci, možno tímto způsobem demonstrovati proudové čáry a vliv různých tvarů profilů na jejich tvar: Na hladinu vody ve větší misce z tenkého skla (a s čistým dnem!) nasypme aluminiový, nebo likopodiiový prášek. Předem nutno na trvalo připravit tyto součástky: Z plechu vystřižené různé profily přiletujeme na dvakrát ohnutý drát, na jehož druhý konec naletujeme hlubší žlábek z plechu, abychom jím mohli smýkati po hraně nádoby. Konec s vystřiženým profilem nutno ohnouti tak, aby tento klouzal po hladině vody. Vzniklé proudnice jsou v projekci vlivem prášku dobře patrný.

5. Neocenitelné služby nám prokáže projekce při experimentech s vlněním:

a) Lze tak ukázati podélné kmity spirály slaboučkého drátu, který upevníme vodorovně přes zorné pole přístroje na jednom konci pevně. Na druhém konci k ocelovému péru, které rozkmitáme elektromagnetem. Po kratší úpravě napětí spirály objeví se velmi dobře znatelná zhuštění a zředění závitů, zejména užijeme-li strobokopické projekce.

b) Ve vodorovné projekci je možno demonstrovati šíření vln na základě Huygensova principu. Stačí menší miska s vodou, do níž svisle od shora zasahuje konec kovové tyčinky, naletované kolmo na ocelovém péru, jež opět rozkmitáváme elektromagnetem. Od místa rozruchu (tam, kde konec tyčinky zasahuje do vody) šíří se kruhové vlny.

Při tom lze velmi názorně ukázati vliv délky vlny na šíření vlnění za překážku, nebo štěrbinou. Překážkou může býti silná deštička skla, nebo jiného materiálu, kterou postavíme na dno bokem, aby alespoň poněkud vyčnívala nad hladinu. Štěrbinu možno vytvořiti mezi dvěma takovými deštičkami a lze ji libovolně zužovati.

6. Sem také náleží pokus o odvození harmonického pohybu z pohybu kruhového: Odstředivý stroj, jaký je ve sbírkách všech ústavů běžný, postavíme před promítací přístroj, aby vznikl na stěně jeho stínový obraz a nařídíme tak, aby obraz byl právě

stranorysem, aby se kolečko promítalo bokem. Toto roztáčíme z opačné strany, než jak činíme obvykle. Rukojeť kolečka vykonává pohyb kruhový (snažíme se o rovnoměrný), při čemž její průmět na stěně vykonává pohyb harmonický.

7. Nejeфекtnější pokus v tomto ohledu je vytvořování silových polí magnetického a elektrického, k čemuž je nutně třeba zařízení pro vodorovnou projekci.

a) Magnetické pole demonstrujeme obvyklým způsobem pomocí železných pilinek a krátkého tyčového magnetu. Kde není ten, stačí jehla deklinační magnetky. Použijeme čisté skleněné desky, na niž pilinky kolem položeného magnetu rovnoměrně nasypeme a po poklepu se vytvoří magnetické siločáry; lze tak velmi názorně ukázat magnetické pole mezi dvěma různými nebo stejnými póly (použitím dvou magnetů), magnetický stín a pod. Obrazy na promítací stěně vytvořené mohou být značně veliké a možno všechny žáky současně bez obcházení lavic nebo bez ztráty času upozorniti na různé zajímavé okolnosti.

b) Stejným způsobem lze promítati magnetické pole kolem proudovodičů různých tvarů při výkladech o elektromagnetismu. K tomu účelu nutno připravit skleněné podložky na nožkách, abychom mohli drát vyváděti spodem a nutno dáti vyvrtat do skleněných deštiček otvory pro drát. Zařízení tohoto druhu pro vytvoření magnetického pole solenoidu je dosti běžnou pomůckou. Stejným způsobem lze dát zhotovit zařízení pro demonstrace magn. pole kolem lineárního vodiče (vedeme jej kolmo do skleněné desky). Jistě firmy, které dodávají učebné pomůcky přáním vyjdou vstříc, nehledě k tomu, že lze potřebné vyrobiti i doma, máme-li v místě vtipného sklenáře.

Je třeba upozorniti, že k demonstraci silokřivek magnetického pole kolem proudovodiče je třeba proudu značně silného, asi 20 Amp.

c) Na stejném principu provádíme demonstrace elektrického pole a jeho různé podoby:

Elektrické pole mezi dvěma bodovými póly opět se promítá vodorovně. Na skleněnou desku nakapeme oleje o značné viskozitě, na př. ricinového a štětečkem jej rozetřeme na větší plochu, ale dbáme při tom, aby síla vrstvy byla dostatečná. Póly nám budou představovati na př. malá závažíčka (na př. 2 g) z obyčejné sádky závaží. Tato postavíme do vytvořené plochy oleje a spojíme s póly indukční elektriky. Zde poznáme, že k vůli stabilitě byla by vhodnější závažíčka těžší, ale nedejme se tím svést, neboť velká kapacita těchto pokus značně ztěžuje. Také malá tloušťka drátů přírodních je výhodná, neboť slabší drátek je mnohem více poddajný, což zde zvláště oceníme. A nyní nasypeme na olej mezi závažíčka dosti řídkce obyčejné krupičky, raději jemnozrnnější.

Začneme-li otáčeti elektrickou, nabíjíme závažíčka a v oleji se zvolna, ale velmi zřetelně tvoří silokřivky elektrického pole. Zvláště jejich pomalé tvoření je velmi zajímavé.

Místo závažíček možno zhotoviti stálé zařízení k tomuto účelu tak, že místo závažíček přilepíme na stálo ke sklu dva malé plechové terčíky, opatřené očky pro přívodní dráty k elektrice. Uspoříme tím mnoho času, ztráveného jinak stabilisováním závažíček.

Stejným způsobem se vytvoří elektrické pole za jiných podmínek, na př. elektrické pole deskového kondensátoru. K tomu účelu vystříháme z plechu příslušné profily, které opět přilepíme (na př. syndetikonem) na skleněnou desku. Připojíme-li k oběma pólům elektriky, vzniknou rovnoběžné siločáry stejnorodého pole. Také účinek hrotu se dá tímto způsobem názorně předvésti. Jeden polep vystříháme ve tvaru ostré špičky, druhý jako výseč mezikruží, jež tento obklopuje.

8. Rovněž dobře se uplatní projekční stroj při elektrolyse. Známým pokusem s roztokem octanu olovnatého ukážeme Saturnovým stromem primární akce. Pokus konáme v nádobce s plan-paralelními stěnami, v níž olověná anoda je zahnutá do tvaru U a uprostřed je přímá katoda. K demonstraci akcí sekundárních nejlépe se hodí roztok Glauberovy sole, obarvený odvarem slezového květu, jehož elektrolysu provádíme v podobné nádobce mezi platinovými elektrodami. Výhodné je oddělit katodu od anody proužkem kartonu; dobře tím vynikne červené zbarvení u anody (kyselina) a zelené u katody (zásady). Promícháním dostaneme původní neutrální barvu.

9. Konečně uvádím několik pokusů optických, při nichž musíme užívat pouze obloukové lampy. V prvé řadě je to objektivní demonstrace emisních spekter. K této uijeme kladného uhlíku, který je naplněn solí příslušného kovu (nejlépe Ba, Ca) po př. přímo kovové elektrody (Cu, Fe). Při pokusu nutno užití úzké štěrbiny a zaostření na stínítko. Uijeme-li proudy 5 A, jsou čárová spektra dobře pozorovatelná. Rovněž obrácení natriové linie lze velmi jednoduše provést. Stačí negativní uhlík (svisle umístěný) opatřiti vodorovným uhlovým nastavcem (ze staré elektrody článku) rozměrů asi  $4 \times 4$  cm a nasypati naň sodnou sůl (nejlépe  $\text{NaNO}_3$ ). Kladný uhlík je postaven šikmo. Prochází-li jeho světlo sodíkovými parami (jsou-li uhlíky blízko), dostaneme absorpci, vzdálíme-li uhlíky, emisi. Pokus je velmi názorný a dobře se daří.

Oblouková lampa je nenahraditelná při pokusech ohybových. Dáme-li na kondensator úzkou štěrbinu a před ní do vzdálenosti asi 1,5 m tenký drát ( $d = 0,2$  mm), dostaneme skvělý ohybový zjev pozorovatelný na vzdálenost 10metrovou. V podobné úpravě

se snadno podaří ukázati ohyb štěrbínou a jeho závislost na šířce štěrbín. Pokus ovšem má daleko méně světla, takže lze pozorovati jen asi na vzdálenost 3 m. Při pokusech s mřížkou je výhodné užití čočky, jíž světlo soustředíme na mřížku.

Trochu větší péče vyžaduje příprava pokusů interferenčních, zejména pokusů Fresnelových. Nejlépe se daří pokus s Fresnelovým biprismatem. Zjev promítneme na stínítko mikrometrickým okulárem, což umožní i kvantitativní výsledky.

Barvy tenkých vrstev rovněž značně získají projekcí. Očko s mydlinovou blánou umístěné vertikálně osvětlíme a v odraženém světle zobrazíme třeba obyčejnou čočkou a ve světle prošlém nejlépe dutým zrcadlem tak, aby oba obrazy byly vedle sebe.

Jak blána stéká, tvoří se rovnoběžné pruhy intenzivně zbarvené a na obou obrazech pozorujeme komplementárnost zjevu ve světle odraženém a prošlém. Podobně upravíme i pokus s Newtonovými kruhy.

Pro základní pokusy polarisační je celá řada úprav, které užívají Liesegangova optického přístroje. Uvedu však úpravu pokusu, při níž možno užít Nörrenbergova přístroje, který je téměř v každém kabinetě, k objektivní demonstraci. Světlo z projekčního stroje vrhne kruhovým otvorem na vhodně postavené dolejší zrcadlo (polarisátor) a jako analysátoru užijeme sádky deštiček.

Na stropě pozorujeme zjev ve světle prošlém a na válcovitém stínítku z průsvitného papíru zjev ve světle odraženém.

\*

Uvedených několik námětů nečiní si ovšem nároku na úplnost. Chtěl jsem jimi jen naznačit, v jak mnoha případech lze použití přístroje, v našich sbírkách obvyklého. Jak jsem také na počátku uvedl, často teprve projekce dává některým pokusům a zjevům jejich didaktický význam, kterého by pro vyučování postrádaly pro své malé rozměry. Jisté, že se během vyučování naskytne příležitost k užití jeho v mnoha jiných směrech.

Žákovi často teprve projekce dá pravý názor o věci anebo tento názor upevní.

Pro učitele pak má užití promítacího přístroje velký význam. Získává mu čas, který by jinak ztratil, měly-li by skupiny žáků pozorovat předváděné pokusy a třeba ještě nesprávně. Nehledě k tomu, že se při tom některé ukázky (na př. pilinové obrazce) snadno poruší.

A veliký význam tkví pak v tom, že promítané zjevy zaujmou žáky svou originelností a přitahnou jejich pozornost k vykládané látce. Z těchto důvodů užívání projekce při fyzikálních výkladech znovu doporučuji všude tam, kde nám látka k tomu dává příležitost.