

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Josef Zahradníček

Několik pokusů fyzikálních

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 68 (1939), No. Suppl., D14--D21

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/120747>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1939

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>

Několik pokusů fyzikálních.

Josef Zahradníček, Brno.

Balon.

V hodině fyziky případně chemie chce učitel ukázati žákům balon plněný vodíkem, svítíplynem nebo horkým vzduchem. K těmto pokusům dobře se hodí kaučukové balony, jaké prodává Baťa po 50 h. Plyn vyvíjený v plynopudné baňce anebo už připravený (v plynovodu) vedeme k ssací trubici vodní vývěvy (hadicí silnostěnnou) a na trubici foukací natáhneme prázdný balon, který se zhušťovaným plynem postupně nadýmá. Při dosažení vhodného objemu stáhneme balon s trubice a zavážeme na jednoduchý uzel reznou nití asi 5 m dlouhou. Zůstane-li ležet na experimentálním stole delší část niti, odstříhneme přítěž, aby se balon vznesl ke stropu. Po několika minutách vlivem osmosy balon od stropu klesá a je možno opět část přítěže odstříhnout, aby se balon znovu vznesl.

Balon naplněný vzduchem a zůstávající tedy na experimentálním stole dáme do prostoru s teplým vzduchem nebo svítíplynem (pod válec skleněný nebo pod velký recipient), osmosou se dostane do balonu lehčí plyn než vzduch a balon se může vznésti.

V měsících srpnu a září 1937 byly vypouštěny na dvoře fyzikálního ústavu Masarykovy university balony plněné svítíplynem, opatřené zpátečními lístky (celkem 60). Asi $\frac{2}{3}$ lístků bylo vráceno na př. z Uh. Brodu, z Handlové, ze Žďáru a j.

Měření tlaku manometrem.

Tlak svítíplynu v potrubí plynovém nebo tlak vzduchu, vycházejícího z fukaru nebo z úst, naměříme manometrem otevřeným a to rtuťovým nebo vodním buď přímo nebo v projekci. Rozdíl hladin v otevřeném manometru h je měrou tlaku $sg h$, kde s je specifická hmota kapaliny v manometru.

Tlak vody ve vodovodu nebo tlak kysličníku uhličitého v syfonu měříme manometrem zavřeným z Boyleova zákona. Vhodný je manometr opatřený kohoutem, aby počáteční stav se dal vhodně voliti.

Tlaková sonda s muším křídélkem ve spojení s manometrem vhodně skloněným (mosazná trubice asi metr dlouhá a 1 cm v průměru, opatřená na jednom konci olívkou spojenou s manometrem a na druhém konci víčkem s otvorem 1 mm přelepeným muším křídélkem — klapka jednostranně se otvírající) hodí se dobře k měření tlaků periodicky proměnných na př. v akustickém poli — akustický ventil. V některých případech je toto zařízení málo citlivé. Pak je vhodno spojit sondu (místo s manometrem) s mikro-

fonem, připojeným ke svorkám katodového oscilografu, který dovo-
luje velké zjemnění této metody použitím zesilovače. Akustické
sondy s mikrofonom možno použít pro jemná měření akustická
na př. v ozvučnách znějících píšťal nebo resonátorů, v ústech při
zpěvu a j.

Projekční teploměry.

Předvěsti celé třídy pokusy v nauce o teple naráží na obtíže,
pokud jde o měření teploty. Obyčejně odčítá teplotu jeden z žáků
a ostatní přijímají tyto údaje, kontrolované učitelem. Tomuto ne-
dostatku názorného vyučování možno odpomoci volbou velkých
teploměrů se stupnicí i na dálku viditelnou, nebo se měření teploty
provádí teploměry vzduchovými ve spojení s vodními manometry,
nebo termočlánky ve spojení se zrcadlovými galvanometry. Dobře
se osvědčí užívati v termice projekčních teploměrů rtuťových.
U těchto teploměrů je teploměrná trubice zploštěná s průřezem
eliptickým a podobně i trubice ochranná, takže sloupec teploměrný
se dá dobře promítnout. Stupnice nemusí býti obrácená, neboť žáci
si snadno zvyknou, že projekční soustava (spojka) vytváří obraz
převrácený. Vhodné jsou pro školní praxi teploměry do 100°C ,
dělené po stupních, teploměry kalorimetrické od -10° do 30°C ,
dělené po desetínách, teploměry lékařské od 35° do 42° , rovněž
dělené po desetínách, a případně teploměr s dělením od -200°
do 20°C (pentan, toluol) k ukázkám teploty tuhého kyslíčnicku
uhličitého (-78°C) a tekutého vzduchu (-183°C).

O použití termočlánků ve vyučování bylo pojednáno již dříve
na tomto místě (Časopis LXII, D 33, 1933; viz též autorovy
„Základní pokusy fyzikální“, 82 a n., Brno 1935).

Tepebné vlastnosti skla a křemene.

Křemennou trubičku nebo zkumavku vneseme jedním koncem
do plamene Bunsenova kahanu, rozpálíme ji do červena a ponoříme
do vody. Podobný pokus provedeme se zkumavkou skleněnou
a výsledky obou pokusů ukážeme v projekci (příklad různých koefi-
cientů tepelné roztažnosti).

Tavení skla možno ukázati v malé peci nichromové, při níž je
navinut odporový drát na trubce z nepolévané hlíny porcelánové.
Teplota pece při zahřátí drátu do červeného žáru jest asi 800°C ,
což postačí k roztavení skla (vhodná forma ze sádry je vyplněna
zlomky skla), ale nestačí pro roztavení křemene. K tavení křemene
použijeme elektrického oblouku, vytvořeného mezi dvěma uhlíky.
Tyto pokusy se sklem i křemenem ukážeme v projekci a s použitím
hranolu předvedeme případně emisní spektrum sodíku (sklo)
a křemíku v případě druhém.

Celofan ve fysice.

Pro svou průhlednost hodí se celofan ke zhotovení jednoduchých tabulek, grafů a pod., vhodných k projekci pro celou posluchárnu; k obvyklému formátu krycích skel diapositivních $8,5 \times 8,5$ cm hodí se celofan v rozměrech $8,3 \times 8,3$ cm. Na celofanu možno psát případně rýsovat tuší, anebo možno též použít psacího stroje.

Na celofanu očazeném terpentýnovým plamenem (kousek vaty zvlhčíme terpentýnem) pořídíme různé záznamy na př. autogram ladičky, opatřené pérkem, nebo stopu pružné koule, padající s výšky h a $2h$ (celofan je při tom položen na podložku různé pružnou), nebo otisk palce a pod. Celofan uložíme mezi dvě krycí skla a olepíme páskou, jako je obvyklé u diapositivů.

Celofan se dobře hodí jako kmitající blána, napjatá na rámu kruhovém nebo obdélníkovém, nebo na volném konci Rubensovy trubice (při tom není třeba celofan navlhčiti). Na celofanovou blánu můžeme připevniti zrcátko (přilepením) a ukázati kmity na bláně vynucené na př. řečí, zpěvem, výbuchem plynu a pod.

Pozorování malých výchylek metodou Poggendorffovou.

Malé výchylky hmotné soustavy z rovnovážné polohy zvětšujeme si buďto mechanicky — ručičkou na př. u vahadla nebo u galvanometru a j., nebo opticky — zrcátkem, připojeným na soustavu, na př. u kyvadla, vah, galvanometru, magnetometru a j. Ručička má tu nevýhodu, že zatěžuje pohybující se soustavu a při zaznamenávání pohybu na otáčivém válci (začazeném) brzdí se třením a tím se pozměňuje pohyb měřený. Zrcátko, jsouc lehké, nezatěžuje tolik pohybující se soustavu a nepozměňuje jejího pohybu. Výhoda optické metody proti mechanické je ta, že je možno pozorování prováděti i ve velké posluchárně současně. Na zrcátko soustředíme paprsky z osvětlovací lampy, dobře kryté, a odražené paprsky zachytíme na stínítku několik metrů od zrcátka vzdáleném.

Optickou metodou možno pozorovati malé kyvy a kmity mechanické, ať jsou původu jakéhokoliv, na př. periodické pohyby hrudníku, souvisící s dýcháním a s pohybem srdce. K tomu účelu upevníme plátěný pásek 40 cm délky a 2 cm šířky, nesoucí uprostřed zrcátko, vytvořené postříbřením mikroskopického krycího sklíčka, na kabát mezi oběma rameny (dvěma špendlíky). Na zrcátko dopadá svazek paprsků z osvětlovací lampy; odražený paprsek zachytíme na vzdáleném stínítku. Pohyb hrudníku při dýchání se jeví silně zvětšen a je-li na chvíli stlumen dech, objeví se pohyb

hrudníku způsobený tepem srdce. Dobře možno použití i světla slunečního, přímo do učebny dopadajícího. Rotujícím zrcadlem nebo válcem s fotografickým papírem možno předvésti pozorované kmity časově rozvinuté.

Zrcátka možno opatřiti všechny přístroje, jejichž malé pohyby mají býti dobře patrný v celé posluchárně, ať už jde o kyvadla, nebo váhy, nebo magnetky atd. U kyvadla hodí se vedle zrcátka, které připojíme co nejbliž osy bodu závěsu, aby úhlová výchylka zrcátka odpovídala úhlové výchylce soustavy, ještě elektrický kontakt: ocelová jehla, zasazená na volném konci kyvadla, prochází v nulové poloze rtuťovým kontaktem a průchod kyvadla nulovou polohou se označuje celé posluchárně zábleskem neonové lampy.

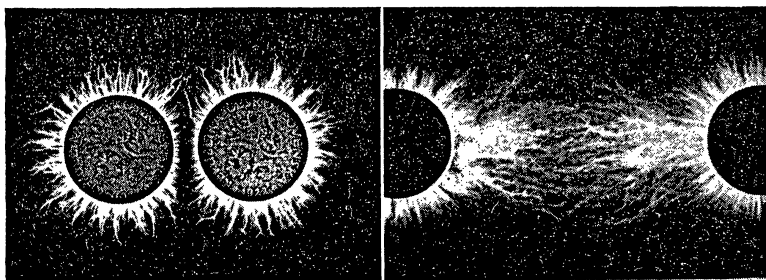
Závislost magnetismu na teplotě.

Závislost magnetismu na teplotě u železa resp. niklu zkouší se různým způsobem na př. tím, že mince niklová resp. železná zavěšená na drátě a zahřátá kahanem k přiblíženému magnetu se nepřitahuje, anebo je-li za obyčejné teploty přitažena (mezi magnetem a mincí je asbestová deštička), pak při zahřátí odpadne. Tento pokus možno upravití na projekci a obměniti v té formě, že z drátu železného a niklového 1 mm průměru a 5 m délky navineme spirálu asi 1,5 cm v průměru a zavěsíme ji do tvaru U, jehož plocha je ve směru paprsku projekční lampy. Magnetem vychýlíme spirálu z rovnovážné polohy, načech do ní zavedeme proud takové intensity, aby železo se zahřálo nad 700°C , t. j. do žlutočerveného žáru a nikl nad 300°C a magnetismus zmizí. U železa se dá pozorovat při vypnutí proudu přechod z fáze β do fáze α , při čemž se uvolní tepelná energie a chladnoucí drát při překročení teploty 700° se zahřeje uvolněným teplem na teplotu vyšší, což se dobře projeví v krátkotrvající změně barvy i délky drátu (viz Časopis 61, D 56, 1932).

Elektrické siločáry.

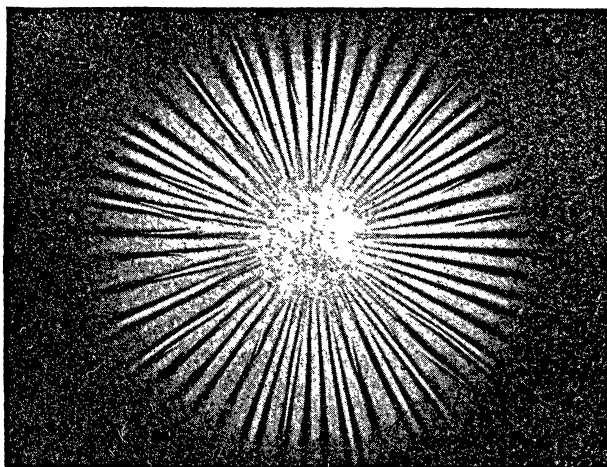
Elektrické siločáry bývají předváděny buďto chocholy z hedvábného papíru (proužky asi 40 cm délky a 2 cm šířky), nebo v horizontální projekci práškem rutilovým, případně síranu chininového, anebo na desce ebonitové práškem sirného květu a minia. Zvláště pěkně dají se elektrické siločáry a Lichtenbergovy obrazce ukázati cestou fotografickou. Na desce rozměru na př. $6 \times 9\text{ cm}^2$ je na citlivé vrstvě umístěna mince jedna případně dvě (na př. korunové), které jsou spojeny vodivě řetízkem nebo drátem s jedním nebo dvěma konduktory indukční elektriky a to podle toho, chceme-li míti siločáry jednoho elektrického množství nebo dvou a to stejnojmenných nebo nesterjnomenných. Fotografická deska je

položena sklem na desku kovovou, spojenou se Zemí nebo s jedním pólem elektriky. Konduktory elektriky nastavíme na doskok na př. 1 cm při zařazených kapacitách. Elektrikou otáčíme tak dlouho, až přeskočí jiskra mezi konduktory, pak desku vyvoláme a ustálíme. Místo elektriky možno použití Teslových proudů; proud v primáru zapneme jen na okamžik.



Obr. 1. Elektrické siločáry jednoho množství.

Obr. 2. Siločáry dvou množství stejnojmenných.



Obr. 3. Siločáry dvou množství nestejnojmenných.

Uvádíme zde několik obrazců takto získaných (obr. 1—3) a vhodných pro projekci (viz na př. Wien-Harms, Handbuch der Experimentalphysik, X, 308, Leipzig 1930).

Charakteristiky vodivých drah.

Závislost elektromotorické síly a intenzity u elektrických vodičů ať pevných nebo kapalných nebo plyných ukážeme celé posluchárně v následující úpravě: Ke zdroji stejnosměrného proudu s napětím řádu 100 voltů zařadíme odpor kovový na př. cívku technického reostatu odporu R_1 asi 40 ohmů a s ním do řady zapneme odpor proměnný R_2 asi do 60 ohmů a projekční ampérmetr. Na odpor R_1 je zapojen projekční voltmetr. Dvěma lampami ve spojení s polními čočkami osvětlíme stupnice obou přístrojů měřících a spojkami promítneme na stěnu tak, aby obrazy obou stupnic byly vedle sebe. Měníme odpor R_2 a pozorujeme změnu v elektromotorické síle E a intenzitě proudové J na odporu R_1 . U vodiče pevného a kapalného je poměr E/J stálý, t. j. charakteristika těchto vodičů je přímá a stoupající.

Ve stejné úpravě provedeme pokus s vodičem plynovým na př. s elektrickým obloukem, vytvořeným mezi dvěma uhlíky; oblouk je zařazen místo odporu R_1 . Kdežto v předešlém případě s rostoucí výchylkou jednoho měřícího přístroje rostla výchylka i na druhém (charakteristika stoupající), je tomu v případě plynového vodiče jinak: stoupá-li elektromotorická síla na oblouku, klesá intenzita jím procházející a obráceně, t. j. vodivá dráha plynová má charakteristiku klesající. Pro tuto vlastnost hodí se oblouk k buzení netlumených oscilací elektromagnetických; klesající charakteristiku má i plynová dráha v elektronce.

Akustickou obdobou elektrického oblouku je píšťalový jazýček, který má také klesající charakteristiku, t. j. závislost mezi tlakem vzduchu v píšťalové komoře a intenzitou proudu pod jazýčkem vycházejícího je klesající. Při malé výchylce jazýčku je tlak v komoře velký a intenzita vzduchového proudu malá, s rostoucí výchylkou jazýčku klesá tlak v komoře a roste množství vzduchu, vycházejícího pod jazýčkem. Klesající charakteristika jazýčku je podmínkou pro vznik netlumených kmitů v píšťalách.

Poznámka: Projekční přístroje měřící svrchu uvedené možno nahraditi dvěma žárovkami; barva žhoucích vláken nám udává aspoň zhruba, roste-li proud v obou žárovkách současně, anebo zda v jedné roste a v druhé klesá. Místo voltmetru na odporu R_1 zařadíme žárovku 100 V, 50 W, jako ampérmetr pak žárovku asi 4 V a k ní paralelně zapneme malý odpor tak nastavený (počínajíc od hodnoty nulové), aby žárovka při největší intenzitě proudové okruhem procházející, t. j. při nejmenším odporu R_2 se ještě nepřepálila.

V akustických pokusech volíme jako měřící přístroje tlaku a intenzity manometr (projekční) a citlivý plamen.

Princip Chatelier-Braunův.

Princip Chatelier-Braunův resp. Jacobi-Baštův*) bývá obvykle vyřádněn v následující formě: Jestli zjev A je doprovázen zjevem B ; pak zjev B vyvolává opak zjevu A . Na př.: zvyšujeme-li teplotu drátu, drát se prodlužuje; prodlužujeme-li drát bez dodání tepelné energie zvnějška, drát se ochladí. Podobně zvětšujeme-li teplotu plynu, zvětšuje se objem; zvětšuje-li se objem bez dodání tepla zvnějška, plyn se ochladí.

K ukázání popsaného zjevu užijeme galvanometru zrcadlového o malém odporu na př. 5 ohmů a o citlivosti řádu 10^{-9} ampér/mm při metrové vzdálenosti stupnice od zrcátka. Na ocelový drát 1 mm průměru a 2 m délky, upevněný ve svěráku a zatížený miskou, je připojen jeden drát měděný 2 m délky nad bodem upevnění a druhý drát měděný je připojen v místě asi 1 m pod bodem upevnění. Obě spájená místa jsou obalena vatou k vůli tepelné izolaci. Volné konce měděných drátů, tvořících s ocelí dva termočlánky, jsou spojeny s galvanometrem. Vyčkáme, až obě spájená místa jsou na stejné teplotě — galvanometr je v poloze nulové. Zatížením drátu na př. 5 kg vznikne elastické protažení a galvanometr se vychýlí směrem, který odpovídá ochlazování spájeného místa na protahovaném drátě. Vyčkejme opět, až celá soustava je na stejné teplotě. Odtížíme-li potom drát, ukáže galvanometr výchylku směrem, který odpovídá oteplení spájeného místa. — A podobně možno ukázati termočlánky i ochlazení, které souvisí s adiabatickou expansí plynu.

Tyto zjevy možno vyložiti obecně jako důsledek zákona o zachování energie takto: Energie E_i dodaná soustavě vynaloží se na oteplení soustavy (energie ztrát) a na vykonání práce E_j , t. j.

$$E_i = E_{\text{kin.}} + E_{\text{ztrát}} + E_j.$$

Koná-li soustava práci E_j , aniž jí byla dodána energie zvnějška E_i , děje se to na útraty energie soustavy, které se množství E_i odebere. Uvedeme zde některé význačné případy.

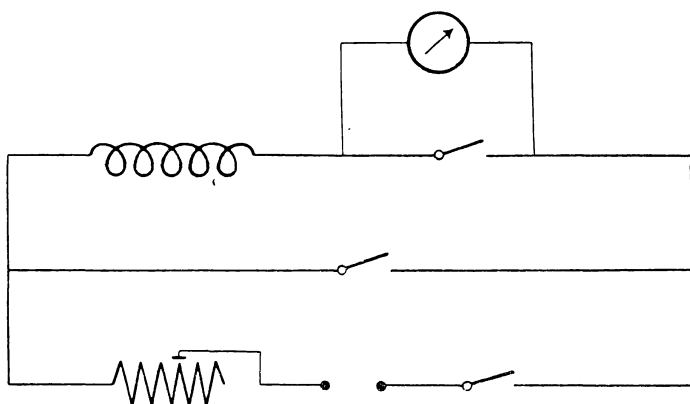
Podle první věty termodynamiky vynaloží se teplo soustavě dodané jednak na oteplení soustavy (ztráty), jednak na práci. Koná-li soustava práci bez dodaného tepla (adiabatická expanse a pod.), koná se to na útraty energie soustavy, která se v důsledku toho ochlazuje.

Obdobně možno popsati efekt Seebeckův a Peltierův. Teplo dodané soustavě dvou spájených kovů, na př. měď-konstantán, vynaloží se jednak na oteplení soustavy, jednak na elektromagnetickou energii, spojenou s termočlánkem. Zavedeme-li do soustavy termo-

*) Věstník čs. akademie věd XLI, 37, 1932.

člátku elektrický proud téhož směru jako v horním případě, bez dodání energie tepelné, pak se soustavě teplo ubírá a spájené místo se ochlazuje (efekt Peltierův).

Se stejného hlediska možno vyložit úkazy elektromagnetické indukce a souvisící s tím pravidla Faradayova a Lenzova. Elektrický proud, vedený okruhem s cívkou (energie elektromagnetická) působí jednak zahřátí vodiče (Jouleovo teplo), jednak budí v cílce magnetické pole, jímž je na př. vtažen magnet, nad cívkou zavěšený, do cílky. Vyřadíme zdroj proudu z okruhu a vsuňme magnet do cílky; podle zákona o zachování energie vznikne v cílce krátkou dobu trvající magnetické pole opačného směru, než v případě předešlém, t. j. indukovaný proud směru opačného (obr. 4).



Obr. 4. Působení magnetického pole proudu na magnet a indukce.

Budiž poznamenáno, že případy energiových změn v předešlém uvedené nutno rozeznávat od případů obecných, kdy energie E_i se mění v energii E_j , a to jedním nebo druhým směrem, na př. energie elektromagnetická mění se v chemickou (elektrolysa) a energie chemická mění se v elektromagnetickou (galvanické články) a podobně.

Fysikální ústav Masarykovy university.