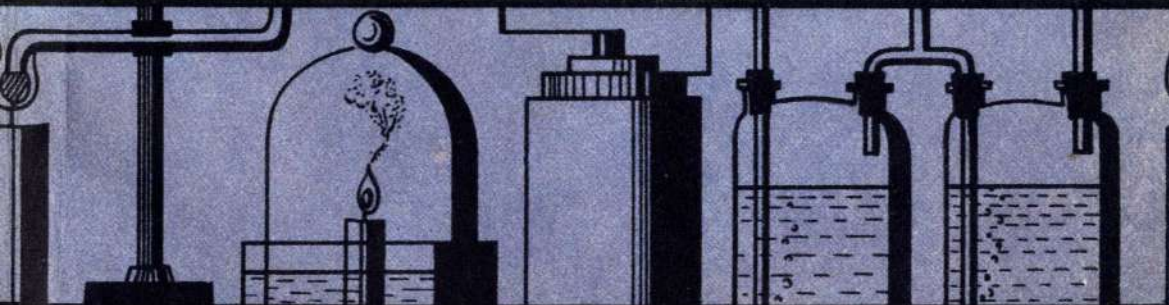


MICHAEL FARADAY

# TAJEMSTVÍ SVÍČKY

107607



**ŽIVÉ PRAMENY • SVAZEK Č. 8**

**MICHAEL FARADAY**

# **TAJEMSTVÍ SVÍČKY**

**PRAHA 1954**

**STÁTNÍ NAKLADATELSTVÍ DĚTSKÉ KNIHY**

•



*W. F. ...*

*Michael Faraday (1791—1867) je skvělým příkladem člověka, který se z nejskrovnějších začátků vypracoval na jednu z největších vědeckých osobností své doby.*

*Jako syn kováře vychodil jen základní školu a vyučil se knihářem. Náhoda ho přivedla do Londýnského královského institutu, kde vyslechl několik přednášek anglického chemika Humphreye Davyho. Od té doby chemie a fyzika zaujaly Faradaye tak silně, že jim věnoval celý svůj život. Roku 1813 si H. Davy všiml snaživého samouka a udělal ho laborantem Institutu. Tam potom Faraday pracoval až do konce života.*

*Faraday se zasloužil o mnoho významných objevů v chemii a zvláště ve fyzice. Největší úspěchy přinesla jeho práce v oboru nauky o elektřině. Objevil elektromagnetickou indukci, zákony elektrolysy, rotační magnetismus, stáčení roviny polarizačního světla elektrickým proudem a magnetem, vysvětlil elektrickou influenci atd., atd. Právem byl uznáván za největšího experimentálního fyzika 19. století. Jeho objevy přispěly nebyvalou měrou k rozvoji moderní elektrotechniky.*

*Nejen život a dílo geniálního vědce, ale i Faradayovy osobní vlastnosti jsou pozoruhodné: jeho neobyčejná skromnost, láska k lidem a zvláště k dětem. Také tyto Faradayovy vlastnosti poznáte z jeho znamenitých přednášek, které přednesl jako doprovod k pokusům, jež prováděl roku 1838 v Londýnském královském institutě pro mladistvé adepty chemie. Tyto přednášky si nyní přečtete a jistě neodoláte, abyste si sami nezopakovali mnohé z Faradayových zajímavých pokusů.*

*J. B.*

## 1. přednáška

# Z ČEHO A JAK SE ZHOTOVUJE SVÍČKA PLAMEN SVÍČKY. ČÍM SE PLAMEN UDRŽUJE JEHO TVAR, ZÁŘE A POHYBLIVOST

---

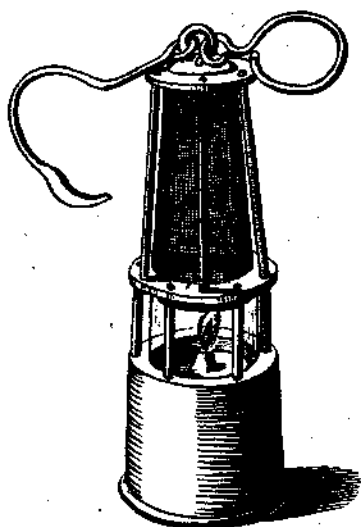
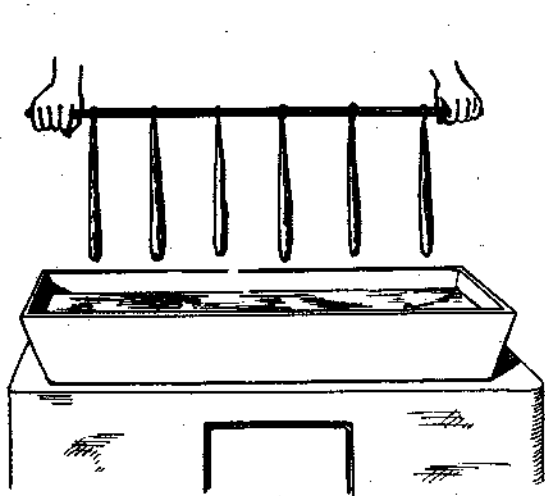
Mám v úmyslu seznámit vás v těchto přednáškách s chemií hořící svíčky. Zvolil jsem si tento předmět za thema již dříve, při jiné příležitosti; a kdyby to bylo ponecháno jen mně, opakoval bych přednášky o něm snad každý rok — tak poutavé a bohaté na poznatky je jeho zkoumání, tak podivuhodné výhledy otvírá do rozličných odvětví přírodovědy. V našem světě neexistuje zákon, který by se buď zcela, nebo aspoň zčásti neuplatňoval při hoření svíčky. Neznám lepší a schůdnější cestu, po níž bych vás uvedl do studia přírodních věd, nežli je zkoumání chemických a fyzikálních jevů hořící svíčky. Věřím, že nebudete zklamáni tím, že jsem si zvolil raději tento předmět než nějaký novější. Nemohl by být lepší a sotva by byl takový.

Na první pohled se nám zdá, že hoření svíčky je zcela prostý zjev. Bude-li jej však zkoumat pozorně a do hloubky, ukáže se, že je to vcelku velmi složitý proces a že hmota, z níž je svíčka vyrobena, podléhá při hoření řadě fyzikálních zákonů a postupných chemických přeměn. Se všemi těmito zákony a přeměnami se při našem společném zkoumání seznámíte.

A dříve než přistoupíme k vlastnímu výkladu, chci vám říci, že ačkoli hodlám zkoumat předmět velmi důkladně a vědecky, budu o něm hovořit tím nejprostším, nejsrozumitelnějším jazykem.

Nuže, milí chlapani a děvčata, musím vám nejdříve říci, z čeho se svíčky dělají. Některé jsou skutečnou vzácností. Mám zde několik kousků dřeva, které obzvlášť dobře hoří. Zde vidíte dokonce kousek onoho podivuhodného dřeva, které se dobývá z některých rašelinišť v Irsku a nazývá se „svíčkové

dřevo“. Je to tvrdé, husté, výborné dřevo, vhodné ke zpracování na všelijaké výrobky. Ale zároveň tak dobře hoří, že všude, kde se vyskytuje, dělají se z něho louče na svícení nebo pochodně. Hoří jako svíčka a dává opravdu velmi dobré světlo. A právě na tomto dřevu vám mohu velmi názorně osvětlit všeobecnou podstatu svíčky. Dřevo je prosáklé hořlavou hmotou: při hoření vidíte, jak se ona hořlavá hmota dostává k místu hoření, jak se plamen pravidelně a plynule zásobuje vzduchem, jak vzniká teplo a světlo.



To všechno pozorujeme na tom malém kousku dřeva, které je ve skutečnosti přirozenou svíčkou.

Ale nyní si musíme pohovořit o svíčkách umělých, jaké se prodávají v obchodech. Povězme si nejdříve něco o tak zvaných máčených svíčkách. Vyrábějí se tak, že se nařežou kousky bavlněné šňůrky — knoty, ty se přivážou na tyčku a společně se namáčejí v roztaveném loji. Když knoty nasáknou, tyčka se vytáhne a lůj na knotech se nechá ustydnout. Pak se knoty opět namáčejí a to se opakuje tak dlouho, dokud se šňůrky neobalí silnou vrstvou loje. Tím způsobem se mohou vyrobit svíčky různé tloušťky. V dřívějších dobách používali horníci v dolech malých máčených svíček, které si musili sami opatřovat. Tehdy se věřilo, že od malých svíček nedochází tak často k strašným výbuchům důlního plynu jako od velkých. Proto a také z úsporných důvodů si horníci svítili co nejmenšími svíčkami —

takovými, že jich bylo 40, 60, 80 i 120 na kilogram. Později byly tyto maličké svíčky vytlačeny znamenitým důlním kahanem Davyho\* a jinými bezpečnými lampami různých typů.

Mám zde ještě něco, co vás bude velmi zajímat. Je to svíčka z korábu „Royal George“, kterou jsem dostal od plukovníka Pasleyho. Ležela po mnoho let na dně mořském, vystavena účinkům slané vody. Přestože je na mnoha místech polámana, hoří správným plamenem a lůj si udržel všechny své vlastnosti. Vidíte, jakou životnost má taková svíčka.

A nyní vám ukážu překrásné vzorky svíček, vyrobených z rozličných hmot. Také o těchto hmotách si něco povíme. Na příklad tohle je hovězí tuk, jak se zdá, z Ruska. Říká se mu aspoň „ruský lůj“ a jsou z něho zhotoveny tyhle máčené svíčky. Znamenitý francouzský chemik Gay-Lussac\*\* našel způsob, jak proměnit lůj ve výbornou látku — ve stearin. Stearin vidíte zde vedle. Svíčka ze stearinu není již tou umaštěnou, špinavou věcí, jakou byla dříve svíčka lojová. Teď už je to věc úplně čistá. Můžete dokonce seškrábnout a na prášek rozdrolit kapky, které skanou se svíčky, aniž tím něco ušpiníte.

Ale musím vám aspoň zhruba říci, jak se podle Gay-Lussaca vyrábí z loje stearin. Tuk nebo lůj se nejdříve vaří s nehašeným vápnem, až dostaneme hustou, mýdlovitou kaši. Do ní se přidá kyselina sírová, která mýdlo rozloží a sama se sloučí s vápnem. Tak dostaneme stearovou kyselinu ještě s jinými přimíšeninami. Zároveň při tom vznikne určité množství husté, cukru podobné, syropovité kapaliny — glycerinu. Ze stearové kyseliny se pak vytlačují lisem postupně všechny kapalné části (glycerin, kyselina olejová), až dostaneme tvrdou, stejnorodou látku — stearin.\*\*\*

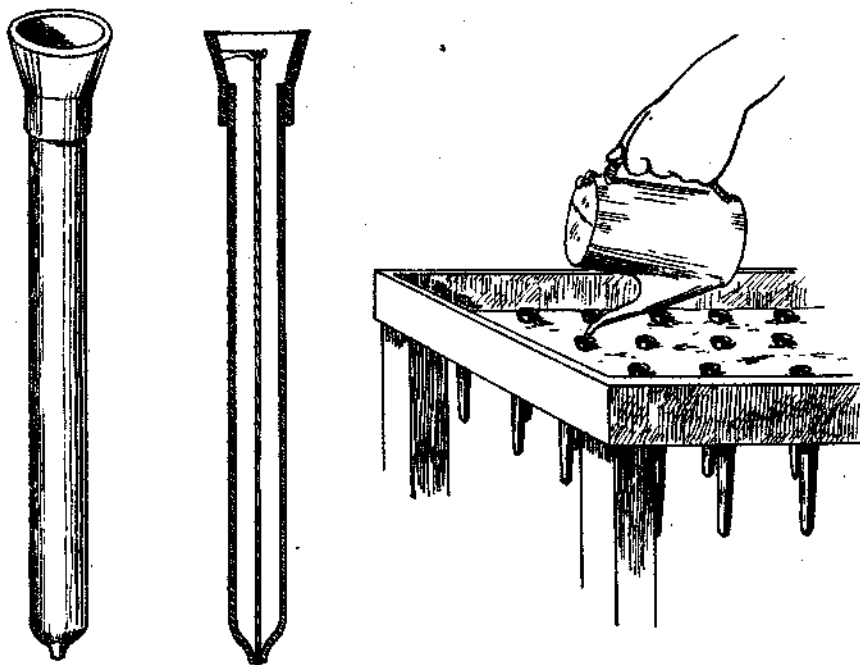
\* Sir Humphrey Davy (1778—1829), anglický chemik, Faradayův učitel, sestrojil r. 1816 bezpečnostní lampu, založenou na zkušenosti, že plamen, je-li oddělen hustou drátěnou sítkou, nezapaluje výbušný plyn. Překl.

\*\* Jos. Louis Gay-Lussac (1778—1850), fr. fysik a chemik, učinil řadu pozoruhodných objevů. Je znám hlavně tím, že stanovil zákon o objemech plynových. Překl.

\*\*\* Živočišné tuky, a tedy i lůj, jsou sloučeniny mastných kyselin (palmitové, olejové a stearové) s glycerinem. Vápně se slučuje s mastnými kyselinami a odděluje glycerin. Další výrobní proces záleží v rozložení nerozpustného vápenného mýdla horkou zředěnou kyselinou sírovou, v postupném oddělování a čištění mastných kyselin. Technický stearin je tedy vlastně směs tuhých mastných kyselin po postupném odlisování měkké kyseliny olejové. Dnes se výroba stearinu výhodně spojuje s výrobou margarínu, mýdla a glycerinu. Překl.

Svíčka, kterou držím v ruce, je vyrobena ze stearinu. Pak tu mám svíčku z vorvaního tuku a svíčku ze žlutého i z čištěného včelího vosku. Konečně je zde svíčka z parafinu,\* který se získává z irských rašelinišť.

A jak se tyto svíčky vyrábějí? Hovořili jsme již o svíčkách máčených. Nyní vám povím, jak se vyrábějí svíčky lité. Představte si, že by některá z těchto svíček byla vyrobena z hmoty, která se dá lít. „Jak to, lít?“ zeptáte se. „Vždyť svíčka je věc, která se taví. A jestliže se taví, může se přece také odlít.“ Ale není tomu tak. Při výrobním postupu se někdy najednou vyskytnou překážky, které by nikdo předem neočekával. Všechny



svíčky se nedají odlévat. Na příklad voskové svíčky se nedají odlévat vůbec. Vosk, který se tak snadno taví, nehodí se k odlévání. Ale vezměme stearin, látku, která je pro tento účel mnohem vhodnější.

Mám zde rám s otvory, v nichž je upevněno několik forem. Nejdříve zavedeme do formy knot. Použijeme k tomu pleteného knotu, který nečadí a nemusí se uštipovat. Spustíme ho ke dnu formy a jeho dolejší

\* Parafin je bílá voskovitá látka, která vzniká při destilaci nafty, hnědého uhlí bohatého na vodík nebo některých druhů rašelin. Překl.

konec přichytíme hřebíčkem, kterým se zároveň utěsní dírka na dně formy. V hořejším otvoru formy je malá příčka, která knot napíná a udržuje ho ve správné poloze. Když jsou knoty takto připraveny, formy se naplní roztaveným stearinem. Po nějaké době stearin vychladne, jeho přebytek se odstraní a konce knotů se odříznou. Ve formách zůstanou hotové svíčky. Chceme-li je vyndat, stačí pouze převrátit rám a svíčky vypadnou, protože formy mají tvar mírně kuželovitý — jsou nahoře slabší a dole silnější. Kromě toho se objem svíček při ochlazení ještě zmenší, takže stačí, aby se jimi jen trošku zatřásl, a samy vypadnou. Podobně se odlévají i svíčky parafinové a svíčky z vorvaního tuku.

Docela jinak se vyrábějí svíčky voskové. Na dřevěný kruh, kterým se dá ve vodorovné poloze otáčet, uváže dělník větší množství knotů. Pod kruhem je v topeništi pánev, kde se taví vosk. Dělník otáčí kruhem a naběračkou polévá jeden knot za druhým roztaveným voskem. Než otočí celým kruhem, první knot již vychladl a může se polévat znovu, takže práce pokračuje nepřetržitě tak dlouho, dokud nejsou všechny knoty obaleny dostatečně silnou vrstvou vosku. Pak se takto připravené svíčky sundají a vyrovnávají se válcováním na hladké kamenné desce. Vrchní konec se náležitě zformuje do kužele a spodní konec se rovně odřízne.



Ale nesmíme se již déle zabývat pouze výrobou svíček. Musíme přistoupit blíže k podstatě věci. Dosud však jsem vám neřekl nic o drahých, přepychových svíčkách. Podívejte se na tyto krásně zbarvené svíčky, k jejichž výrobě bylo použito nejnovějších chemických barviv. Všimněte si také, že některé svíčky jsou všelijak ozdobně zformovány. Zde je na příklad svíčka ve tvaru ryhovaného sloupku, jiná je zas ryhována šroubovitě. A zde konečně vidíte svíčky, které jsou pomalovány nejroztodivnějšími ornamenty

a květy. Když hoří, vypadá to, jako by malé slunce zářilo nad kytičkou květin. Ale není všechno, co je krásné a nákladné, také užitečné. Tyto ryhované svíčky jsou přes všechnu svou krásu špatné svíčky. Právě pro svůj vnější tvar hoří špatně. Vidíte, že chceme-li přepych, musíme někdy slevit z užitečnosti.

A nyní o plameni svíčky. Zapálíme jednu nebo dvě z těchto obyčejných svíček a necháme je, aby plnily svůj vlastní úkol — aby svítily. Vidíte, že svíčka je něco docela jiného než lampa. Lampa má nádržku, do které nalijete trochu oleje, vložíte tam knot a ten na konci zapálíte. Plamen může postupovat po knotu dolů až k místu, kde je knot silně nasáklý olejem a kde není olej dostatečně zahřát. Tam se zastavuje. Plamen se tedy udrží jen v hořejší části knotu, nad olejem. Při tom nehoří knot, ale olej v něm. Zeptáte se asi: „Jak je možné, že olej, který nechce sám hořet, stoupá k vrcholu knotu a tam klidně hoří?“ Hned to prozkoumáme.

Ale dříve vám ještě sám položím otázku: Nezdá se vám mnohem pozoruhodnější hoření svíčky? Vždyť svíčka je vyrobena z tuhé hmoty. Jakkpak se tato pevná hmota dostane na místo, kde hoří plamen? Jestliže se tuhá hmota svíčky proměňuje při hoření v kapalinu, jak to, že si svíčka udrží svou formu? Vždyť není uzavřena do žádné nádržky. To je skutečná záhada. Ale my si ji vysvětlíme.

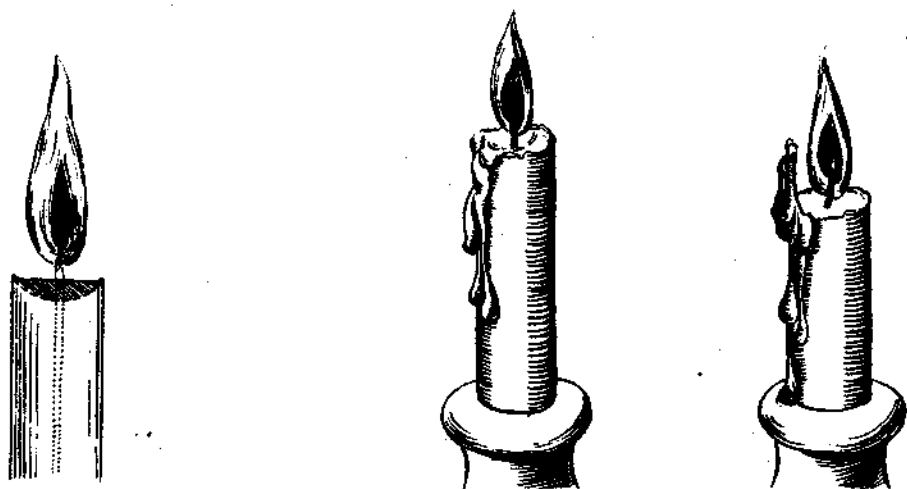
V naší místnosti máme neustále dosti silný pohyb vzduchu, který nám bude při některých pokusech pomáhat, při jiných vadit. Zařídíme to tak, aby naše svíčka hořela klidným, rovným plamenem. Použijeme k tomu důmyslného vynálezu pouličních prodavačů, kteří našli způsob, jak chránit plamen svíčky před větrem. Upevníme svíčku do skřípce tak, aby se dala posunovat nahoru a dolů, a postavíme ji do skleněné schránky na lampu, do níž proudí zdola vzduch. Za sklem je plamen v úplném klidu a můžeme ho dobře pozorovat.

Všimněme si nejdříve toho, jak je miskovitě vyhlouben hořejší konec svíčky, z něhož vystupuje plamen. Má krásný tvar malé číšky.

Vzduch, který obklopuje svíčku, zahřívá se teplem plamene a stoupá vzhůru. Tak vzniká neustálý proud vzduchu podél svíčky. Proto se vnější stěny číšky silně ochlazují a její vnitřek taje rychleji než okraje. Kromě toho také teplo plamene působí silněji uprostřed číšky než na okrajích. Plamen se totiž snaží sestoupit po knotu co nejnižší, ale uhasíná v místě, kde

naráží na větší množství roztavené hmoty svíčky. Tím si vysvětlíme, proč jsou okraje číšky tuhé, kdežto vnitřek taje a je naplněn zkapalněnou hmotou svíčky.

Dokud vzduch proudí rovnoměrně se všech stran ke svíčke, okraje číšky zůstávají úplně rovné a roztavená hmota, která je uvnitř, zachovává vodorovný povrch. Jestliže však způsobíme nad plamenem větérek zprava nebo zleva, stěny číšky se hned prolomí a roztavená hmota svíčky poteče dolů jako po žlábků. Správný tvar číšky se tedy udržuje tím, že vzduch rovnoměrně ochlazuje její okraje. Proto se k výrobě svíček nehodí taková hořlavá



hmota, která nemá tu vlastnost, že by vytvořila podobnou číšku. Výjimkou je jen „svíčkové dřevo“, jež se vlastně podobá hubce nasáklé hořlavou látkou.

Teď si už jistě snadno vysvětlíte, proč tak špatně hoří přepychové ryhované svíčky. Nemají tvar pravidelného válce. Jejich povrch je žlábkován, takže nemohou vytvořit ten krásný pravidelný okraj číšky, která je u svíčky právě něčím velmi důležitým. Ryhovaný okraj svíčky není tak pravidelně chlazen vzduchem, vytváří se číška s nerovnými okraji, svíčka obtéká a její plamen dává nerovnoměrné světlo. Z toho vidíte, že dokonalost věci — k níž patří i její užitečnost — je vyšším stupněm krásy. Nikoli věc, která nejlépe vypadá, ale věc, která nejlépe plní svůj úkol, je pro nás nejvýhodnější.

Prohlédněme si krápník, který se vytvořil na boků nesprávně hořící svíčky. Svíčka hoří dál a krápník přirůstá a vytváří sloupek, rovnoběžný s knotem. Protože krápníkový přílepek postupně naroste a tyčí se nad okrajem číšky, vzduch ho lépe ovívá. Krápník se silněji ochlazuje a méně podléhá účinkům tepla od plamene. Nuže, u svíček, tak jako u mnohých jiných věcí, největší chyby a omyly přinášejí častokrát poučení, které bychom nezískali, kdybychom se byli chyb nedopustili. Chodíte sem proto, abyste se naučili vědecky myslet. Věřím, že kdykoli se setkáte s něčím pozoruhodným, zvláště bude-li to věc pro vás nová, vždycky si položíte otázku: „Jaká je toho příčina? Proč se to děje právě tak?“ A za nějakou dobu jistě naleznete vysvětlení.

Teď si však musíme povědět, proč vlastně roztavená hmota svíčky opouští číšku a stoupá vzhůru po knotu k místu hoření. Vidíte, že plamen sestupuje po knotu dolů, ale zastavuje se na jednom místě, v určité vzdálenosti od roztavené hořlavé hmoty. Při tom nezasahuje okraje číšky. Proč plamen nesestoupí až k hmotě svíčky a neroztaví ji najednou, veskrz až dolů? Co jej udržuje v náležitě poloze? Nedovedu si představit krásnější příklad souhry, nežli je vzájemná součinnost různých věcí u svíčky. Svíčka sama jako by při hoření neustále podřizovala jednu část druhé, až k samému konci své služby. Věc tak hořlavá, jako je hmota svíčky, pomalu se spaluje, aniž jí jen na chvílku nějak uškodí plamen, který je tak blízko. To je vskutku nádherný pohled! Zvláště když uvážíme, jak mocnou ničivou silou má plamen, jestliže se zmocní třeba jen vosku samého. Stačí, aby se dostal k vosku příliš blízko, a už hrozně zdeformuje jeho tvar.

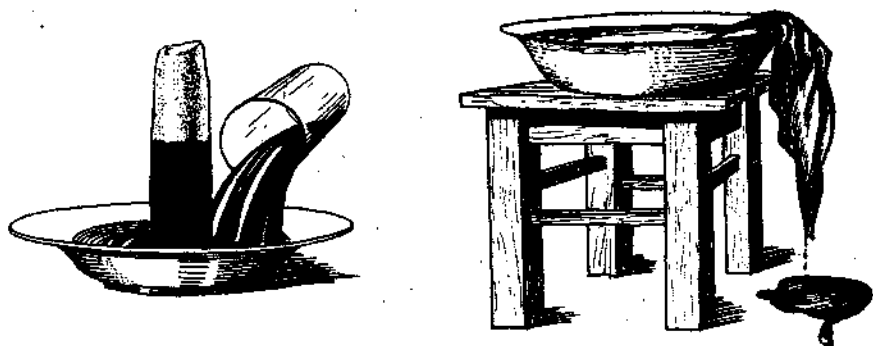
Abychom si vysvětlili tento podivuhodný zjev, prozkoumáme ho podrobněji. Nejprve si vysvětlíme, jakým způsobem se plamen sytí hořlavou látkou. Tato otázka nás přivádí k pozoruhodnému fyzikálnímu jevu, který se nazývá kapilární elevace.\* Kapilární elevace (vzlínavost) způsobuje, že hořlavá látka, jež udržuje plamen, stoupá po knotu ke středu plamene.

Celý jev pochopíte snáze, když vám uvedu několik příkladů. Představte si kapilární elevaci jako takový druh přitažlivosti, při níž dvě věci, které

\* Ponoříme-li velmi úzkou (kapilární = vlasový) trubičku — třeba skleněnou — do kapaliny, shledáme, že kapalina stojí v trubičce buď o něco výše, než je ostatní hladina v široké nádobě, a její povrch je vydatý (voda, líh, ether), nebo o něco níže a její povrch je vypouklý (rtuť). Tento zjev je způsoben povrchovým napětím kapalin a nazývá se kapilární elevace a kapilární deprese. Překl.

se v sobě nerozpouštějí, jsou k sobě něčím puzeny, nějak k sobě lnou. Když si chcete umýt ruce, důkladně je namočíte. Vezmete kousek mýdla, aby přilnavost vody k ruce nebyla t. zv. smáčivost byla větší, a zjistíte, že vaše ruce zůstávají stále vlhké. To je způsobeno kapilární elevací, onou přitažlivostí, o které mluvíme. Ale to není vše. Jsou-li vaše ruce úplně čisté (a to bývá zřídka, poněvadž se velmi snadno znečistí), stačí postavit kolmo do vody prst a voda kolem něho vystoupí trochu nad úroveň ostatní hladiny.

Podívejme se na jiný příklad. Mám zde na talířku látku, která je značně pórovitá — váleček soli. Nalijí na talířek — nikoli vodu, jak se vám snad zdá, ale nasycený roztok soli, to jest takový roztok, který už dál nemůže sůl rozpouštět, protože do sebe více soli nepojme. Proces, který uvidíte, nebude tedy způsoben rozpouštěním soli. Aby bylo pohybu kapaliny lépe vidět, obarvil jsem ji na modro. Nalévám kapalinu na talířek. Vidíte, jak



kapalina ponenáhlu stoupá po sloupku soli stále výš a výše. Jestliže se váleček nesesuje, kapalina vystoupí až k samému vrcholu.

Talířek můžeme považovat za svíčku, sloupek soli za knot a roztok za roztavený lůj. Kdyby byl tento modrý roztok hořlavou látkou a kdybychom umístili knot do vrcholku sloupku, mohl by knot hořet, jakmile by do něho vstoupil roztok. Nezdá se vám, že je zajímavé sledovat tyto podivuhodné věci?

Umyjete-li si ruce, vezmete ručník, abyste s ním setřeli vodu; a stejným způsobem, jako zvlhne ručník, nebo lépe, jako ručník vtáhne do sebe vodu, právě tak knot vtáhne do sebe lůj. Často se stává, že nepořádný hoch nebo děvče (ale může se to stát i lidem pořádným), hodí ručník přes umyvadlo

tak, že jeden konec ručníku spadne do vody. A pak ovšem netrvá dlouho a ručník přečerpá všechnu vodu z umyvadla na podlahu.

Abyste měli ještě důkladnější představu o kapilární elevaci, ukážu vám malý pokus. Mám zde nádobku z husté drátěné sítky. Nádobku naplníme vodou. Budete pak moci srovnat drátěnou sítku s bavlnou nebo kalikem. (A opravdu, knoty se někdy vyrábějí také z určitého druhu drátěných tkanin.) Vidíte, že naše nádobka je plna malých otvorů; když přiliji nahoře trochu vody, vyteče mi voda na dně. Byl by to pro vás asi tvrdý oříšek, kdybych se vás zeptal, jaký je to vlastně druh nádoby, co je uvnitř a proč je to tam. Nádobka je plná vody, a přece vidíte, že voda teče dovnitř a vytéká ven, jako by byla nádobka děravá. Ale dokážu vám, že není ani děravá, ani prázdná, tím, že z ní vylíji vodu.

Příčina je tato: Jakmile se drát jednou navlhčí, zůstává vlhký. Očka sítky jsou tak malá, že kapalina je se všech stran dosti silně přitahována hmotou drátu. Očka se tedy vyplní kapalinou a voda z nádoby nemůže vytékat. Ale zvýšíme-li tlak na stěny oček tím, že přiléváme vodu, vodní stěny oček povolí.

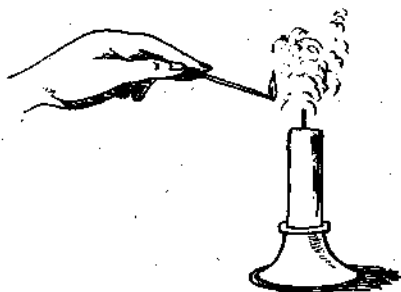
Podobně jsou přitahovány částičky roztaveného loje, stoupají bavlnou a dostávají se k vrcholu knotu. Další částičky následují svou vzájemnou přitažlivostí jedna za druhou, a když dostoupí k plameni, jsou postupně spalovány.

Zde je jiný příklad stejného zjevu. Vezměme tento kousek rákosu. Uvnitř rákosu je velmi mnoho neobyčejně jemných podélných kanálků. Jestliže postavíme rákos na talířek s benzolem, uvidíme, že benzol bude stoupat rákosem až k samému vrchole, právě tak, jako stoupala modrá kapalina sloupkem soli. Vnější, povrchová vrstva rákosu je hustá a nepropustná, takže kapalina nemůže vytéci na povrch. Hle, benzol už vystoupil nahoru. Zapálím ho a tím proměním rákosovou hůlku ve svíčku. Benzol stoupá k plameni účinkem kapilární elevace (vzlínavosti); úplně stejně stoupá knotem roztavená hmota svíčky.

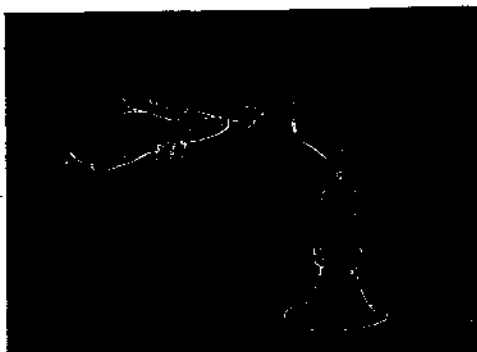
Zbývá nám ještě objasnit si druhou, velmi závažnou otázku: Proč plamen svíčky nepronikne rychle dolů po celé délce knotu. Ukazuje se, že plamen uhasíná, jakmile se dotkne zkapalněné hmoty svíčky. O tom se můžeme snadno přesvědčit. Stačí pouze převrátit svíčku tak, aby hořlavá látka stekla po knotu. Tehdy plamen nestačí zahřát roztavenou látku tolik, aby

hořela. Jinak je tomu, když tekuté palivo vystupuje k plameni postupně, v malých množstvích, předem dostatečně nahřáto teplem plamene.

Ale je ještě jedna zajímavá věc, kterou musíme prozkoumat, chceme-li plně pochopit příčinu tohoto zjevu. Je to plynné skupenství hořlavé látky. Abyste celé věci lépe porozuměli, předvedu vám zcela obyčejný, ale přitom názorný pokus. Jestliže sfouknu obratně svíčku, uvidíte, že z jejího knotu bude stoupat obláček dýmu. Není to však dým, nýbrž pára, a tato pára není nic jiného nežli změněné skupenství roztaveného paliva. Pevná hmota svíčky se tedy nejdříve promění v kapalnou a pak v plynnou látku. Jistě dobře znáte zápach, který se šíří od zhasnuté svíčky, a víte, že je velmi nepříjemný. Je to zápach této páry.



Zhasím opatrně svíčku. Stačí na ni jen chvíli dýchat. Od knotu začne stoupat pára. Přiblížím-li ke knotu jinou zapálenou svíčku na vzdálenost 4—6 cm, uvidíte, jak plamen hořící svíčky přeběhne po praménku páry na knot první svíčky. Ale musí se to udělat tak rychle, aby pramének páry nestačil vy-



chladnout, jinak se pára znovu srazí buď v kapalinu, nebo v pevnou hmotu, nebo se může také jako pára ještě dříve rozplynout ve vzduchu.

A nyní se budeme zabývat plamenem svíčky. Všimneme si, jak je zformován, jaký má tvar za ochranným sklem. Velice nás zajímá otázka, jak se dále proměňuje hmota svíčky ve vrcholu knotu, co se s ní vlastně stává, že může vytvořit takovou záři, jakou dává právě jen žár nebo plamen. Znáte blýskavou krásu zlata a stříbra a ještě vyšší třpyt drahokamů, jako je rubín nebo dýmáček; ale nic z toho se nevyrovná kráse a nádheře plamene. Což může brilant zářit jako plamen? Vždyť jeho třpyt je závislý na plameni, který naň svítí. Plamen září v temnu, kdežto světlo dýmáčku není vůbec

ničím, dokud drahokam neosvítí plamen. Ten mu teprve dodá nádhery. Jen svíčka září sama o sobě a pro sebe nebo pro lidi, kteří ji vytvořili.

Plamen naší svíčky je chráněn sklem před pohyby vzduchu a má stálý a pravidelný tvar, vcelku takový, jaký je nakreslen na tomto obrázku. Tvar plamene se obvykle mění podle pohybu vzduchu a závisí také na velikosti svíčky. Náš chráněný plamen se podobá protáhlému zářícímu kuželi, který je nahoře jasnější než dole. Uprostřed, blíže ke knotu, vidíme temnější část plamene. To je tím, že tam se hmota svíčky nespaluje tak dokonale jako v hořejší části.

Mám tu obrázek, který nakreslil před mnoha lety Hooker při svých bádáních. Na obrázku je sice znázorněn plamen lampy, ale nám poslouží stejně dobře při výkladu plamene svíčky. Čiška svíčky nahrazuje nádržku lampy, roztavená hmota svíčky zastupuje olej a knot je u svíčky i u lampy.

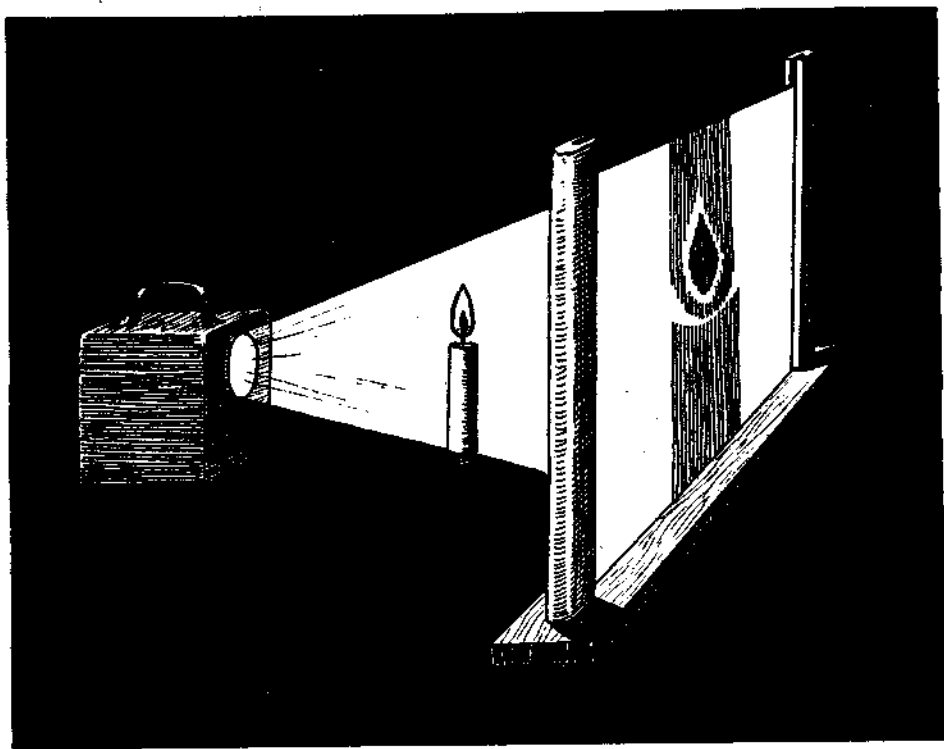
Na Hookerově obrázku se nad knotem zdvíhá plamen. Obklopuje ho vrstva jakési látky, kterou za obvyklejších podmínek nevidíme. Tím jsou znázorněny vrstvy okolního vzduchu, který je pro plamen nezbytný. Vrstvy vzduchu jsou ohřívány plamenem, stoupají vzhůru a zvedají s sebou plamen do značné výše. Teplý vzduch je totiž lehčí než studený; proto stoupá vzhůru. Že je tomu s proudem vzduchu skutečně tak, jak to znázorňuje obrázek, o tom se můžete přesvědčit, postavíte-li hořící svíčku na slunce tak, aby vám její plamen vrhal stín na list papíru. Není to podivuhodné? Plamen, který má sám o sobě dost silné světlo, aby vytvořil stín různých jiných předmětů, dává sám také stín. Přitom zcela zřetelně uvidíte, jak kolem stínu plamene proudí něco, co není jeho součástí, jak to stoupá a táhne s sebou plamen vzhůru.



Protože zde nemáme slunce, pokusíme se je nahradit jiným zdrojem světla. Použijí k tomu silné elektrické lampy a galvanické baterie. Nuže, zde vidíte naše umělé slunce a jeho velikou zářivost! Postavíme-li svíčku mezi lampu a stínítko, získáme stín plamene svíčky. Vidíte stín svíčky a knotu. Pak je tu tmavší část a světlejší část plamene. Je zajímavé, že co vidíme na stínu jako nejtmaší část plamene, to je ve skutečnosti nejjasnější a naopak. Na stínítku můžete pozorovat také stín, o který nám jde a který Hooker zakreslil ve svém diagramu.

Tento stín je vrhán proudem horkého vzduchu, jenž zásobuje plamen, táhne ho vzhůru a zároveň způsobuje chladné proudění zdola kolem okrajů číšky, naplněné roztaveným palivem.

Mohu vám zde předvést další názorný pokus, abych vám ukázal, jak se plamen zvedá nebo jak klesá podle proudění vzduchu. Mám zde plamen



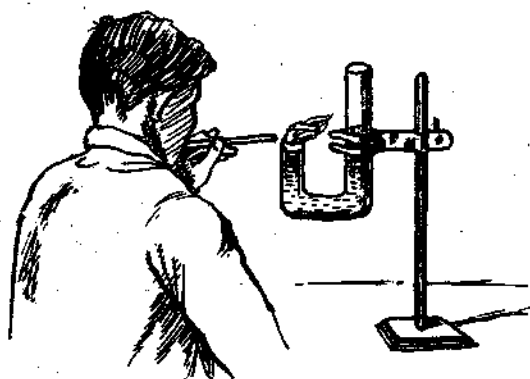
— není to plamen svíčky, ale nepochybuji o tom, že již dovedete dostatečně zevšeobecňovat, abyste mohli srovnávat jednu věc s druhou. Chci změnit stoupající proud vzduchu, který plamen zdvihá, v klesající proud. To mohu snadno udělat malým přístrojem, který vidíte přede mnou. Jak jsem již řekl, není to plamen svíčky, nýbrž plamen lihový, který nebude příliš čadit.

Kromě toho jej ještě obarvím nějakou látkou,\* abyste mohli dobře sledovat jeho pohyb. Kdyby ste totiž pozorovali samotný lihový plamen, neviděli

\* Lihový plamen lze obarvit na zeleno chlořidem měďnatým. Překl.

byste ho dost zřetelně. Vidíte, plamen stoupá v klidném ovzduší přirozeně vzhůru. Nyní již víte, že je to způsobeno tahem, proudem teplého vzduchu, který se zúčastňuje hoření.

Ale budu-li foukat na plamen směrem dolů, uvidíte, že jej také obrátím dolů, do tohoto malého komínku. Tím, že se změní proud vzduchu, změní se i směr plamene. V některé z našich přednášek vám ukážu lampu, kde plamen stoupá vzhůru a kouř klesá dolů, nebo naopak plamen klesá dolů



a kouř stoupá vzhůru. Vidíte tedy, že je v naší moci libovolně měnit směr plamene proudem vzduchu.

Avšak musíme si vysvětlit ještě mnoho jiných otázek. Plameny, které vidíte v naší posluchárně, mění velmi silně svůj tvar podle změn proudů vzduchu. Ale můžeme vytvořit také takové plameny, které vypadají

jako úplně nehybné. Můžeme je dokonce fotografovat (a někdy je opravdu musíme fotografovat), abychom měli trvale zachycen jejich tvar a mohli prozkoumat všechno, co se jich týká. Jenže to není hlavní věc, o které se chci zmínit. Vezmu-li plamen dostatečně veliký, nebude nám zachovávat onen stálý, pravidelný tvar, nýbrž bude se pohybovat a silně větvit. Bude vyrážet onou živelnou silou, která je pro oheň tak příznačná.

Chci použít docela jiného druhu paliva, ale přece takového, které je v podstatě něčím podobným jako vosk nebo lůj svíčky. Mám zde velký chomáč vaty, který nám poslouží jako knot. Namočím jej do lihu a zapálím. Vidíte, jak se tento plamen podstatně liší od plamene svíčky. Má větší živost a sílu, větší jasnost, krásu a pohyb. Vidíte ty krásné jazyky plamene, jak stoupají vzhůru. Mají všechny tentýž směr zdola nahoru, ale navíc je zde ještě podivuhodné rozčlenění do jazyků, které u svíčky nevidíte. Nuže, proč je tomu tak? Musím vám to vysvětlit, protože když to dokonale pochopíte, budete lépe rozumět tomu, co chci vykládat dále.

Domnívám se, že si mnozí z vás sami doma provedou pokus, který vám nyní ukážu. Nemýlím-li se, jistě už někteří z vás viděli nebo hráli „snap-

dragon“.\* Neznám krásnější ilustraci pro určitou stránku našich představ a výkladů o plameni, nežli je právě tato hra. Předně je zde miska; a dovolte mi poznamenat, že musíte mít misku náležitě horkou, chcete-li hrát „snapdragon“ jaksepatří. Musíte mít také horké rozinky a horký koňak, který já ovšem nemám. Ale můžeme použít lihu. Nalijete-li lih do misky, máte číšku a palivo. A nezastávají rozinky funkci knotů? Hodím rozinky do misky, zapálím lih a už vidíte ty krásné jazyky plamenů, o kterých vám vykládám. Máte zde vzduch, který proudí dovnitř tím způsobem, že přelézá okraje misky, a dělá tyto jazyky. Proč je dělá?



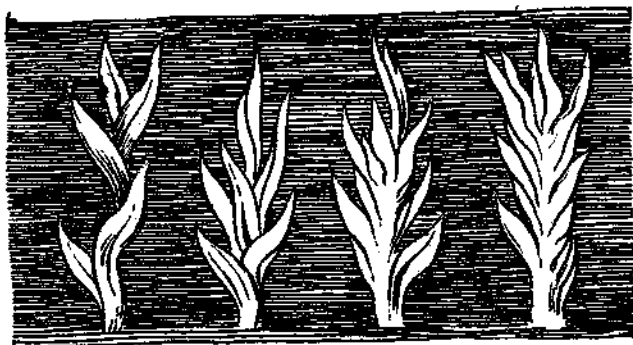
Protože plamen při silném proudu vzduchu a při nerovnoměrném hoření nemůže vytvořit jednotný, celistvý tvar. Vzduch proudí dovnitř tak nepravidelně, že vytváří tyto malé jazyčky, které by se za rovnoměrného přítoku vzduchu slily v jediný obraz plamene. Při nepravidelném proudění vzduchu je tvar plamene rozbit na množství malých jazyčků, z nichž každý má svou vlastní, nezávislou existenci. Mohl bych vskutku říci, že zde máme množství samostatných svíček. Nesmíte si však představovat, když vidíte všechny tyto jazyky najednou, že plamen má právě tento zvláštní tvar. Plamen takového

\* „Snapdragon“ (čti snepdregn) je anglická společenská hra, při níž se v temné místnosti pozorují zapálené rozinky v misce a tahají se z hořícího koňaku. Překl.

tvary v žádném jednotlivém okamžiku neexistuje. Celý plamen, který jste na příklad viděli předtím vystupovat z chomáče vaty, nemá nikdy takový tvar, jak se nám zdá. Vždycky se skládá z množství různých tvarů, které za sebou následují tak rychle, že je oko nestačí postřehnout jednotlivě, každý zvlášť, nýbrž postihne jenom jejich složený obraz. Oko je zachytí jako souvislý vjem, jako by existovaly všechny najednou.

Před nějakou chvílí jsme si popisovali plamen svíčky. Rozkládal jsem vám úmyslně obecný tvar jejího plamene na jednotlivé části. Ale ahi tento plamen nemá ve skutečnosti ten stálý celkový tvar, jak se nám zdá. Na diagramu vidíte jednotlivé části, z nichž se skládá. Tyto tvary nevznikají všechny najednou, nýbrž střídají se v tak prudkém sledu za sebou, že je vidíme, jako by existovaly všechny současně.

Škoda, že jsme se dnes nedostali dále než k oné hře s rozinkami. Náš čas vypršel a nesmím vás déle zdržovat. Ale bude to pro mne ponaučením, abych se příště držel více thematic a neztrácel tolik času mnoha příklady.



**PROČ JE PLAMEN SVÍČKY TAK JASNÝ?**

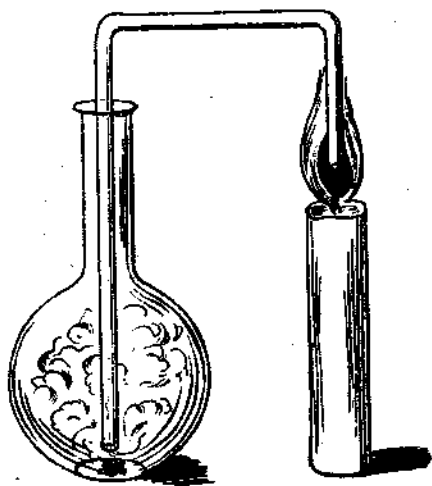
**NEZBYTNOST VZDUCHU PŘI HOŘENÍ**

**UHLÍK A VODA JAKO PRODUKTY HOŘENÍ SVÍČKY**

V minulé přednášce jsme se zabývali zkoumáním všeobecných vlastností roztavené hmoty svíčky a vysvětlovali jsme si, jak se tato hmota dostane na místo, kde se spaluje. Viděli jste, že správně hořící svíčka, chráněná před

náhodnými pohyby vzduchu, dává dosti pravidelný plamen, přibližně takového tvaru, jaký byl nakreslen na našem obrázku. Víme ovšem, že tento jednotný tvar má velmi zvláštní povahu.

Dnes budeme různými pokusy zjišťovat, co se děje v jednotlivých částech plamene, proč se to děje a jakou to má funkci. Dozvíme se také, kam vlastně celá svíčka při hoření mizí. Víte dobře, že správně hořící svíčka za nějakou dobu úplně zmizí, aniž po ní zůstanou ve svícnu nějaké stopy. To samo o sobě je také velmi zajímavá věc.



Připravil jsem si k našim pokusům několik přístrojů, jejichž účel hned poznáte. Zde vidíte hořící svíčku. Zavedu konec skleněné trubice do středu plamene, do té části, která je na Hookerově diagramu zakreslena jako tmavá a kterou můžete snadno vidět v plameni kterékoli správně hořící svíčky. Prozkoumáme nejdříve tuto tmavou část plamene.

Vezmu tedy ohnutou skleněnou trubici a vložím jeden její konec do

temné části plamene. Hned vidíte, že se z plamene cosi odděluje a vychází to druhým koncem trubice ven. Jestliže vsuneme tento konec trubice do láhve a chvilku počkáme, uvidíme, že látka, kterou jsme vyloučili z temné části plamene, klesá zvolna do láhve a padá na dno jako těžká hmota v podobě tuhých částic. Jestliže tuhé částice sebereme a prozkoumáme, ukáže se, že tato látka není nic jiného nežli vosk, proměněný nejdříve v kapalinu, pak v páru a nakonec zase v pevnou hmotu. Vosk se tedy v temné části plamene proměnil v páru, nikoli v plyn. (Musím vám však vysvětlit rozdíl mezi plynem a párou: plyn zůstává stálý, kdežto pára se po ochlazení sráží v kapalinu.) Jestliže sfouknu svíčku, ucítíte velmi ošklivý zápach, způsobený srážením této páry. Uvnitř plamene se tedy tvoří něco docela jiného, než co pozorujeme vně plamene. Aby vám to bylo jasnější, chci vyrobit a zapálit větší množství této páry. Někdy musíme umět vyrobit ve velkém to, co objevíme při zkoumání v malém.

Mám zde trochu vosku ve skleněné baňce. Zahřeji baňku, neboť vnitřek plamene je také horký a látka v knotě a kolem něho je také horká. Myslím, že se vosk již dostatečně zahřál. Vidíte, jak se v baňce roztavil. Proměnil se v kapalinu, z níž se trochu kouří. Brzy bude z kapaliny stoupat pára. Zahřeji baňku ještě silněji a dostanu tolik páry, že ji mohu vylít z láhve do misky a zapálit. Pára je naprosto stejná jako ta, kterou jsme odváděli ze středu plamene. Vidíte, jak hoří. Pára je tedy první stupeň proměny, kterou hmota svíčky při hoření prochází.

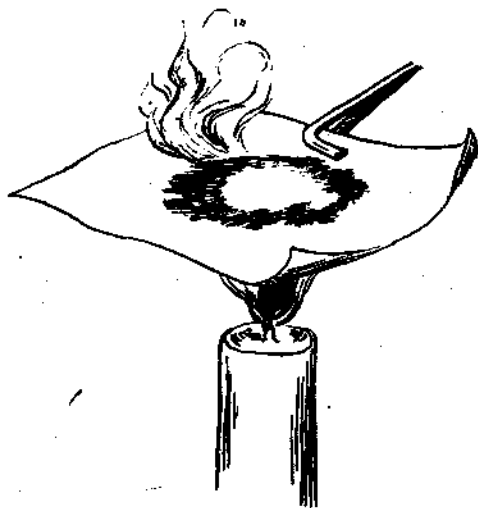
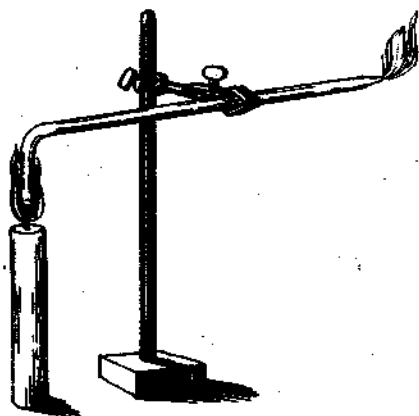
Nyní zavedu jinou trubici zase do plamene svíčky a jsem přesvědčen, že se mi podaří po určité námaze odvést páru ze středu plamene a na druhém konci trubice ji zapálit. Nuže, podívejte se. Získali jsme plamen svíčky na místě vzdáleném od svíčky. Není to krásný pokus? Jistě jste často slyšeli o plynovodu. Nyní jste viděli něco jako „svíčkod“. Pára z vosku, kterou jsme získali zahříváním láhve, a pára, kterou odvádíme z temné části plamene svíčky, hoří naprosto stejně.

Z toho můžeme vyvodit závěr, že při hoření svíčky dochází v plameni k dvojí různé činnosti: nejprve se pára v y r á b í a potom se s p a l u j e a obě tyto věci se dějí v různých částech plamene.

Z hořejší části plamene, v které již vše shořelo, nemůžeme získat páru. Jestliže zdvihnu trubici v plameni o něco výš, bude z ní vycházet látka, která již není schopna hořet, protože je už spálená. Jak to, že je spálená?

Jak se to stalo? Velmi jednoduše. Horká pára se tvoří u samého knotu, ve středu plamene. Plamen je obklopen vzduchem, bez něhož, jak poznáme, svíčka by nehořela. Mezi párou a vzduchem dochází k intenzivnímu chemickému ději. Vzduch a horká pára na sebe vzájemně velmi silně působí a pára zaniká právě v okamžiku, kdy vznikne některý z jazýčků plamene.

Když budeme zkoumat, kde je nejteplejší místo plamene, objevíme velmi pozoruhodnou věc. Podržím nad plamenem list papíru. Kde bude nejtep-



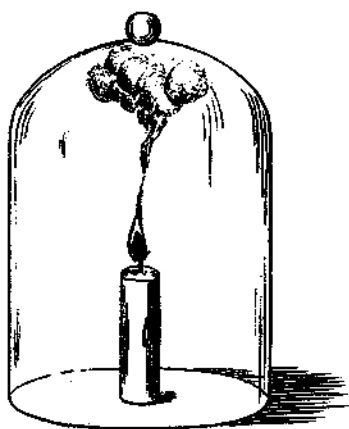
lejší místo plamene, co myslíte? Uvidíte, že to není uprostřed, ale na obvodu plamene, právě v tom místě, kde dochází k intenzivnímu chemickému ději mezi horkou párou a vzduchem, jak jsme o tom právě hovořili. Ačkoli tento pokus nemůžeme provést docela bez chyby, přece dostaneme na papíře obrazec velmi podobný prstenci. Nesmí při tom ovšem dojít k silnějším závanům vzduchu. Budete-li tento pokus několikrát opakovat, naučíte se ho provádět dosti obratně a můžete tak určit nejteplejší místo plamene. Zjistíte, že je to právě tam, kde se vzduch stýká s hořlavou párou.

Zjev, který jsme právě objevili, je neobyčejně důležitý pro naše další zkoumání. Vzduch je tedy pro hoření bezpodmínečně nutný; a přitom vzduch čistý, na to vás zvláště upozorňuji. Vezmeme skleněný zvon, naplněný vzduchem, a přiklopíme jím svíčku. Z počátku svíčka hoří naprosto správně, ale brzy začneme pozorovat jakousi změnu. Hledte, pla-



men se prodlužuje, náhle slábne a nakonec úplně hasne. Proč svíčka zhasla? Není to zajisté nedostatkem vzduchu, vždyť zvon je plný vzduchu jako předtím. Avšak je to nedostatkem čistého vzduchu. Složení vzduchu se tak změnilo, že se tento vzduch již nehodí k hoření svíčky.

To jsou všechno nové a velmi důležité poznatky, které musíme jako mladí chemici sbírat. Přivedou nás nakonec k neobyčejně zajímavým závěrům.



Na příklad zde je olejová lampa, kterou jsem vám již ukazoval a která se výborně hodí pro naše pokusy. Je to stará Argandova lampa\* s trubkovitým knotem. Tady vidíte knot, kterým stoupá olej. Proměním tuto lampu v něco podobného svíčky tím, že zabráním vzduchu, aby proudil středem knotu do plamene. Vidíte, že lampa hoří špatně. Vzduch přichází k plameni jen s vnější strany jako u svíčky, a protože knot je veliký, vzduchu je nedostatek a hoření je nedokonalé. Jestliže však použiji Argandova bystrého nápadu a otevřu vzduchu průchod do středu plamene,

uvidíte, jak nesrovnatelně lépe bude lampa hořet. Když znovu uzavřu přístup vzduchu, plamen začne opět čadit.

Čím to je? Máme zde na prozkoumání několik velmi zajímavých otázek. Viděli jsme již, kdy svíčka hoří správně a kdy zhasíná pro nedostatek čistého vzduchu. A nyní jsme viděli příklad nedokonalého hoření. Chci, abyste tento jev náležitě pochopili, a proto vám ho předvedu ještě názorněji. Použijeme k tomu neobyčejně velikého knotu — chomáče vaty, nasáklého terpentinem. Může nám úplně nahradit svíčku, protože všechny tyto věci jsou vlastně stejného druhu. Máme-li větší knoty, musíme dodávat také větší množství vzduchu, jinak bude hoření nedokonalé. Zapálil jsem chomáč vaty a vidíte, že se z něho zvedá celý oblak čmoudu a sazí, což ukazuje na nedokonalé hoření, způsobené nedostatkem vzduchu.

Když jsem vám ukazoval stopu, kterou plamen svíčky zanechal v podobě

\* Argandova lampa má knot stočený ve tvaru trubky, takže vzduch přichází do styku s plamenem nejen na obvodě, ale také uprostřed plamene. Jacques A. Argand (1755-1803) byl švýcarský chemik a fyzik. Překl.

prstence na jedné straně papíru, mohl jsem vám na druhé straně papíru ukázat saze. To znamená, že také při hoření svíčky vznikají saze, to jest uhlík.

Dříve než přejdeme k dalším výkladům, musím vám vysvětlit ještě jeden zjev. Viděli jsme, že při hoření svíčky dostáváme plamen. Podívejme se, doprovází-li plamen vždycky hoření, nebo je-li hoření možné za jiných podmínek, bez plamene. Takové hoření možné je, ale musíme si to dokázat.

Nejlépe si to ověříme na silném kontrastu. Vezmeme trochu střelného prachu, který, jak víte, hoří plamenem. To můžeme klidně říci, neboť střelný prach obsahuje vedle uhlíku i jiné hořlavé látky, které dohromady způsobují, že prach hoří plamenem. Potom vezmeme železný prášek nebo železné pilinky. Chci je spálit společně se střelným prachem, a proto je smíchám v malém mozdíři. Ale dříve než pokus provedeme, musíte mi slíbit, že ho nebudete opakovat! Mohlo by při tom dojít k nehodě, protože je to pokus velmi nebezpečný, neprovádí-li se s největší opatrností.

Nuže, nasypeme trochu směsi prachu a železných pilinek na dno malé dřevěné nádoby. Chci, aby prach zapálil pilinky; ty potom shoří ve vzduchu bez plamene. Uvidíte při tom rozdíl mezi látkou, která hoří plamenem, a látkou, která plamenem nehoří. Každá z nich bude hořet odděleně. Podívejte se! Prach začal hořet plamenem, rozpálil pilinky, ty vyletěly do vzduchu a shořely bez plamene.

To byl příklad dvou různých druhů hoření. A na tomto velikém rozdílu závisí veškerá užitečnost a krása plamene, kterého používáme ke svícení. Ať vezmeme olej, plyn nebo svíčku, vždycky jejich větší nebo menší schopnost svítit závisí právě na tomto rozdílném způsobu hoření. Každá látka má jinak jasný plamen, každá hoří svým způsobem.

Tak na příklad zde je prášek neobyčejně hořlavý. Skládá se z velkého množství drobných zrníček a nazývá se plavuň.\* Každé z jejich zrníček může dávat plamen i páru. Když pozorujete hoření tohoto prášku, zdá se vám, že vidíte jeden celistvý plamen. Zapálím plavuň (*lycopodium*) tak, že vyfouknu trochu prášku skleněnou trubicí přes lihový plamen. Viděli jste plamen v podobě oblaku, který vypadal, jako by byl celistvý. Ale praskání, které jste při hoření slyšeli, dokazuje, že plamen není celistvý a plynulý.

\* Plavuň (*lycopodium*, vidlák, jelení růžek) je tajnosnubná rostlina, z jejíž výtrusů se získává žlutý prášek k účelům lékárnickým nebo k fysikálním pokusům. Překl.

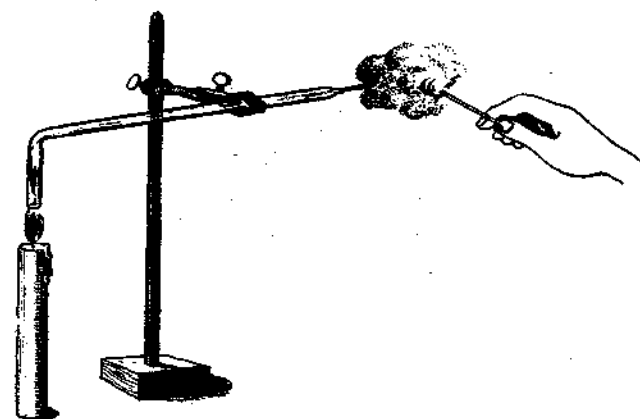
Lycopodia se používá na jevištích divadel k napodobení blesku. Tento způsob hoření se rovněž nepodobá hoření železných pilinek, k nimž se zase vrátíme.

Prozkoumáme tu část plamene svíčky, která se nám zdá nejjasnější. Právě z této části plamene můžeme získat saze — ony černé částičky, které jste již tolikrát viděli vycházet z plamene v podobě kouře a které nyní získáme trochu jinak. Vezmu tuto svíčku a očistím ji od krápníkového přílepku, který se vytvořil při nepravidelném proudění vzduchu. Pak ponořím konec skleněné trubice do nejjasnější části plamene. Udělám to podobně, jako když jsme získávali z plamene voskovou páru, jen s tím rozdílem, že trubici umístím o něco výše. Uvidíte, jaký to bude mít účinek. Místo bílé páry vychází z trubice černý dým. Dobře se podívejte. Je černý jako uhlí a vůbec se nepodobá páře. Přiblížíme-li k tomuto dýmu svíčku, nejenže se sám nevznítí, nýbrž naopak ještě svíčku zhasne.

Nuže, tyto částičky, jak jsem již dříve řekl, nejsou nic jiného nežli saze ze svíčky. A to mi připomíná starý vtip děkana Swifta, který doporučil služebnictvu, aby pro ukrácení chvíle a pro svou zábavu psalo svíčkou po stropě pokoje. Co vlastně je tato černá hmota? Je to uhlík. Asi se zeptáte, jak se může uhlík vytvořit z hmoty svíčky. Na to je jediná odpověď:

Zřejmě existoval již dříve ve svíčce jako součást její hmoty, protože jinak bychom ho nebyli mohli získat.

A teď dejte obzvlášť dobrý pozor na to, co si budeme vykládat. Jistě vás velmi překvapí, když vám řeknu, že zářivost a celá krása plamene závisí právě na těchto ma-



lých černých částičkách, na kousíčkách sazí, a že tyto saze hoří právě tak jasně v plameni svíčky, jako hořely železné pilinky v plameni střelného prachu.

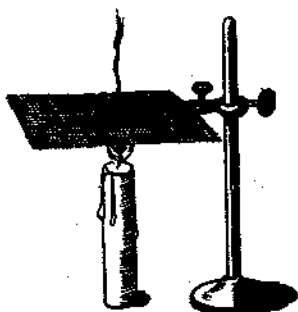
Mám zde kousek husté drátěné síťky, která nepropouští plamen. Po-

držím-li ji nad nejjasnější částí plamene, uvidíte, že síťka potlačí a utlumí plamen a že bude propouštět jen čmouhu kouře, která bude stoupat vzhůru. Chtěl bych, abyste dobře porozuměli jedné věci: totiž že kdykoli nějaká věc hoří jako železné pilinky ve stělném prachu tím způsobem, že se neproměňuje v páru (nezáleží na tom, změnil-li se v kapalinu nebo zůstane-li tuhá), vždycky dává neobyčejně silné světlo. Ubych vám to objasnil, uvedu tři nebo čtyři příklady, které nemají nic společného se svíčkou, protože to, co vám chci říci, bude se týkat obecně všech hmot, jak hořlavých, tak nehořlavých.

My se chceme tedy přesvědčit o tom, že všechny hmoty, které při silném zahřátí zůstávají v pevném nebo v kapalném skupenství, velmi jasně svítí a že plámen svíčky vděčí za své světlo právě těm malým pevným částicím, které jsou v něm obsaženy ve velkém množství.

Vezměme na příklad platinový drát, který se při zahřívání neroztavuje. Zahřeji jej v plameni a hned uvidíte, jak pronikavě jasně začne svítit. Zmenším plamen tak, aby dával co nejméně světla, a přece vidíte, že platinový drát svítí mnohem jasněji než sám plamen, ačkoli nemůže být zdaleka tak horký jako plamen. Až dosud jsme používali plamenů, které obsahovaly uhlík. Nyní použiji plamene, který uhlík neobsahuje. V této nádobě máme palivo — hořlavý plyn, v němž nejsou žádné tvrdé částice. Hodí se nám právě proto, že je to příklad plamene, který vůbec žádné tvrdé částice neobsahuje. Vložím do takového plamene kousek pevné hmoty. Hned uvidíte, jak úžasný žár má tento plamen a do jak vysoké svítivosti rozpálí pevnou hmotu.

Je to plyn, který se nazývá vodík. V našich dalších výkladech si o něm povíme mnohem podrobněji. Vidíte, že zde přivádím vodík jednou trubkou a při tom druhou trubkou mohu přivádět jiný plyn — kyslík. Smísíme-li oba tyto plyny, dostaneme neobyčejně hořlavou směs, která dává mnohem více tepla než plamen svíčky, avšak plamen této směsi svítí velmi slabě. Ale když vezmeme pevnou hmotu a vložíme ji do plamene, vytvoříme neobyčejně intenzivní světlo. Uvidíte, co se stane, vložím-li do plamene kousek vápna. Vápno nehoří, netaví se a nevypařuje, zůstává při zahřívání tuhé. Spalováním vodíku s příměsí kyslíku jsem vytvořil velmi silný žár,

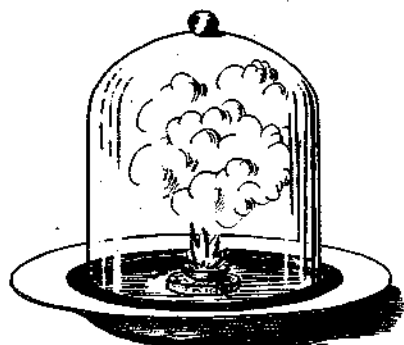


ale dosud jste neviděli téměř žádné světlo. Není to nedostatkem žáru plamene, nýbrž nepřítomností pevných částecek, které by si v plameni zachovaly tuhé nebo kapalné skupenství. Ale podržím-li tento kousek vápna v plameni, pohleďte na tu záři! Je to slavné Drummondovo\* světlo, které soupeří se světlem elektrickým a vyrovná se téměř slunečnímu.

Mám zde kousek dřevěného uhlí, uhlíku, který bude hořet a svítit v plameni právě tak, jako by byl uvolněn ze svíčky a spálen v jejím plameni. Žár v plameni svíčky rozkládá páru vytvořenou z vosku a uvolňuje z ní částecy uhlíku. Ty stoupají vzhůru, rozpáleny plamenem, září jako tyto zde a po spálení se ztrácejí ve vzduchu. Jenže jsou-li tyto částecy jednou

spáleny, nikdy neunikají do vzduchu v podobě uhlíku, nýbrž jako zcela neviditelná látka, o které si povíme později.

Nuže, není to zajímavé, vyložit si takový zjev a zjistit, že tak černá a špinavá věc, jako jsou saze, může být zdrojem jasného světla? Nyní již víte, že podstata jevu je v tom, že kterýkoli jasný plamen musí obsahovat nějaké pevné částecy. Můžeme tedy říci, že všechny hmoty, které při hoření mají v plameni



tuhé částecy, dávají jasné světlo. Nezáleží na tom, kdy tyto částecy vstupují do děje, zda zároveň s hořením, jako je tomu u svíčky, nebo přímo po něm, jako jsme to viděli při pokusu s železnými pilinkami a střelným prachem. Hmotám, které při hoření uvolňují v plameni tuhé částecy, vděčíme za blahodárné zářivé světlo.

Abychom si celou věc plně ujasnili, uděláme si ještě několik pokusů. Vezmeme kousek fosforu. Fosfor hoří jasným plamenem. Dobrá, z toho můžeme vyvodit závěr, že uvolňuje pevné částecy buď při hoření, nebo hned potom. Prozkoumáme to. Zapaluji fosfor a přikrývám ho skleněným poklopem, aby nám žádná částecka nemohla uniknout. Vidíme pod poklopem dým. Z čeho se skládá? Ukazuje se, že je vytvořen právě pevnými částeckami, které vznikly při hoření fosforu. Nyní vezmeme jiné dvě látky:

\* Th. Drummond (1798—1840), anglický inženýr, vynalezl velice jasné světlo, když hnal plamen kyslíko-vodíkový na roubík z kysličníku vápenatého. Red.

chlореčnan draselný (Bertholletovu\* sůl) a siřník antimonitý. Trochu je promíchám a zapálím je. Mohu je zapálit různým způsobem. Abych vám ukázal příklad chemické reakce, kápnu na směs kyseliny sírovou a směs okamžitě vzplane. Podívejte se a rozhodněte sami, co zde hoří: tuhé částičky nebo plyny? Podle toho, co jsme si již pověděli, jistě správně usoudíte, že zde musí hořet tuhé částičky, jinak bychom nedostali tak jasný plamen.

Tady v peci stojí silně zahřátý tyglík. Hodím do něho trochu zinkových pilinek a ty vzplanou jako střelný prach. Ukazuji vám tento pokus, abyste jej mohli opakovat doma. Všimněte si, jak zinek krásně hoří, skoro jako svíčka. Ale odkud se vzal všechen ten dým? A co je to za chomáčky chmýří, které vypadají jako vlna? V tyglíku zůstalo také trochu této hebké, vlně podobné látky, kterou v dřívějších dobách nazývali „vlnou filosofů“.

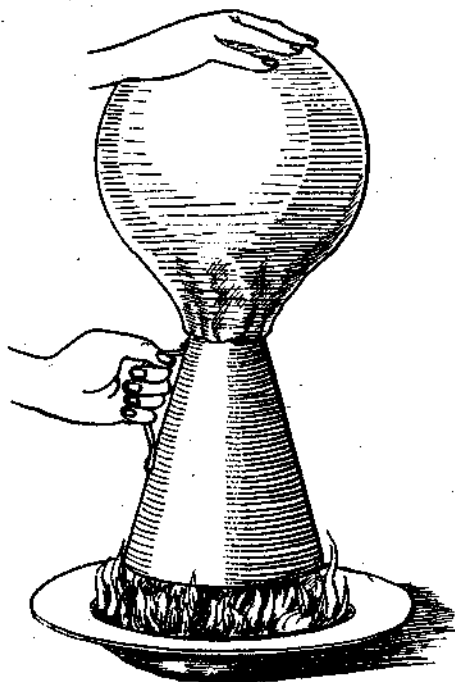
Teď vezmu kousek téhož zinku a udělám jednodušší pokus, při němž výsledek bude stejný. Zde je zinek a tamhle je naše pec — hořák s vodíkovým plamenem. Pokusíme se spálit kov. Vidíte, jak září. Kov shořel a zde vidíte popel — bílou hmotu, která ze zinku zůstala. A tak vezmu-li vodíkový plamen místo svíčky a budu v něm spalovat zinek, můžete říci, že zinek září jen proto, že hoří, dokud je zahříván. Ale jestliže do vodíkového plamene vložím tuto bílou látku, jež zbyla po spálení zinku, uvidíte, že bude také zářit — jen proto, že je to pevná látka. Hleďte, jak krásně svítí!

Vrátíme se znovu k plameni, který obsahuje částičky uhlíku, a pokusíme se je vyloučit. Zde je trochu benzolu, který při hoření dává mnoho kouře — drobných částiček uhlíku. Trubicí odvedu tyto částičky z benzolového plamene do plamene vodíkového. Vidíte, jak krásně hoří a jak svítí, když je znovu zahříváme! Můžete je lehko spatřit, jestliže podržíte list papíru za plamenem. V žáru vodíkového plamene se částičky po druhé zahřívají, spalují se a při tom vydávají silné světlo.

Také plamen svítíplynu vděčí za své světlo částičkám uhlíku. Vylučují se v něm při hoření a září právě tak, jako když jsou spalovány v plameni svíčky. Avšak tento zjev se dá velmi snadno změnit. Zde vidíte jasný plamen svítíplynu. Jestliže do tohoto plamene zavedu tolik vzduchu, že všechen plyn shoří dříve, než se stačí vyloučit pevné částičky uhlíku, nedostaneme od plamene skoro žádné světlo. Stačí pouze připevnit k hořáku plynu klobouček z drátěné sítě a zapálit plyn nad kloboučkem. Vidíte, že nyní

\* Claude Berthollet (1748—1822), francouzský význačný chemik. Red.

svítiplyn hoří nejasným, lehce namodralým plamenem bez světla. Způsobili jsme to tím, že mísíme plyn s množstvím vzduchu, dříve než začne hořet. Když klobouček trochu nadzdvihnu, vidíte, že pod ním nic nehoří. Svítiplyn obsahuje dosti uhlíku, ale protože se před hořením mísí s velkým množstvím vzduchu, stačí všechen uhlík shořet dříve, nežli se jeho částičky vyloučí



ve volném stavu a než se mohou rozpálit natolik, aby svítily. Budu-li něčím silně foukat do svítivého plamene plynu, přejde také v namodralý, nesvíťivý plamen.

Když jsme zkoumali svíčku, zjistili jsme, že při jejím hoření vznikají různé produkty. Část těchto produktů se může považovat za uhlík, který sám shoří na nějakou novou, neviditelnou látku, jež pravděpodobně unikne do vzduchu. Velice nás zajímá, jaká je to látka.

Pozorovali jsme již dříve, že od hořící svíčky stoupá proud zahřátého vzduchu. Abyste měli představu o tom, kolik je asi té látky, která stoupá vzhůru, pokusíme se ji zachytit. Ukážeme si to ve větším měřítku. Proto jsem si přinesl jakýsi balon a trychtýř. Použijeme plame-

mene, který je pro nás nejvhodnější. Zde vidíte misku, jež bude nahrazovat číšku svíčky, lih nahradí hořlavou látku svíčky a tento trychtýř nám bude odvádět do balonu všechno, co při hoření stoupá vzhůru. Látka, kterou takto zachytíme, bude naprosto shodná s látkou, která uniká při hoření svíčky. Nyní přidržím balon nad trychtýřem, protože by se nám vůbec nehodilo, kdyby balon uletěl, a budete moci posoudit množství látky, jež stoupá od hořící svíčky nebo od hořícího lihu — v tomto případě je to v podstatě totéž. Vidíte, jak se balon vzdouvá a jak se snaží vzlétnout vzhůru. Ale nepustíme ho dříve, dokud nezhasíme plynová světla u stropu, aby nám tam neztropil nějaký zmatek. Nyní může vzlétnout. Nuže, nedokazuje vám to, jak veliké množství látek při hoření uniká?

Uděláme si jiný pokus. Přidržíme nad plamenem svíčky širokou skleněnou trubici a touto trubicí budeme propouštět všechny produkty hoření svíčky. Uvidíte, že se trubice brzy zamlží a stane se neprůhlednou. Vezme druhou svíčku a přiklopíme ji skleněným zvonem. Za skleněný zvon postavíme třetí svíčku, abyste viděli, co se bude dít uvnitř. Pozorujete, jak se stěny zvonu pokrývají mlhou a jak plamen postupně slábne? To způsobují rovněž produkty hoření. Zmenšují jasnost plamene a zamížují stěny zvonu. Až přijdete domů, vezměte lžici, která předtím ležela v chladu, a podržte ji nad svíčkou tak, aby se nezačadila. Uvidíte, že se lžice také zamlží, právě jako tento zvon. Pokus se vám podaří ještě lépe, budete-li moci použít místo lžice stříbrné misky nebo něčeho podobného.

V příští přednášce se budeme zabývat tímto úkazem podrobněji. Abyste si do té doby mohli všechno náležitě promyslet, prozradím vám, že to zamížení způsobuje v o d a. Ukážeme si, že tuto vodní mlhu nebo páru můžeme velmi lehce získat jako kapalinu.

**PRODUKTY HOŘENÍ**  
**VODA A JEJÍ VLASTNOSTI**  
**VODÍK JAKO SOUČÁST VODY**

---

Na konci minulé přednášky jsme začali hovořit o produktech hoření. Zjistili jsme, že jednoduchými přístroji můžeme z hořící svíčky získat rozličné produkty. Mezi nimi je také látka, která se ovšem nevylučuje volně, jestliže svíčka správně hoří. Tou látkou je uhlík. Dále jsme poznali, že z plamene uniká jiná látka, která nemá podobu kouře. Je neviditelná a tvoří součást onoho obecného proudu, který stoupá nad svíčkou vzhůru a rozplývá se v okolním vzduchu. Ale kromě těchto produktů hoření jsme pozorovali ještě něco jiného. Vzpomínáte si, že jsme v proudu látek, který stoupá nad svíčkou, objevili jednu část, která se může srážet v podobě kapiček na lžici, na talířku nebo na jiném chladném předmětu, kdežto druhá část se srážet nemůže.

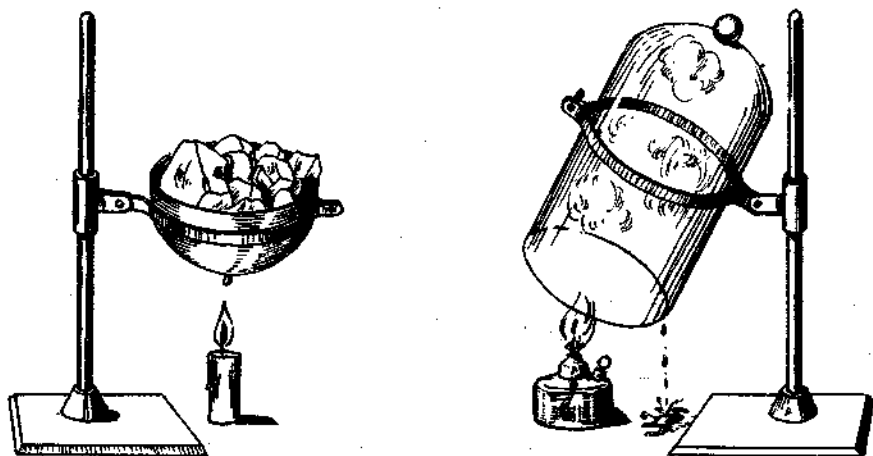
Prozkoumáme především tu část, která se sráží. Ať se nám to zdá jakkoli divné, při bližším zkoumání shledáme, že tento produkt hoření není nic jiného nežli voda — docela obyčejná voda.

Posledně jsme se o tom jen letmo zmínili, prostě jsme konstatovali, že mezi produkty hořící svíčky uniká také voda, kterou můžeme zachytit na chladném předmětu. Dnes prozkoumáme důkladněji vlastnosti vody, zvláště ve vztahu k našemu temat. Kromě toho si povíme také všeobecně něco o existenci vody na povrchu zemském.

Pokusíme se získat vodu, která je obsažena v produktech hoření svíčky, to znamená převést ji ze skupenství plynného do skupenství kapalného. Abyste se všichni najednou mohli přesvědčit o přítomnosti vody v produktech hoření, ukážu vám pokus, při němž se voda dosti výrazně projevuje. Mám zde chemickou látku, prvek, který objevil sir Humphrey Davy a který

se nazývá draslík. Tato látka má na vodu neobyčejně silný účinek, a proto se hodí k našemu pokusu. Mezitím postavím nad plamen svíčky kovovou nádobku, naplněnou ledem. Brzy uvidíte, jak se na spodku nádobky začne srážet pára od plamene svíčky a jak se promění v kapku vody.

Teď vám ukážu, jak působí draslík na vodu, a pak vyzkoušíme, zda bude mít stejný účinek na kapku vytvořenou plamenem svíčky. Vezmu malý kousek draslíku a hodím ho do nádoby s vodou. Draslík okamžitě vzplane.



Vidíte, jak plave na vodě a hoří fialovým plamenem. Odstráním svíčku, která hořela pod nádobkou s ledem. Vidíte kapku vody na spodku nádobky. Ukážu vám, že draslík bude mít na tuto kapku též účinek jako na vodu v nádobě. Podívejte se! Vznítí se a hoří úplně stejně jako předtím. Zachytím na skleněnou destičku druhou kapku ze svíčky. Sotva se dotknu této kapky kouskem draslíku, draslík se hned vznítí. To nám dokazuje, že na skleněné destičce byla kapka vody. Nuže, tato voda je produktem hoření svíčky.

Postavíme pod skleněný zvon lihový kahan. Vidíte, že se zvon opět zamřžuje a že se na jeho vnitřních stěnách sráží rosa. Je to zase voda, která je produktem hoření lihového kahanu. Když položíme pod kahan list papíru, zjistíme podle kapek, které stekou na papír, že při hoření lihu vzniká značné množství vody. Necháme kahan nějakou dobu hořet a uvidíme, kolik vody se na papíře zachytí. Teď vezmu plynový hořák a upevním nad něj podobné chladicí zařízení, jakého jsme použili u svíčky. Pozorujete, že se i zde tvoří voda jako produkt hoření svítíplynu. V této lahvičce mám

vodu, naprosto čistou, destilovanou vodu, kterou jsem získal z plamene plynové lampy. Vůbec ničím se neliší od vody, kterou bychom obdrželi destilací pramenité, říční nebo mořské vody.

Voda je s chemického hlediska vždy a všude stejná, ať ji získáme jakým-koli způsobem. Můžeme v ní rozpustit jiné látky, můžeme ji rozložit a získat její součásti, ale voda sama se nikdy nezmění, ať už je v tuhém, kapalném nebo plynném skupenství, vždycky zůstane stejná.

Zde je jiná lahvička s vodou, která byla sebrána jako produkt hoření olejové lampy. Při správném hoření lampy dává litr oleje více než litr vody; všechnu tuto vodu ovšem nemůžeme zmíněným zařízením zachytit. A konečně v této lahvičce mám trochu vody nastřádané poněkud zdlouhavou cestou, z plamene voskové svíčky. Tak můžeme brát jednu hořlavou látku za druhou a po každé shledáme, že kdykoli nějaká látka hoří plamenem, můžeme z jejího plamene vždycky získat vodu. Tyto pokusy, budete-li chtít, můžete celkem lehkou provádět sami doma. Nepotřebujete k tomu nic jiného než dosti velikou sběračku nebo nějaký jiný podobný předmět, který by byl čistý a dobře odváděl teplo. Upevníte-li jej nad plamenem, bude se na něm srážet v kapkách voda.

A nyní — abychom přišli na kloub tomuto podivuhodnému jevu, kdy voda vzniká hořením z hořlavých látek — musíme si nejdříve říci, za jakých podmínek se voda vůbec vytvoří a v jakých podobách se vlastně vyskytuje. Jistě již znáte vodu ve všech jejích podobách — skupenstvích, ale přece se musíme u této věci ještě zastavit. Chci, abyste si plně uvědomili, že voda je při všech svých proměnách a za všech okolností vždy naprosto táž, ať ji získáme z plamene svíčky, z řeky nebo z moře.

My chemici — dovolím si tak označit vás i sebe — mluvíme vždycky o vodě jako o vodě, nezávisle na tom, je-li ve skupenství tuhém, kapalném nebo plynném. S chemického hlediska zůstává voda vždycky vodou. Je to látka, která se skládá ze dvou složek. S jednou z nich jsme se již setkali při zkoumání svíčky, druhou získáme později.

Voda se někdy vyskytuje v podobě ledu, na příklad v zimě. Při zahřátí na určitou teplotu se led znovu změní v kapalinu, a kdybychom kapalinu zahřívali ještě silněji, promění se v páru. Při všech těchto proměnách zůstává voda stále vodou, ačkoli se její specifická váha, skupenství, tvar a ostatní vlastnosti mění. Proměníme-li vodu v led ochlazením nebo v páru

zahřátím, zvětší se v obou případech její objem. Při přeměně v led je celkem malá změna objemu provázána značnou silou; při přeměně v páru zaujímá vytvořená pára mnohonásobně větší objem, než měla původní tekutina. Abych vám to dokázal, vezmu tento cínový válec a naliji do něho trochu vody. Podle toho, kolik vody nalévám, můžete usoudit, jak vysoko vystoupí ve válci: nebude to více než 5 cm ode dna. Nyní proměním vodu v páru a budete moci posoudit, jak se liší jejich objemy.

Zatím co se bude voda ohřívát, změníme jinou vodu v led. Provedeme to tak, že budeme vodu ochlazovat s pomocí soli a tlučeného ledu. Pokusy s ledem nám dokážou, že voda v pevném skupenství má rovněž větší objem než v kapalném. Mám zde dvě pevné litinové láhve, jejichž stěny jsou skoro centimetr silné. Láhve jsou po okraj naplněny vodou, takže je z nich vypuzen všecken vzduch. Nyní je neprodyšně uzavřu šroubovými zátkami. Až voda v lahvích zmrzne, uvidíte, že zvětší svůj objem takovou silou, že roztrhne tyto pevné láhve na kusy. Dávám obě láhve do chladicí směsi ledu se soli.

Pokud budeme čekat na výsledek pokusu, podíváme se, co se děje s vodou, když ji zahříváme. Hleďte! Přestává být kapalinou. To můžeme posoudit podle dvou nebo tří okolností. Přiklopil jsem otvor této skleněné láhve, v níž se voda vaří, skličkem od hodiněk. Vidíte, co se děje? Skličko chřestí, nadzvedává se a klesá jako záklopka. Pára, která stoupá z vařící vody, zvedá a zase spouští tuto záklopku, jak uniká z láhve, a tak skličkem chřestí. Z toho můžete usoudit, že láhev je zcela naplněna párou, protože jinak by si pára nevynucovala cestu ven. Vidíte také, že láhev nyní obsahuje látku mnohem objemnější, než byla voda, protože tato látka znovu a znovu naplňuje celou láhev, přestože stále uniká do vzduchu v podobě malých obláčků. To dokazuje, jak silně se zvětšil objem vody tím, že se proměnila v páru.

Teď se podíváme, co se stane s vodou v lahvích, které jsme vložili do chladicí směsi. Mezi vodou v litinových lahvích a ledem v misce, kterým jsme láhve obsypali, nemůže dojít, jak vidíte, k žádnému styku. Ale dochází zde k převádění tepla z jedné věci na druhou. Jestliže se nám pokus podaří, uslyšíme za chvíli výbuch: láhve prasknou. Prozkoumáme pak jejich obsah a zjistíme, že se voda proměnila v led, který se do lahví nemohl vejít, protože voda při zmrznutí zvětšuje svůj objem. To tedy znamená, že i led

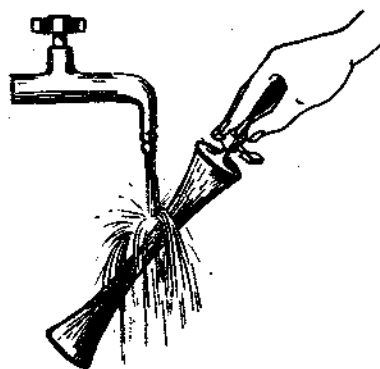
zabírá mnohem více místa, že má větší objem než voda, z níž se vytvořil. Víte dobře, že led na vodě plave. Možná, že někteří z vás již zkoušeli vozit se za jarního tání na krách jako na vorech. Proč led plave? Uvažujte o tom a jistě najdete vysvětlení; led zaujímá větší objem než to množství vody, z něhož vznikl, a proto je lehčí než voda. To je důvod, proč plave.



Vrátíme se znovu k účinkům tepla na vodu. Podívejte se, jaký proud páry uniká z našeho cínového válce. Jistě si uvědomujete, že válec musí být plný páry, když ji vypouští v tak velikém množství. A teď, právě tak, jako jsme mohli zahříváním proměnit vodu v páru, můžeme ochlazením proměnit páru znovu v kapalinu. Vezmeme-li sklenici nebo jiný chladný předmět a podržíme ji nad párou, zarosí se nám vodou. Pára se bude na sklenici srážet tak dlouho, dokud se sklenice nezahřeje.

Udělám zde ještě jeden pokus, z něhož uvidíte, jak snadno se pára sráží a přechází ze skupenství plynného v kapalně. Viděli jste již, jak se pára — jeden z produktů hoření svíčky — sráží na dně nádoby s ledem a vytváří tam kapku. Abych vám dokázal, že se totéž může stát ve větších rozměrech, vezmu náš cínový válec plný páry, uzavřu hořejší otvor a ochla-

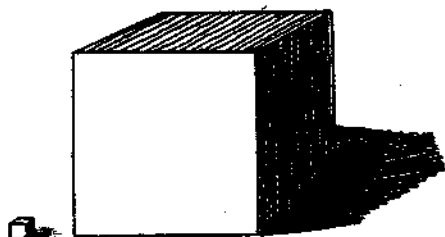
dím stěny válce studenou vodou. Uvidíte, co se stane, když přinutím páru ve válci, aby se znovu srazila v kapalinu. Polévám válec studenou vodou. Pohleďte, stěny válce se prohnuły dovnitř, válec se zúžil! Kdybych nádobu s vodou uzavřel a zahřívá tak, aby voda přecházela v páru, pak by při delším zahřívání velké množství vzniklé páry vyvozovalo takový tlak na nádobu, že by ji roztrhlo. Naopak, mám-li nádobu, v které je menší množství vody a kde zbytek objemu zaujímá vodní pára (která vytlačila vzduch), mohu vyvolat úkaz právě opačný: ochlazením stěn srazím páru v nádobě v kapalinu, jejíž objem je mnohonásobně menší než objem původní páry; silným zmen-



šením objemu páry v nádobě dojde k vytvoření silného podtlaku; vnější vzduch tlačí stále na stěny nádoby a deformuje je tak, jak vidíte.

Všechny tyto pokusy jsem udělal proto, abych vám ukázal, že voda ve všech svých proměnách nikdy nepřestává být vodou, nikdy se nemění v něco jiného, ať její vnější podoba je jakákoli. Podle vnější podoby vody — podle jejího objemu — musí se nám změnit uzavřená nádoba, promáčkne se buď dovnitř nebo ven, nebo dokonce praskne.

Dovedete si představit, jak se změní objem vody, když se promění v páru? Zde vidíte malou krychličku o hraně 1 cm. Vedle ní je velká krychle o hraně 12 cm. Obě krychle mají stejný tvar, podobu hracích kostek. Krychlový centimetr vody se může při zahřívání tak roztáhnout, že vyplní párou velkou krychli, a naopak, pára ve velké krychli se může ochlazením tak zhustit, že v kapalném skupenství zaujme prostor pouze kubického centimetru. Ale slyšíte? Jedna láhev již praskla! Podívejte se, po celé jedné straně je trhлина v šíři asi tři milimetrů. A teď praskla druhá! Hledte: led roztrhl kov silný skoro centimetr a rozházel na všechny strany chladicí směs. Dovedete si představit tu sílu? Takové změny vody se dějí neustále, všude tam, kde se voda vyskytuje, a není třeba používat k tomu umělých opatření. My jsme k nim musili sáhnout proto, že v místnosti je teplo. Potřebovali jsme vytvořit malou umělou zimu kolem těchto lahví místo skutečné přírodní zimy.



Ale vraťme se k předmětu našeho zkoumání. Po všem, co jsme zde viděli, nemohou nás již uvést v omyl různé změny vody. Víme, že voda je všude stejná, ať ji vezmeme odkudkoli: z plamene svíčky nebo z oceánu. Avšak jistě vás napadne otázka: Odkud se vlastně bere voda, kterou získáváme při hoření svíčky? Musím trochu předběhnout a říci vám to. Je zřejmé, že vzniká částečně ze hmoty svíčky samé. Je snad voda součástí svíčky a existovala v ní již předtím? Nikoli. Voda nebyla ani ve svíčke, ani ve vzduchu kolem ní při hoření. Není ani v jednom, ani v druhém, ale vzniká z jejich vzájemného působení na sebe — jedna část ze svíčky a druhá část ze vzduchu. To musíme nyní důkladně prozkoumat. Ji-

nak neporozumíme náležitě chemii hořící svíčky, svíčky, která nám svítí na stole.

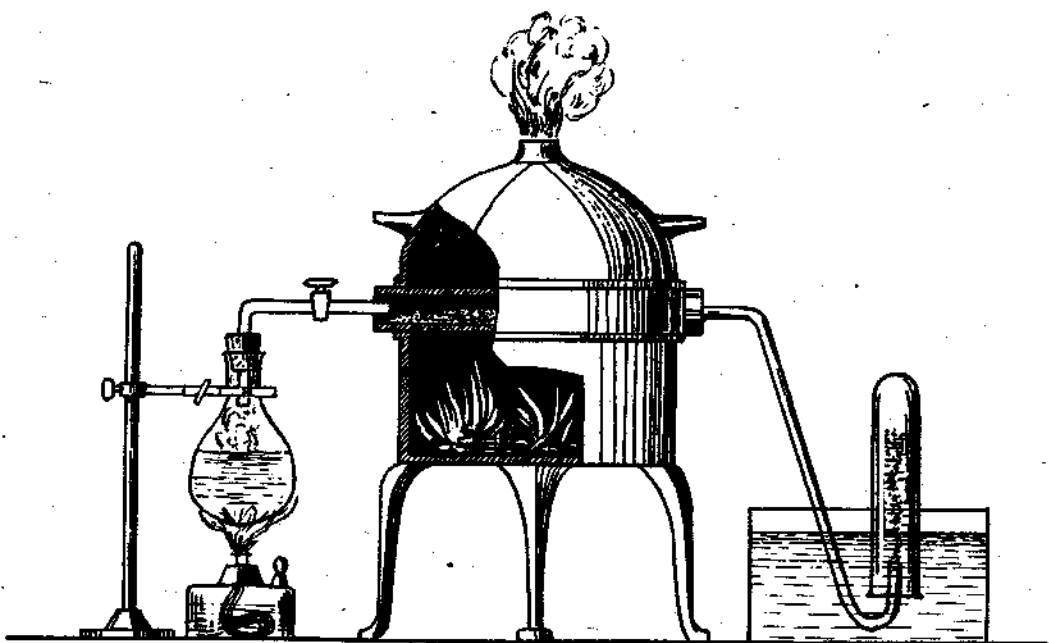
Jak se tomu dostaneme na kloub? Znáám mnoho způsobů, ale chtěl bych, abyste na to přišli vy sami. Přijdete na to tím, že si promyslíte všechno, co jsme si zde již pověděli, najdete vzájemné vztahy mezi jednotlivými jevy a vyvodíte z toho správné závěry. Myslím, že se v tom už jistě aspoň trochu vyznáte. Před chvílí jsme si ukazovali pokus, kterému nás naučil sir Humphrey Davy: Položili jsme kousek draslíku na vodu a pozorovali silný účinek této látky na vodu. Připomeneme si pokus na talířku s vodou. Draslík je věc, s kterou musíme zacházet velmi opatrně. Kdyby nám vystříklo trochu vody na draslík, který zde máme, začala by postříkaná část hořet; a kdyby při tom byl volný přístup vzduchu, vznítíl by se rychle celý kus draslíku. Draslík je kov — krásný, lesklý kov, který se rychle mění na vzduchu, a jak víte, velmi rychle se mění také ve vodě. Položím kousek draslíku na vodu. Vidíte, jak krásně hoří, jako by to byla plovoucí lampa, jejíž plamen se sytí vodou místo vzduchem!

A nyní co se stane, jestliže místo draslíku hodíme do vody trochu železných pilinek? Budou procházet také určitou změnou, ačkoli ne tak rychlou jako draslík. Za nějakou dobu zrezivějí. To dokazuje, že buď železné pilinky působí na vodu, nebo voda na ně, třeba se to neděje tak intenzivně jako při pokusu s draslíkem. Ale změna, ke které při tom dochází, je v podstatě stejného druhu. Chtěl bych, abyste našli souvislost mezi těmito skutečnostmi.

Mám zde jiný kov, zinek. Dokázali jsme si pokusem, že hoří, neboť jsme z něho získali bílý popel — zbytek po spálení. Nuže, vezmu-li proužek tohoto zinku a podržím-li jej nad svíčkou, uvidíte proces, který je myslím na půl cestě mezi hořením draslíku na vodě a změnou železných pilinek ve vodě; je to stále určitý druh spalování. Zinek se hořením proměnil na bílý popel a zde rovněž vidíme, že se železo svým způsobem mění, že působí na vodu.

Postupně jsme se naučili využívat účinků jedné látky na druhou. Naučili jsme se přinutit různé látky, aby nám samy odpovídaly na otázky, na které chceme znát odpovědi. Vraťme se k železu. Je všeobecně známo, že ve většině případů, kdy dostáváme podobný výsledek, teplo zesiluje chemickou reakci. Chceme-li podrobně a důkladně prozkoumat účinky jedné látky na druhou, zkusíme je obyčejně zahřívát. Znáte již z dřívějšího pokusu, že

rozpálené železné pilinky ve vzduchu výborně hoří. Ale chci vám ukázat ještě jednou podobný pokus, protože nám teď napoví něco o účincích železa na vodu. Zapálím plamen, který je uvnitř dutý, aby měl vzduch co největší přístup. Do tohoto plamene vhodím železné pilinky. Vidíte, jak pěkně hoří. Jejich hoření je výsledkem vzájemného chemického působení vzduchu a zahřátého železa. Teď se pokusíme zjistit, co se děje se zahřátým železem,

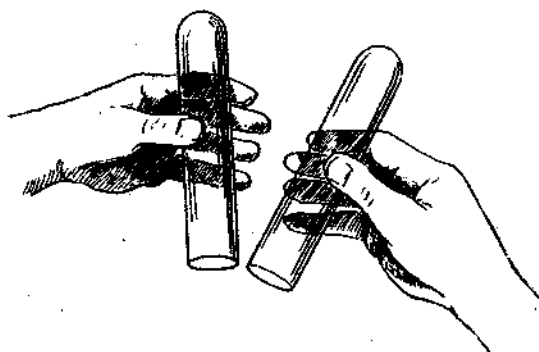


když se setká s vodou. Uděláme si názorný pokus, při němž železo samo odpoví na tuto otázku, a to tak krásně a logicky, že vás to chťej nechtěj zaujme.

Mám zde pec, kterou prochází železná trubka. Naplnil jsem trubku lesklými železnými pilinkami a rozdělal pod ní oheň, aby se pilinky rozzhavily do červena. Trubkou můžeme pouštět vzduch tak, aby přišel do styku s pilinkami, nebo páru, kterou odvádíme z tohoto malého kotlíku na konci trubky. Zde je kohoutek, kterým zatím uzavíráme páře přístup do trubky. Na druhé straně pece je nádoba s vodou, obarvenou na modro, abyste mohli lépe sledovat průběh pokusu. Víte již, že kdybych pustil páru do vody, hned by se srazila, protože pára si při ochlazení nemůže udržet své plynné

skupenství. Vzpomínáte si, že se pára v cínovém válci srazila a že zmenšila svůj objem tak silně, až se stěny válce promáčkly dovnitř, když jsme na ně lili studenou vodu. Pára by se tedy srazila, kdybychom ji pouštěli studenou trubicí. Ale my trubku zahříváme. Budu pouštět páru do trubky v malých dávkách a podle toho, co bude vycházet na druhém konci ven do skleněného válce s obarvenou vodou, posoudíte sami, zda je to táž pára, kterou jsme pouštěli do trubky.

Všimněte si toho, zda se tato látka sráží nebo ne. Víme, že je velmi lehké proměnit páru ve vodu, že stačí pouze snížit teplotu. A zde vidíte, že na-darmo snižují teplotu látky tím, že ji pouštím vodou. Látka se nesráží. Znamená to tedy, že to není již pára, ale nějaký plyn. Abychom poznali



vlastnosti tohoto plynu, provedu s ním jiný pokus. Držím nádobku s plynem dnem vzhůru, aby nám neuletěl, a přiblížím k otvoru oheň. Hleďte! Plyn se vzňal, dokonce s lehkým výbuchem. To je zase důkaz, že to není pára. Pára sama nehoří a plamen hasí, kdežto náš plyn hořel.

Ale tento plyn můžeme vyrobit z kterékoli jiné vody, třeba

z té, kterou bychom získali z plamene svíčky. Jestliže ho vyrábíme působením železa na vodní páru, vypadá železo po pokusu podobně, jako vypadaly pilinky po spálení. Je těžší, než bylo před pokusem, o tom se můžeme přesvědčit vážením. Budeme-li však železo v trubce zahřívát a ochlazovat bez přístupu vzduchu nebo vody, pak se jeho váha nezmění. Proud páry tedy zvětšil váhu železa tím, že prošel přes rozžhavené pilinky. Z toho vyplývá, že železo cosi odebralo od páry a zbytek nechalo odejít v podobě plynu, který jsme získali.

Nyní se již naplnila plynem druhá nádobka, a proto vám mohu ukázat jiný, velmi zajímavý pokus. Jak jste viděli, náš plyn hoří. Mohl bych ho znovu zapálit v této nádobce a ukázat vám, že je hořlavý. Ale pokusím se o něco jiného, jestli se mi to podaří. Je to velmi lehký plyn. Kdyby byla v nádobce pára, dávno by se již srazila. Tato látka bude stoupat vzduchem

a nešrazí se. Vezmu jinou nádobku, v které není nic než vzduch. O tom se můžeme přesvědčit tím, že k otvoru přiblížíme plamen. Vidíte, že zde nic nehoří. Teď vezmu zase první nádobku, naplněnou plynem, a s oběma nádobkami budu zacházet tak, jako by v nich byla velmi lehká látka, která stoupá vzhůru. Budu je držet dnem nahoru a nakloním první z nich tak, aby její obsah mohl uniknout do druhé. Co nyní obsahuje nádobka, v které jsme měli plyn vyrobený párou? Nic než vzduch. Ale podívejte se na druhou nádobku! Hořlavý plyn je nyní zde; vidíte, že ho zapalují. Přelil jsem ho z jedné nádoby do druhé a stále zůstává stejný, nemění svou jakost ani skupenství. Je pro nás tím zajímavější, že je také jedním z produktů, vznikajících při hoření svíčky, jak později uvidíme.

Plyn, který jsme právě vyrobili působením železa na páru neboli na vodu, můžeme získat také s pomocí jiných látek. Hodí se k tomu dobře právě ty látky, které, jak jste viděli, mají na vodu silný účinek. Vezmu-li kousek draslíku a budu-li jím působit na vodu, vyrobím stejný plyn, jestliže při tom učiním opatření, aby plyn předčasně neshořel. Vezmu-li místo draslíku zinek, ukáže se, že zinek nepůsobí na vodu bezprostředně jako ostatní kovy. Při pečlivém zkoumání zjistíme, že je to způsobeno jakýmsi povlakem, který se na zinku vytvoří účinkem vody. Zinek nemůže přes tento ochranný obal působit na vodu. Jestliže však tento povlak rozruším (a abych ho rozrušil, k tomu stačí přilít do vody trochu kyseliny), pak uvidíme, že zinek působí na vodu právě tak jako rozžhavené železo, jenže děj probíhá za obyčejné teploty. Nalévám kyselinu do sklenice s vodou a zinkem. Od zinku začíná cosi stoupat, voda jako by se vařila. Ale není to vaření, při vaření stoupá pára, kdežto zde se vylučuje tatáž látka, kterou jsme získali v předešlých pokusech. Můžeme ji zachytit do obrácené nádoby a přesvědčit se o tom.

Teď se pokusíme vysvětlit si všechny tyto jevy. Jaká je to látka, kterou jsme několikrát způsobem právě vyrobili? Je to plyn a jmenuje se vodík. Patří mezi prvky. Prvkem se v chemii nazývá taková látka, která se již dále nedá chemickou cestou rozkládat na další složky; je to tedy látka prostá, nesložená. Svíčka není vyrobena z prosté látky, protože jsme z ní již dostali uhlík a můžeme z ní získat také vodík — aspoň z vody, jež vznikne hořením svíčky. Název vodík byl tomuto plynu dán proto, že ve spojení s jiným prvkem tvoří vodu.

Můj pomocník naplnil již několik lahví vodíkem z našeho zdroje a já jich použiji k tomu, abych vám ukázal některé zajímavé pokusy. Přál bych si, abyste tyto pokusy pozorně sledovali a naučili se je dělat sami. Ale musíte mi slíbit, že budete všechno provádět přesně tak jako já a že budete postupovat opatrně, protože při neopatrném zacházení může velmi snadno dojít k neštěstí. Čím dále v chemii postupujeme, tím častěji musíme zacházet s nebezpečnými látkami. Kyseliny, hořlaviny a žár, kterého používáme,

mohou v nezkušených nebo v neopatrných rukou způsobit katastrofu. Proto bude nejlépe, když budete pro začátek všechny takové pokusy provádět pod dohledem někoho zkušenějšího.



Chcete-li si vyrobit vodík, musíte k tomu mít vodu, zinek a trochu kyseliny sírové nebo solné. Ukážu vám velmi jednoduchý přístroj, kterému se v dřívějších dobách říkalo „svíčka filosofů“. Skládá se z láhve a zátky, kterou prochází trubička. Do láhve hodím několik kousků zinku. Na tomto přístroji uvidíte, jak je lehké vyrobit si doma vodík a provádět s ním různé pokusy, jestliže vás to zajímá. Nalévám do láhve tolik

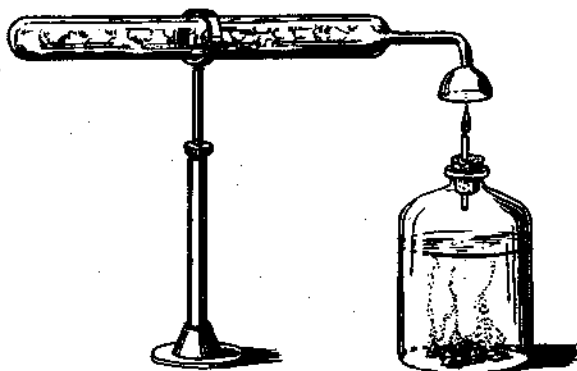
vody, aby byla skoro plná, ale aby v ní přece ještě zůstalo trochu volného místa. Řeknu vám, proč to dělám tak pozorně. Je to z toho důvodu, že plyn, který se bude vyvíjet, je velmi hořlavý a do značné míry i výbušný, je-li smíchán se vzduchem. Kdybyste přiblížili oheň ke konci trubičky dříve, než byl (plynem) vypuzen všechen vzduch z láhve z prostoru nad vodou, mohli byste přijít k úrazu. Teď nalévám do láhve kyselinu sírovou. Použil jsem velmi malého množství zinku a kyseliny, ale velkého množství vody, protože chci, aby náš pokus probíhal delší dobu a aby se plyn nevyvíjel ani příliš rychle, ani příliš pomalu. Vidíte, jak se dá takový chemický proces regulovat použitím vhodně voleného množství látek, které uvádíme do děje.

Vezmu-li sklenici a převrátím ji dnem vzhůru nad koncem trubičky, protože vodík je lehký a ve vzduchu stoupá vzhůru, jsem přesvědčen, že se mi sklenice za chvíli naplní vodíkem. Mohu vám to hned dokázat. Vidíte, jak plyn ve sklenici hoří. Nyní přiblížím plamen ke konci trubičky našeho přístroje. I zde vodík vzplál a nepřestává hořet.

Nuže, uvedli jsme v činnost „svíčku filosofů“!

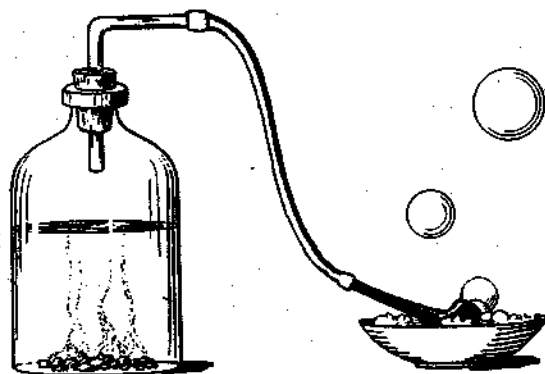
Snad se vám zdá, že je tento plamen směšně slabý a nicotný. Ale je tak horký, že sotva některý jiný plamen vydává takový žár. Dokud naše „svíčka filosofů“ hoří normálně, provedeme s ní několik pokusů, abychom prozkoumali produkty jejího hoření a vyvodili závěry z toho, co zjistíme.

Víme, že obyčejná svíčka produkuje při hoření vodu. Náš plyn — vodík je získán z vody. Podívejme se, co vzniká hořením vodíku, který, jak vidíte, hoří podobným způsobem jako svíčka. Postavíme naši „svíčku filosofů“ pod tento přístroj a v něm shromáždíme všechny produkty



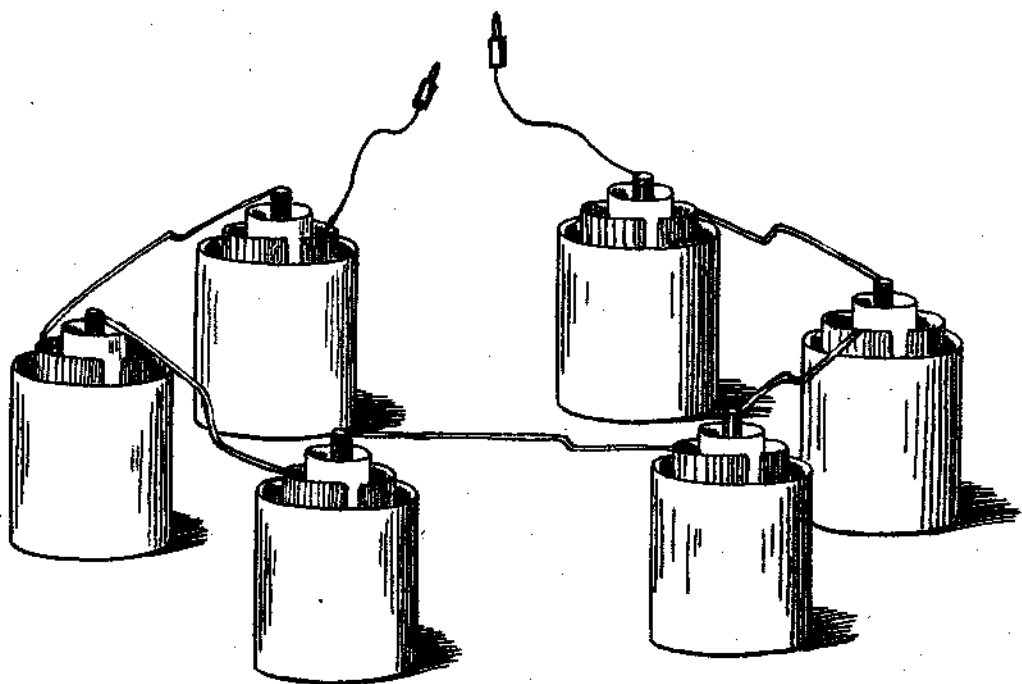
hoření. Vidíte, že se nám po chvíli srazila ve válci rosa a stéká v podobě vodních kapek po stěnách. Tato voda vznikla, jak se jistě sami dovtípíte, hořením vodíku a je úplně stejná jako každá jiná voda.

Vodík je velmi zajímavá látka. Je mnohem lehčí než atmosférický vzduch, takže může zvedat věci do výše. Ukážeme si to pokusem, který si budete moci sami doma vyzkoušet. Vezmeme náš zdroj vodíku a misku s mýdlovou vodou. Na trubičku přístroje nasadíme gumovou hadičku, jejíž druhý konec navlečeme



na špičku lulky. Lulku ponoříme do mýdlové vody a s pomocí vodíku budeme vyfukovat mýdlové bublinky. Víte, že obyčejné mýdlové bublinky, vyfukované ze stébla, klesají k zemi. Ukážeme si rozdíl mezi bublinkami obyčejnými a vodíkovými. Vidíte, jak vodíkové bublinky krásně stoupají až ke stropu? Chápete, jak musí být tento plyn lehký, když zvedá

nejen mýdlovou bublinku, ale i těžkou kapku mýdlového roztoku, která visí na spodku bublinky? Mohu vám ještě lépe dokázat jeho lehkost. S pomocí vodíku se zvedají mnohem větší bublinky než tyto. V dřívějších dobách se jím naplňovaly balony. Sami můžeme naplnit našim vodíkem tento balon z kolloidia.\* Stačí zavést hadičku do balonu, ani nemusíme z balonu příliš pečlivě vypuzovat všechn vzduch. Jsem si jist, že vodík v každém případě balon zvedne. Vidíte, že můj pomocník vypustil do vzduchu dva takové balony. Ale máme zde jiný, mnohem větší balon



z tenké blány, který také naplníme a necháme vzlétnout. Vidíte, všechny tři balony se vznášejí u stropu a budou se držet ve vzduchu tak dlouho, dokud z nich plyn neunikne.

Vodík je velice lehký plyn. Litř vody váží skoro 1000 gramů, kdežto litř vodíku méně než 1/10 gramu. Proti vzduchu je vodík asi čtrnáctkrát lehčí.

\* Kolloidium je roztok nitrované celulosy (celulosy zpracované v kyselině dusičné a kyselině sírové) ve směsi alkoholu a etheru. Těkává směs rozpustitel se odpaří a zůstane neprodyšná, tenká bezbarvá blána. Používá se jí ve fotografickém průmyslu a v chirurgii. Překl.

Při hoření neuvolňuje vodík žádnou látku, která by mohla nabýt pevného skupenství, ať při hoření nebo potom jako produkt hoření. Uvolňuje jen vodu. Vezmeme-li studenou sklenici a přidržíme-li ji nad vodíkovým plamenem, hned nám sklenice zvlhne a voda se v ní bude shromažďovat ve značném množství. Zapamatujte si, že vodík je jediná látka v přírodě, která při hoření neprodukuje nic jiného než vodu.

Teď musíme provést ještě další pokusy a vysvětlit si jejich smysl, abychom se dozvěděli něco o všeobecných vlastnostech vody a o jejím složení. Dříve než zakončíme dnešní přednášku, chci vám dát představu o tom, co je to galvanická baterie a jaké jsou její vlastnosti. Tohoto přístroje totiž použijeme při našich dalších výkladech. Hleděte, mám v rukou konce drátů, které mi umožňují rozvádět energii na místo, kde ji potřebuji. Tou energií budeme příště působit na vodu.

Viděli jsme již, jak intenzivně hoří draslík, zinek nebo železné pilinky. Ale ani jedna z těchto věcí se nemůže vyrovnat záři jiskry, kterou dostanu při dotyku drátů galvanické baterie. Vidíte, jaký blesk proletěl mezi konci drátů! Kdybych s touto energií nesprávně zacházel, mohla by mě v okamžiku zničit. Abyste měli představu o jejím účinku, spojím znovu konce drátů a jiskrou, jež od toho vznikne, spálím železné pilinky. Této energie použijeme příště k rozkladu vody a uvidíme, jaké výsledky dostaneme.

**ROZKLAD VODY ELEKTRINOU**  
**KYSLÍK A JEHO ÚLOHA PŘI HOŘENÍ**  
**DRUHÁ SLOŽKA VODY - KYSLÍK**

---

Vidím, že vás výklady o svíčce dosud neznudily, protože jinak byste ne sledovali celou věc s takovým zájmem. Váš zájem mě opravdu velmi těší.

V minulých přednáškách jsme si ukázali, že se při hoření svíčky tvoří voda. Zkoumáním vody jsme zjistili, že voda obsahuje neobyčejně zájímavý, velmi lehký plyn, nazvaný vodík. Pak jsme poznali, že vodík výborně hoří a že při hoření znovu produkuje vodu. Nakonec jsem vám ukázal přístroj, s pomocí něhož můžeme získat velké množství elektrické energie. Řekl jsem, že použiji této energie k rozkladu vody. Chceme zjistit, co obsahuje voda kromě vodíku.

Abyste poznali, jak je tento přístroj zařízen a jak se ho používá, předvedu vám několik pokusů.

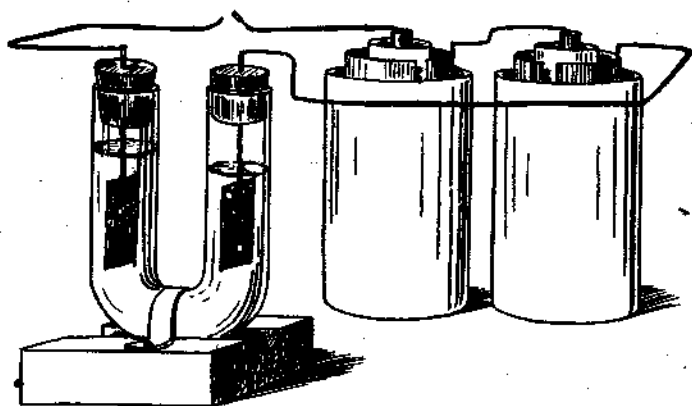
Vezmeme měď a kyselinu dusičnou, která na měď silně chemicky působí. Když ponořím měď do směsi vody a kyseliny dusičné, začnou při tom unikat krásné červenohnědé páry. Ale protože tyto páry jsou nepříjemné a nechceme se dívat jen na ně, podrží můj pomocník na chvílku směr u odtahu, abychom mohli pokračovat v našem pokusu bez nich. Měď se účinkem směsi rozkládá a proměňuje ji v krásnou modrou kapalinu. V této kapalině je pak rozpuštěna měď a ostatní látky. Ukážu vám, jak bude na modrou kapalinu působit galvanická baterie.

Ale dříve si uděláme ještě jiný pokus. Zde vidíte kapalinu, která se podobá čisté vodě a obsahuje jakousi látku dosud nám neznámou. Je to roztok jedné soli. Nalévám ji na list papíru tak, aby byl celý papír smočen. Budeme pozorovat účinky baterie na tento papír. Kladu list papíru nasáklý roztokem na cínovou folii, t. j. kovový plátek tenký jako papír. Tím, že jsme

nalili roztok na papír a papír položili na cínovou folii, nezměnili jsme nijak složení roztoku, aniž jsme na ně nějak zapůsobili.

Dříve než spojíme baterii s listem papíru, přesvědčíme se, je-li náš zdroj elektřiny v pořádku. Spojíme doteky na koncích drátů — póly — platinovým drátkem. Jestliže se nám po zapnutí proudu rozžhavi kousek tenkého platinového drátku, můžeme si být svým pokusem jisti. Vidíte, že se drátek elektrickým proudem rozžhavl.

Vezmeme dvě platinové destičky — elektrody — a položíme je na papír, který jsme polili roztokem. Vidíte, že se vůbec nic neděje. Když destičky



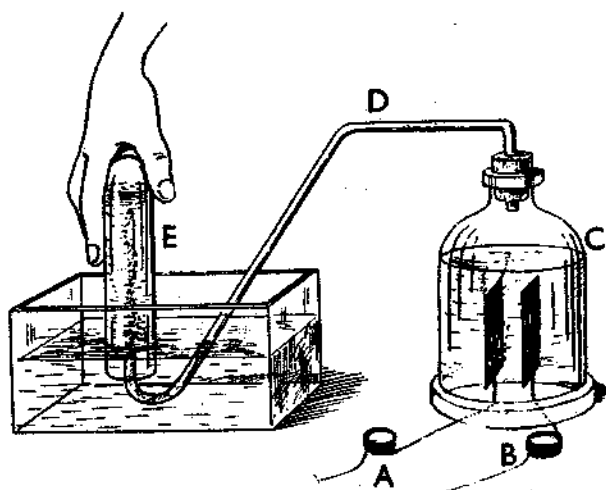
zvedneme, nevidíme na papíře žádnou změnu. Podívejte se, co se stane, když přiložíme k destičkám střídavě jeden nebo druhý pól baterie. Nestalo se nic. Jestliže však přiložíme oba póly současně, hle, jaká podivná změna! Pod destičkami se objevily temně hnědé skvrny. Účinek elektřiny se projevil tím, že jsme vyloučili z roztoku nějakou tmavou látku.\* Myslím, že dosáhneme stejného výsledku, když přiložíme jeden pól k cínové folii, na níž papír leží, a druhý k papíru. Tím způsobem budeme moci psát po papíře bez pera a bez inkoustu. Vidíte, napsal jsem slovo „mládež“. Nuže, neskončil náš pokus skvělým výsledkem?

S pomocí elektrického proudu jsme tedy vyloučili z roztoku hnědou látku. Nyní vezmeme nádobku, kterou drží můj pomocník, a podíváme se, co se z ní dá získat. Jak víte, v nádobce je modrá kapalina, roztok, který

\* Bylo použito roztoku octanu olovnatého, který vylučuje účinkem elektrického proudu na jedné elektrodě olovo a na druhé hnědý kyslíčník olovitý. Překl.

jsme připravili působením kyseliny dusičné na měď, zatím co jsme prováděli pokusy s papírem. Tento poslední pokus dělám s velkým spěchem a možná, že výsledek nebude zcela uspokojivý. Chci kvůli názornosti provádět všechno před vašimi očima, a proto jsem si předem nepřipravil to, čeho je třeba.

Podívejte se sem! Tyto dvě platinové destičky — elektrody — spojíme za chvíli dráty s naší baterií. Pak je ponoříme do nádoby. Tím přivedeme elektrody do styku s roztokem stejně, jako jsme to udělali předtím s roztokem na papíře. Nezáleží



na tom, je-li roztok na papíře nebo v nádobě, důležité je, aby měl styk s elektrodami, tak aby celým okruhem procházel proud. Dokud platinové destičky nejsou spojeny s baterií, nic se neděje. Vidíte, že je možno vytáhnout z roztoku a že jsou stále stejně bílé a čisté, jako byly předtím. Nyní je spojíme

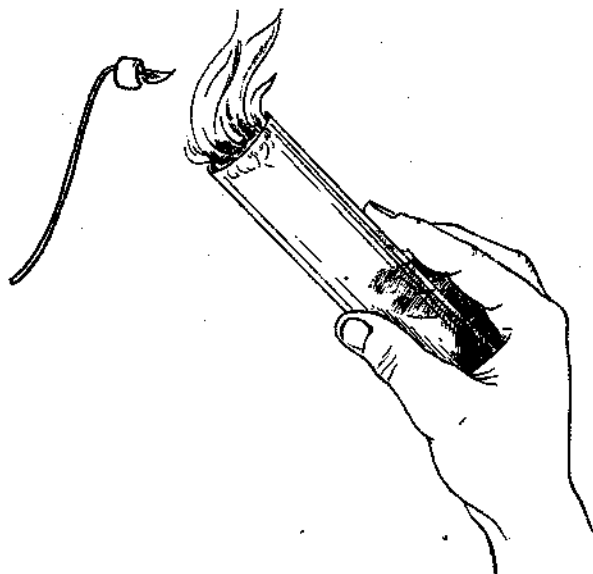
s baterií a necháme proud chvíli působit. Hleďte, co se stalo: jedna z destiček jako by se byla proměnila v měděnou, kdežto druhá zůstala čistá.

Jestliže teď přepojím dráty tak, aby každá destička byla spojena s jiným drátem než předtím, uvidíte, že měď zase přeběhne na druhou destičku. Hle, elektroda, která byla předtím pokryta mědí, je teď úplně čistá! A když vytáhneme druhou elektrodu, předtím čistou, vidíme, že je pokryta vrstvou mědi. Tento pokus nám ukázal, jak můžeme s pomocí našeho přístroje získat zpátky z roztoku tu měď, kterou jsme do něho dali.

Necháme roztok stranou a podíváme se, jak účinkuje baterie na vodu. Použijeme k tomu jiného přístroje. Zde vidíte dvě platinové elektrody, které později spojím s baterií. A zde je nádoba (C), která se dá rozebírat, abyste lépe viděli celé zařízení. Dvě malé mističky (A a B), spojené s elektrodami, naplním rtuť a ponořím do nich konce drátů od baterie.

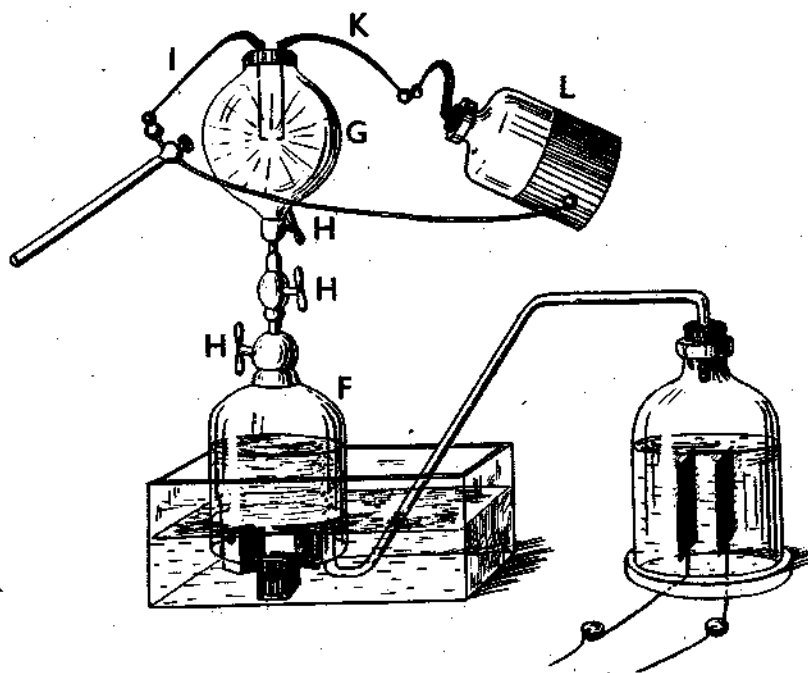
Do nádoby (C) nalévám vodu s malou příměsí kyseliny. (Je to jen pro urychlení účinku proudu, kyselina zůstane při tom beze změny.) K otvoru nádoby připevním ohnutou skleněnou trubicí (D). Dolejší konec trubice ústí pod převrácenou nádobku (E), naplněnou vodou.

Vyzkoušíme účinek našeho přístroje na vodu, která je v nádobě (C). Při jednom z předešlých pokusů jsem pouštěl vodu rozžhavenou trubicí. Nyní pustím elektrický proud vodou, nalitou do této nádoby. Myslíte, že se voda začne vařit? V tom případě, jak víte, bude se proměňovat v páru a pára se po ochlazení srazí zase ve vodu. Proto můžeme snadno poznat, bude-li se voda vařit nebo ne. Možná, že dojde k nějakému jinému jevu, který se vaření jen podobá. Uvidíme. Zapínám proud. Zdá se, že voda začala prudce vřít. Ale je tomu skutečně tak? Přesvědčíme se o tom.



Nádobka (E) se rychle naplňuje párou, je-li skutečně pára to, co uniká z trubice. Z předešlých pokusů víme, že pára nemůže zůstat nad povrchem chladné vody v plynném skupenství, že se hned proměňuje ve vodu. Jestliže plynná látka, kterou se naplňuje naše nádobka (E), zachovává stále své skupenství a nesráží se ve vodu, můžeme z toho usoudit, že to pára není. Bude to bezpochyby nějaký plyn. Je to snad vodík? Ať nám řekne sám, co je zač! Jestliže to je vodík, bude hořet. Hled'te, nejenže hoří, ale také silně vybuchuje. Jenže vodík hoří trochu jiným způsobem. Není-li smíchán se vzduchem, vznítí se bez výbuchu. A přece plamen, kterým hoří náš plyn, je velmi podobný vodíkovému plameni! Přitom je pozoruhodné, že plyn, který jsme vyrobili, může hořet i bez přístupu vzduchu. Tím se podstatně liší od svíčky.

Dokážu vám to ještě jedním přístrojem. Místo otevřené nádoby vezmu uzavřenou. Do této skleněné nádoby (G) jsou zataveny dva platinové drátky (I a K), takže nádobkou může prolétnout elektrická jiskra. Vývěvou vyčerpám z nádoby vzduch. Vyprázdněnou nádobku (G) přišroubuji k láhvi (F), která se plní plynem. Otevřu kohoutky (H, H, H) a podle toho, jak stoupá hladina vody v láhvi (F), vidíte, že se nádobka (G) naplňuje plynem, který jsme vyrobili rozkladem vody baterií. Uzavřu kohoutky, protože je nebezpečné zvětšovat množství plynu; nádobka by se mohla při



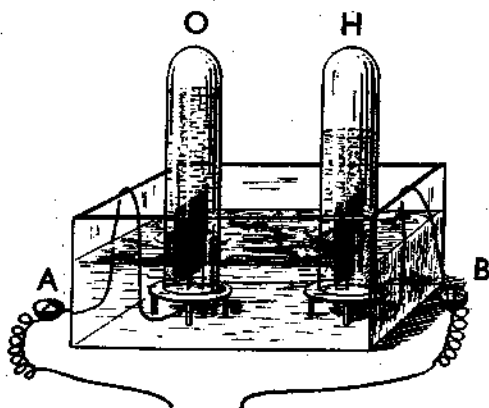
zapálení plynu roztrhnout. Nechám přeskočit jiskru mezi konci platinových drátků (I a K) vybitím leydenské láhve (L). Stěny nádoby (G), které jsou teď úplně čisté a průhledné, po pokusu se zakalí. Neuslyšíme při tom žádný výbuch, protože sklo nádoby je silné. Vytvořím jiskru. Hleďte! Viděli jste to zářivé-světlo? Plyn v nádobce shořel. Zbyla z něho jen mlha na stěnách nádoby. Jestliže znovu přišroubuji nádobku (G) k láhvi (F) a otevřu kohoutky, uvidíte, že plyn z láhve bude zase jako předtím stoupat do nádoby. Plyn v ní totiž shořel a vytvořil se podtlak, který se nová dávka plynu snaží vyrovnat.

Provedeme pokus ještě jednou. V nádobce se znovu vytvořil podtlak, jak můžete soudit podle stoupání hladiny vody. Po každém výbuchu máme tedy prázdnou nádobku, protože plyn, který jsme vyrobili rozkladem vody, vybuchne účinkem jiskry, shoří a promění se ve vodu. Můžeme se o tom přesvědčit: vidíte, že se stěny nádobky postupně víc a více zamlžují. V hořejší části nádobky se usazují kapky vody a začínají stékat dolů.

Při tomto pokusu jsme získali vodu hořením zcela bez účasti vzduchu. Voda získaná z plamene svíčky vznikla částečně za pomoci vnějšího vzduchu. Zde však jsme dostali vodu nezávisle na vzduchu, bez jakékoli součinnosti se vzduchem. Voda tedy musí obsahovat kromě vodíku také onu druhou látku, kterou svíčka při hoření bere ze vzduchu. Tato látka ve spojení s vodíkem tvoří vodu.

Právě před chvílí jsme viděli, jak se nám účinkem baterie usazovala na jedné elektrodě měď. Elektroda ji k sobě přitahovala z modrého roztoku mědi, který jsme předtím připravili. Jestliže baterie má takovou moc, že rozkládá kovový roztok a vylučuje z něho jednu jeho složku, nemohli bychom jí použít k tomu, aby nám rozdělila vodu na dvě její složky a shromáždila každou zvlášť na jiném místě?

Vyzkoušíme to na tomto přístroji. Zde máme elektrody daleko od sebe, každou zvlášť. Jsou postaveny na stojáncích s otvory, aby se každá dala přiklopit nádobkou. Všechno, co bude při rozkladu od elektrod unikat, zachytíme do oddělených nádobek. Viděli jste, že jsme rozkladem vody získali látku plynnou, nikoli páru. Dostaneme tedy na elektrodách dva plyny. S jedné strany lázně přivádím jeden konec drátu (A), s druhé strany druhý (B). Teď spojíme dráty s baterií, to znamená, že pustíme vodou elektrický proud. Vidíte, jak hned od každé elektrody začaly stoupat vodou bublinky plynu! Tyto bublinky zachytíme do nádobek a prozkoumáme. Vezmeme skleněný válec (O), naplníme jej vodou a přiklopíme jím elektrodu spojenou s jedním drátem (A). Pak vezmeme jiný válec s vodou (H) a postavíme ho nad elektrodu spojenou s druhým drátem (B). Tím jsme dostali dvojité



přístroj a každá jeho část vyrábí samostatně plyn. Oba válce se naplňují plynem. Ale vidíte, že se pravý válec (H) naplňuje velmi rychle, kdežto levý (O) pomaleji.

V pravém válci (H) se zachycuje dvakrát více plynu než v levém válci (O). Oba plyny jsou bezbarvé. Drží se nad vodou a nesrážejí se. Na pohled se zdají úplně stejné. Nyní je můžeme prozkoumat a poznat jejich vlastnosti. Začnu s pravým válcem (H). Jistě velmi brzy poznáte, že je v něm vodík.

Vzpomeňte si na všechny vlastnosti tohoto plynu: je velmi lehký, udržuje se v nádobce obrácené dnem vzhůru, hoří bledým plamenem. Podívejme se, má-li plyn ve válci (H) tyto vlastnosti. Vidíte, že se nám udržel v obrácené nádobě a že hoří bledým plamenem. Je to skutečně vodík.

Ale jakou látku obsahuje druhý válec? Víme, že spolu s vodíkem vytvořila tato látka před chvílí výbušnou směs. Dále víme, že je to druhá složka vody a že to tedy musí být právě tato látka, která umožňuje vodíku hořet v uzavřené nádobě, při čemž jako produkt hoření vzniká voda. Zkusíme tuto látku zapálit. Vložím do válce (O) hořící třísku. Vidíte, že plyn sám nehoří, ale zato velmi silně hoření podporuje. Tříska v něm hoří mnohem lépe než na vzduchu. Takovou vlastnost má tedy látka, která je obsažena ve vodě jako její druhá složka. A tuto látku odebírá svíčka ze vzduchu, když při hoření produkuje vodu. Jak tento plyn nazveme? A, B nebo C? Nejlépe bude, když ho nazveme „kyslík“, protože se tak skutečně jmenuje, a označíme ho písmenem O.\*

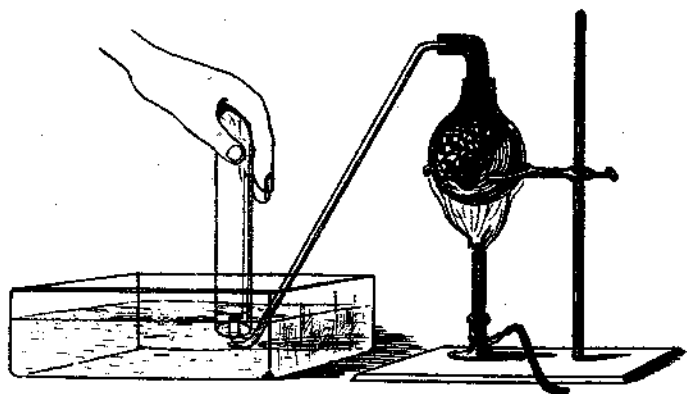
Nyní víme, že voda obsahuje kromě vodíku ještě kyslík, který tvoří její podstatnou část. Už budeme mnohým věcem lépe rozumět a brzy poznáme, proč svíčka hoří ve vzduchu.

Když jsme s pomocí elektřiny rozložili vodu na její složky, dostali jsme dva díly vodíku a jeden díl kyslíku — jiného plynu, v němž vodík hoří. Váhový poměr těchto složek vody však je docela jiný než poměr jejich objemů. Na naší tabulce je uveden poměr vah obou plynů pro 100 g vody:

Kyslík .....	88,9 g
Vodík .....	11,1 g
Voda .....	<u>100,0 g</u>

\* Kyslík, latinsky oxygenium, chem. značka O; vodík, hydrogenium, chem. značka H; odtud značka vody H<sub>2</sub>O. Uhlík, carboneum, má značku C; dusík, nitrogenium, značku N. Překl.

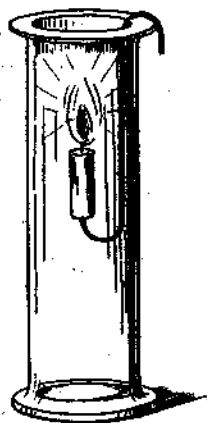
Ale snad bude lépe, když vám povím něco o tom, jak můžeme vyrobit kyslík ve větších množstvích. Viděli jste, jak se získává z vody. A jistě se dohadujete, že kyslík existuje také ve vzduchu. Jinak bychom si nemohli vysvětlit, proč svíčka při hoření dává vodu. Kdyby kyslík ve vzduchu nebyl, nemohli bychom vodu tímto způsobem získat. Znáám několik složitých a obtížných způsobů, jak se dá získat kyslík ze vzduchu. Ale my si ho vyrobíme jinak, jednodušeji. Mám zde látku, která se nazývá burel (kysličník mangančitý). Je to minerál černé barvy, velmi užitečný. Když se silně nahřeje, uvolňuje kyslík. Dáme trochu burelu do železné nádoby — retorty,



k níž je připevněna trubka. Retortu postavíme nad oheň. Je udělána ze silného železa a může vydržet velký žár. Vezmu ještě tak zvanou Bertholletovu sůl (chlореčnan draselný), které se užívá při ohňostrojích, k bělení a k výrobě různých chemikálií a léčiv. Smíchám tuto sůl s burelem (mohli bychom stejně dobře použít kysličníku měďnatého nebo železitého), postavím retortu nad líhový plamen a dostanu ze směsi kyslík. Nemusím ani retortu zahřívat do červena. Vyrobíme kyslíku jen trochu, protože ho mnoho nepotřebujeme. Vidíte, jak lehko se plyn vylučuje z nepatrného množství směsi.

Tak jsme si ukázali již druhý způsob výroby kyslíku. Vyzkoušíme vlastnosti plynu, který jsme vyrobili. Trochu kyslíku musíme nechat z retorty uniknout, protože první dávka je ještě smíchána se vzduchem z retorty a z trubice. To by skreslovalo výsledky našich pokusů. V této nádobce máme již plyn čistý. Vidíte, že se jeho vlastnosti úplně shodují s plynem,

který jsme získali rozkladem vody. Je také bezbarvý, nerozpouští se ve vodě a na pohled se ničím neliší od vzduchu. Poznali jsme již, že kyslík vyrobený rozkladem vody podporuje hoření dřeva a jakékoli jiné hořlavé látky. Proto můžeme očekávat, že stejnou vlastnost bude mít i tento kyslík. Vyzkoušíme to. Zde je vosková svíčka, která hoří dobře i na vzduchu. V kyslíku vytvoří ještě mnohem jasnější plamen. Hleďte, jak krásně hoří!



Kromě toho můžete zpozorovat ještě jednu vlastnost kyslíku. Vidíte, že nádobku s kyslíkem nadržím dnem vzhůru. Je to těžký plyn, kdežto vodík byl velmi lehký a stoupal vzduchem rychleji než balon. Váha jednoho litru vodíku činí 0,089 g, váha stejného objemu kyslíku však 1,43 g. Z toho si můžeme snadno vypočítat, že kyslík je šestnáctkrát těžší než vodík.

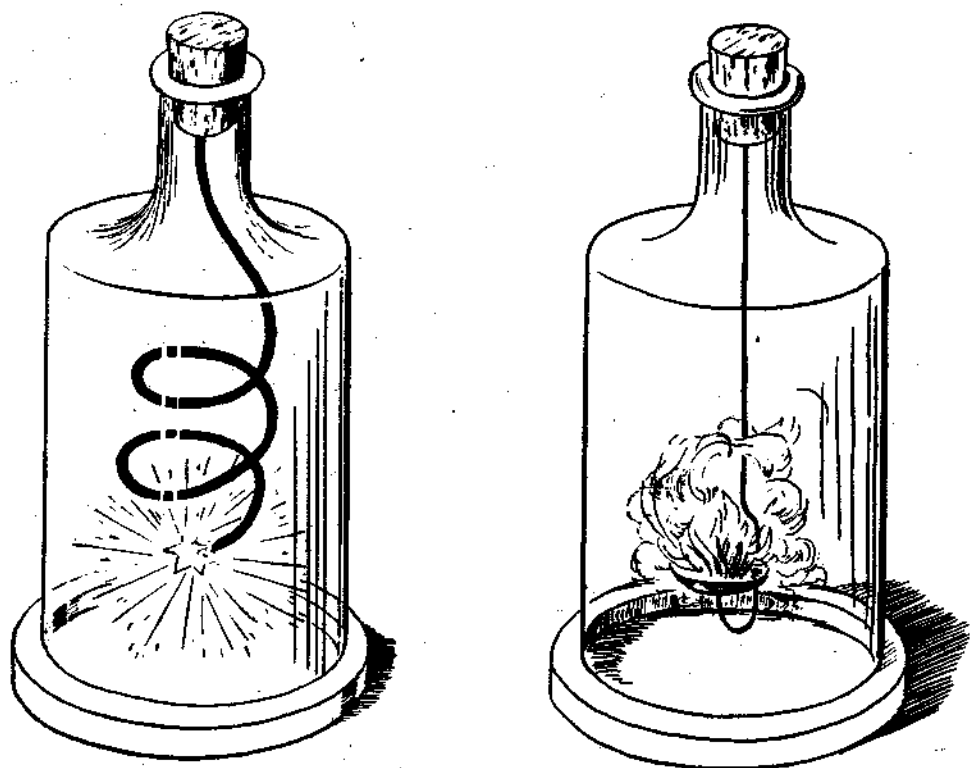
Ale vraťme se k vlastnosti, kterou kyslík oplývá, že totiž podporuje hoření. Viděli jste, že v kyslíku dává svíčka skoro tak jasné světlo, jaké vzniklo od jiskry galvanické baterie. Z toho můžete usoudit, jak silně podporuje kyslík hoření. Avšak produkty hoření jsou tytéž, jako když svíčka hoří ve vzduchu. Stejným způsobem se zde tvoří voda a celý průběh hoření je úplně stejný.

Když jsme trochu poznali vlastnosti kyslíku, pustíme se do důkladnějšího zkoumání této nové látky. Seznámíme se tím blíže s jednou složkou vody, produktu hoření svíčky. Vysvětlíme si také podivuhodnou vlastnost kyslíku, že podporuje hoření. Síla, jakou kyslík podporuje hoření, je přímo úžasná. Vezměme na příklad lampu. Chcete-li, aby lépe svítila, můžeme to velmi snadno udělat. Jestliže svíčka v kyslíku tak dobře hoří, uvidíme totéž jistě i u lampy. Vyzkoušíme to tak, že zavedeme konec trubice od našeho zdroje kyslíku k plameni lampy, kterou schválně nechávám hořet velmi špatně.

Hleďte, k lampě přitéká proud kyslíku a plamen se okamžitě jasně rozhořívá! Jestliže přestanu plamen takto „přikrmovat“, hned zase pohasne. Kyslík však podporuje nejen hoření lampy nebo svíčky, vodíku nebo uhlíku, nýbrž všech hořlavých látek vůbec. Vyzkoušíme účinek kyslíku na železo, které, jak jsme viděli, hoří na vzduchu jen ve zvláštním případě. Vezmeme láhev s kyslíkem a obyčejný železný drát. Kdybych vzal tyč, sil-

nou jako moje ruka, hořela by v kyslíku stejně dobře. Přivazuji k železu kousek dřívka, zapaluji jej a spouštím do láhve s kyslíkem. Dřevo hoří tak, jak dřevo v kyslíku hořet musí. Ale brzy od něho chytí i železo. Hleďte! Železo krásně hoří a bude hořet tak dlouho, dokud bude v láhvi kyslík nebo dokud celý drát neshoří.

Nechme železo a podívejme se na jinou látku. Mám zde kousek síry. Víte, že síra ve vzduchu hoří. Nuže, ponoříme ji do kyslíku a uvidíme, že



všechny látky, které hoří ve vzduchu, hoří mnohem lépe a intenzivněji v kyslíku. To vás může přivést k myšlence, že vzduch sám podporuje hoření jenom proto, že obsahuje kyslík. Je tomu skutečně tak.

Síra hoří v kyslíku velmi klidně; ale na první pohled vidíte, že je to mnohem intenzivnější hoření než na vzduchu. Teď vezmeme jinou látku — fosfor. Tento pokus vám nedoporučuji provádět doma. Fosfor je velmi hořlavá látka, a jestliže tak dobře hoří ve vzduchu, co můžeme očekávat

v kyslíku! Nemohu vám ukázat celý jev v plné síle, protože by nám to roztrhlo láhev. Nejsem si ani teď jist, zda nepraskne, přes všechnu mou opatrnost. Vidíte, jak fosfor jasně hoří na vzduchu. Ale co je to proti oslepujícímu světlu, kterým září, když ho ponořím do kyslíku. Zde jste viděli, jak dovedou tuhé částičky v plameni jasně zazářit.

Nyní prozkoumáme účinky kyslíku na vodík. Víte, že když jsme zapálili směs vodíku a kyslíku, získanou rozkladem vody galvanickou baterií, nastal malý výbuch. Pamatujete se také, že když jsme zapálili hořák se smíšeným proudem vodíku a kyslíku, dostali jsme velmi málo světla, ale zato silný žár.

Zapálím oba plyny, smíšené v poměru, v jakém se vyskytují ve vodě. Zde v nádobě mám směs, připravenou z jednoho dílu kyslíku a ze dvou dílů vodíku. Je úplně shodná s plynem, který jsme vyrobili účinkem baterie na vodu. Ale směsi je trochu mnoho, abych ji mohl zapálit najednou. Budu z ní vyfukovat bublinky podobně jako jsme to dělali u vodíku. Bublinky pak budu zapalovat, abyste viděli, jak kyslík podporuje hoření vodíku. Nejprve zkusím, zda se nám bublinky podaří. Výborně! Zde je prvá. Podržím ji na dlani. Snad se vám zdá, že si při tomto pokusu počínám trochu divně, ale chci vám ukázat, že nesmíme dát vždycky jen na hluk a rámus, nýbrž spíše na skutečná fakta. Ostatně rámusu nebude mnoho, avšak názornost pokusu tím nijak neutrpí. Vidíte, bublinky vybuchují na mé dlani. Nezapalují je přímo od lulky, protože výbuch by se mohl přenést do nádoby se směsí a roztrhnout ji na kusy. Z našeho pokusu vidíte, že se kyslík slučuje s vodíkem neobyčejně ochotně a rychle, dokonce s výbuchem.

Myslím, že již chápete všechnu souvislost mezi vznikem vody při hoření a přítomnosti kyslíku ve vzduchu.

Proč draslík rozkládá vodu? Protože ve vodě nachází kyslík. Co se při tom uvolňuje? Uvolňuje se vodík, který se hned vznítí, kdežto kyslík z vody se slučuje s draslíkem. Draslík odnímá z vody též kyslík, který naše svíčka při hoření odnímá ze vzduchu.

Jestliže položíme kousek draslíku na led, draslík se vznítí a bude hořet i na ledě. Vytvoří při tom jakousi maličkou sopku. Ukážu vám tento pokus, abych rozšířil vaše obzory v těchto věcech a abyste viděli, jak silně okolnosti mění výsledek. Hleďte! Led je zde látkou, kterou zapalujeme jinou látkou.

Dnes jsem vám předvedl dosti neobvyklé a nebezpečné jevy, které se mohou někdy při hoření vyskytnout, abych vám v příští přednášce dokázal, že k žádnému z nich nikdy nedojde — ať při hoření svíčky, paliva v kamnech nebo při osvětlování našich ulic plynem — pokud nepřekročíme zákony, jež nám sama příroda dává, abychom se jimi řídili.



**KYSLÍK VE VZDUCHU. DUSÍK A JEHO VLASTNOSTI**  
**TLAK VZDUCHU A PRUŽNOST VZDUCHU**  
**DALŠÍ PRODUKTY HOŘENÍ SVÍČKY**  
**KYSLIČNÍK UHLIČITÝ A JEHO VLASTNOSTI**

Při naší poslední přednášce jsme se přesvědčili, že můžeme rozložit vodu, získanou z plamene svíčky, na vodík a kyslík. Vodík se při tom uvolňuje ze samé hmoty svíčky, a pokud jde o kyslík, musili jsme zatím jen předpokládat, že je odebírán ze vzduchu.

Ale může vás napadnout otázka: Jak to, že vzduch a kyslík nepodporují stejně silně hoření svíčky? Jistě si pamatujete, že svíčka hořela v kyslíku mnohem jasněji než na vzduchu. Čím si vysvětlíme tento rozdíl? Je to velmi zajímavá otázka a vynosnažím se, abych vám ji důkladně objasnil, protože souvisí s vlastnostmi vzduchu, které jsou pro nás neobyčejně důležité.

Vezmeme nádobu s kyslíkem. Že je tam kyslík, o tom se přesvědčíme tím, že do nádoby ponoříme doutnající třísku. Víte již, že se tříska jasně rozhoří. Vskutku, tříska se rozhořela, v nádobě je tedy kyslík. Teď přejdeme k druhému pokusu, velmi užitečnému a zajímavému. Vezmu dvě skleněné nádoby, naplněné různými plyny. Nádoby jsou spojeny tím, že jsou přiloženy otvory k sobě. Aby se plyny nesmísily, je mezi nádoby vsunuta skleněná destička. Jestliže tuto destičku vyjmu, plyny se hned smísí. Co se při tom stane? Začne směs hořet? Nezačne, ale uvidíte, že kyslík přece jen nějak prozradí svou přítomnost, když přijde do styku s druhým plynem. Vidíte, jaký krásný červený plyn jsme dostali ve spojené nádobě!\*

\* Přítomnost kyslíku lze takto zkoušet kysličníkem dusnatým. Kysličník dusnatý je bezbarvý plyn, který se slučuje s kyslíkem na kysličník dusitý — červený plyn. Přečt.

Nyní uděláme jiný pokus tím, že smícháme náš zkušební plyn se vzduchem. Zde jsou dvě nádoby; v jedné je vzduch — takový, že v něm může hořet svíčka, v druhé je kysličník dusnatý — týž plyn, který jsme brali k předešlému pokusu. Spojuji obě nádoby a vidíte, že se zkušební plyn mísí se vzduchem a dostáváme tentýž výsledek. To nám dokazuje přítomnost kyslíku ve vzduchu, tak jako jsme předtím dokázali přítomnost kyslíku ve vodě, třeba ve vodě z plamene svíčky. Ale nehledě na to, proč přece jen svíčka hoří ve vzduchu hůře než v kyslíku? Hned vám to vysvětlím.

V těchto dvou skleněných nádobách, které mají úplně stejný objem, jsou uzavřeny plyny. Na pohled jsou naprosto stejné, takže teď vůbec nevím, v které nádobě je vzduch a v které kyslík. Víím jen to, že nádoby byly těmito plyny naplněny. Vedle toho zde mám náš zkušební plyn a chci prozkoumat, nebude-li nějaký rozdíl ve zbarvení, až smíchám vzduch nebo kyslík se zkušebním plynem.

Vpouštím plyn do jedné z nádob a vidíte, že se její obsah hned zbarvil sytým červeným tónem. To znamená, že v této nádobě byl kyslík. Teď provedu totéž s druhou nádobou. Podívejte se: její obsah se také zbarvil, ale červená barva je bledší. V pokuse můžeme pokračovat a odhalíme při tom velmi zajímavý úkaz. Do první nádoby přidám trochu vody a smísím plyn s vodou tím, že je důkladně protřepu. Hleďte, voda pohltila červenou barvu! Přidám znovu zkušební plyn. Znovu dostáváme červenou směs, kterou opět odbarvíme vodou. To můžeme opakovat tak dlouho, dokud bude v nádobě aspoň trochu kyslíku.

Něco jiného uvidíme, když provedeme stejný pokus s druhou nádobou — se vzduchem. Zde také voda pohlcuje červený plyn, ale když budeme v pokusu pokračovat, přesvědčíme se, že nadejde okamžik, kdy zkušební plyn už nebude dále zbarvovat plyn v nádobě. Čím si to vysvětlíme? Zřejmě tím, že se již spotřeboval všechn kyslík, který byl obsažen ve vzduchu, a že v nádobě zůstal ještě nějaký jiný plyn, který se nezbarvuje při styku se zkušebním plynem.

Teď již snadno pochopíte, co mi ještě zbývá říci. Když jsme spalovali ve vzduchu fosfor pod skleněným zvonem, viděli jste, že se vytvořil dým od sloučení fosforu s kyslíkem ze vzduchu. Při tom však značná část vzduchu zůstala nedotčena, stále ve formě plynu. Nyní jsme získali ze vzduchu

jakousi látku, na kterou nepůsobí zkušební plyn. Je to také plyn, ale neúčinkuje na něj ani fosfor, ani zkušební plyn, a proto to nemůže být kyslík. Při tom víme, že je tento plyn součástí vzduchu.

To byl jeden způsob, jak od sebe oddělit součásti vzduchu — kyslík, bez něhož by nehořely svíčky, fosfor a ostatní věci, a druhý plyn, dusík, který není schopný udržovat hoření. Ve vzduchu je dusíku mnohem více než kyslíku. Je to také pozoruhodná látka. Ale možná, že řeknete, že vás vůbec nezajímá, protože se nijak nezúčastňuje hoření. Jestliže se pokusím zapálit dusík hořící trískou, nevznítí se jako sodík, ani nebude zesilovat hoření třísky jako kyslík. Ať se snažíme jak chceme, nebude hořet a nenechá hořet ani třísku. Za obvyklých podmínek v dusíku vůbec nic nehoří. Dusík je plyn bez zápachu a bez chuti, ve vodě se nerozpouští. Není ani kyselý, ani zásaditý. Na všechny naše orgány působí velmi slabě. Mohli byste tedy říci: „Není to prostě nic. Nestojí za pozornost chemiků. Proč vůbec ve vzduchu je?“

A právě tato poslední otázka je neobyčejně závažná a prozkoumáme ji s největší pozorností. Představte si, co by se s námi stalo, kdyby vzduch místo směsi kyslíku s dusíkem obsahoval jenom kyslík. Pamatujete se, jak shořel železný drát, když jsme ho zapálili v nádobě s kyslíkem? Víte, co by se stalo s našimi železnými kamny, kdybychom v nich rozdělali oheň? Shořely by dříve než uhlí, protože železo hoří v kyslíku lépe než uhlí. Oheň, rozdělaný v peci lokomotivy, by byl ohněm ve skladišti paliva, rozhořel by se v ohromný požár. Ale na štěstí dusík zmenšuje účinky kyslíku, odstraňuje všechno nebezpečí, a tím pro nás zvyšuje užitečnost kyslíku. Navíc nás ještě zbavuje dýmu, který, jak jste viděli, vzniká při hoření svíčky a jiných látek. Dusík rozptyluje dým do celé atmosféry a přenáší ho tam, kde koná člověku neobyčejně platné služby tím, že dává potravu rostlinnému světu.

Vidíte, že je pro nás dusík také velmi důležitý, ačkoli se nám z počátku zdálo, že nestojí za pozornost. Za obvyklého stavu je dusík neúčinný prvek. Téměř vůbec se neslučuje s ostatními složkami vzduchu, na příklad s kyslíkem. Jen velmi silným účinkem elektrické energie můžeme dosáhnout, aby se přímo sloučil s jinými látkami, a to ještě jen v nepatrné míře. Je to naprosto neutrální, možno říci neškodná a bezpečná látka.

Ale dříve než budeme pokračovat ve výkladech o dusíku, musím vám

řící ještě několik podrobností o atmosféře, jejíž jednou složkou je právě dusík. Zde vidíte tabulku složení vzduchu, sestavenou pro sto dílů vzduchu:

	Objem. dílů	Váh. dílů
Kyslík .....	21	23
Dusík .....	79	77
Vzduch .....	100	100

Takové je složení vzduchu, aspoň pokud jde o množství kyslíku a dusíku.\* Z naší tabulky vidíme, že v pěti dílech vzduchu jsou asi čtyři díly dusíku a jen jeden díl kyslíku. Toto složení dostatečně oslabuje účinky kyslíku, takže svíčka normálně hoří a naše plíce mohou dýchat vzduch beze škody na zdraví. Jak správné dýchání, tak správné hoření závisí stejným způsobem na množství kyslíku ve vzduchu.

Ale vraťme se ke zkoumání složení vzduchu. Nej-

dříve určíme váhu jednotlivých složek. Litř dusíku váží 1,25 g; stejný objem kyslíku váží 1,43 g. Z toho vidíte, že kyslík je těžší než dusík. Častokrát jste se mě ptali, jak můžeme plyny vážit. Nyní vám to vysvětlím. Je to velmi jednoduché.

Vezmeme přesné váhy a měděnou láhev, co možná nejlehčí, ale přitom dostatečně pevnou. Láhev je opatřena na hrdle kohoutkem, kterým se dá neprodyšně uzavírat, a závitem k našroubování na různé přístroje. Nyní je kohoutek otevřen a láhev je naplněna vzduchem. Mé váhy jsou velmi citlivé; položím otevřenou láhev na jednu misku a závaším na druhé misce přesně vyváším rovnováhu. Nyní spojím láhev s hustilkou a napumpuji do láhve dostatečné množství vzduchu. Udělal jsem dvacet zdvihů.

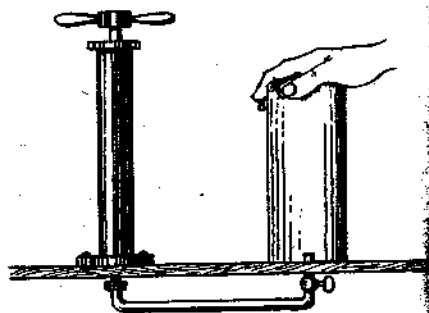
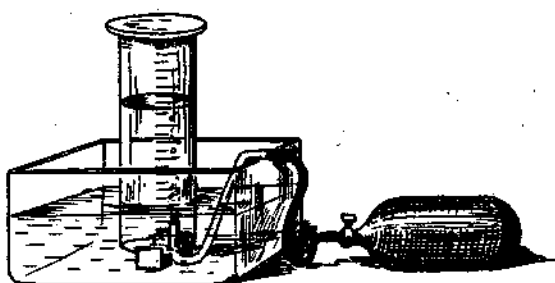
Uzavřeme kohoutek a znovu položíme láhev na váhy. Vidíte, že miska s lahví klesla. Láhev je nyní těžší. Čím se její váha zvětšila? Vzduchem,

\* Vzduch obsahuje vedle kyslíku a dusíku ještě také v nepatrné míře vzácné plyny (helium, argon, krypton), dále velmi malé množství kyslíčnatku uhličitého a vodní páry. Překl.



který jsme do ní nahustili. Objem vzduchu zůstal týž, ale váha se zvětšila, protože jsme vzduch stlačili a uzavřeli do láhve větší množství, než tam bylo předtím. Zvětšili jsme tlak vzduchu. Ale jak zjistíme, kolik vzduchu je v láhvi? A kolik by ho bylo, kdyby nebyl stlačen? Víte, že jsem udělal dvacet zdvihů hustilkou; je tedy v láhvi navíc asi dvacetinásobek obsahu hustilky. Jenže tohle měření by nebylo přesné. Můžeme to provést daleko lépe jinak.

Vezmeme tuto skleněnou válcovou nádobu, na které máme v dílcích označen obsah. Naplníme ji vodou a postavíme ve vaně s vodou dnem vzhůru. Pak do nádoby zavedeme hadičku od měděné láhve a otevřeme kohoutek. Stlačený vzduch bude unikat do skleněné nádoby a vytlačí z ní právě tolik vody, kolik vzduchu jsme přidali stlačením do měděné láhve. V měděné láhvi i ve skleněné nádobě musí být nyní stejný tlak vzduchu,



právě takový, jaký působí na hladinu vody ve vaně. O tom se můžeme přesvědčit. Uzavřeme kohoutek láhve a znovu ji položíme na váhy. Misky jsou v rovnováze. Z toho vidíme, že v láhvi je normální množství vzduchu, právě tolik, kolik tam bylo dříve, a je tam tedy také normální tlak. Nyní odečteme na dílcích skleněné nádoby objem vzduchu, který jsme vážili.

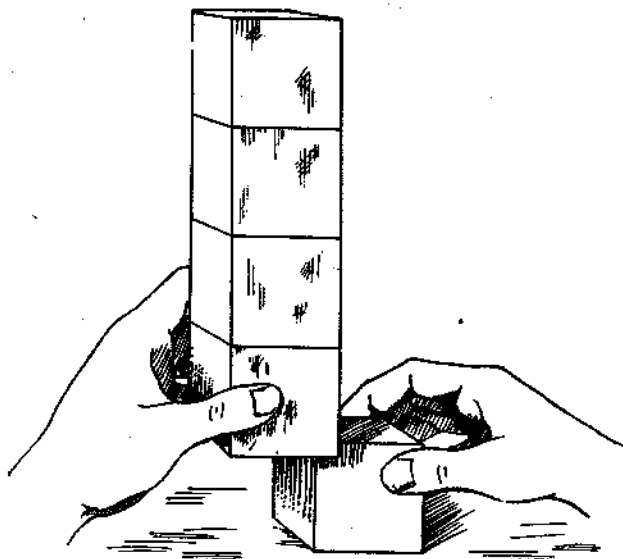
Rozdíl mezi váhou láhve se stlačeným vzduchem a s nestlačeným vzduchem nám ukáže, kolik vážil změřený objem vzduchu. Tím způsobem můžeme zvážit vzduch a vůbec každý plyn. Tak bylo zjištěno, že jeden litr vzduchu váží 1,29 g.

Ale náš malý pokus nám ještě nedává představu o tom, kolik váží vzduch ve větších množstvích. Kolik myslíte, že váží vzduch v této bedně? Půl kilogramu, o nic méně. Vypočítal jsem také váhu vzduchu v této poslu-

chárně. Bude se vám to zdát neuvěřitelné, ale je to více než jedna tuna. Nyní, když máte jakousi představu o váze vzduchu, vysvětlíme si, jaký vliv má tato váha na různé jevy. Nejlépe to vynikne na pokusech.

Vyzkoušíme třeba účinky této pumpy, podobné hustilce z posledního pokusu. Spojíme pumpu s nádobou, jejíž otvor mohu zakrýt dlaní. Vidíte, že zatím dělám rukou pohyby úplně volně, aniž se setkávám s nějakým odporem vzduchu. Jestliže však zakryjeme rukou otvor nádoby a vyssáme z nádoby trochu vzduchu, zůstane k ní naše ruka jako přibita. Vidíte, že mohu s nádobou zvednout celý přístroj, tak pevně drží. Proč nemohu ruku odtrhnout? Protože ruce brání váha vzduchu, který je nad ní a tlačí na ni. Ukážu vám jiný, ještě názornější pokus. Jestliže vyssávám pumpou vzduch z láhve, která je neprodyšně ovázaná papírem, vidíte, že se papír prohýbá dovnitř láhve víc a více, až nakonec praskne.

Nuže, to je způsobeno jediné vahou vzduchu, který tlačí na papír. Brzy poznáte, v čem celý tento jev záleží. Vrstvy vzduchu jsou v atmosféře na sobě nakupeny jedna na druhou, leží na sobě právě tak, jako na sobě leží těchto pět kostek. Snadno pochopíte, co se stane, jestliže vyjmu spodní kostku, to jest tu, na které stojí všechny ostatní. Zbylé kostky se budou snažit klesnout dolů a musím je přidržet, aby nespadly. Stejně tak je tomu se vzduchem. Hořejší vrstvy leží na spodních, a jakmile se dole odebráním plynu (nebo vzduchu) vytvoří podtlak, tlačí se tam okolní vzduch vahou horních vrstev. Pak dojde k témuž jevu, jaký jste viděli, když jsem položil ruku na otvor nádoby, z níž jsme potom vyčerpali vzduch. Podobně tomu bylo s lahví ovázanou papírem.



Provedeme si ještě jednou tento poslední pokus. Otvor láhve převážu gumovou blanou. Vyssávám vzduch z láhve. Gumová blána tvoří přehradu mezi vzduchem uvnitř láhve a vnější atmosférou. Vidíte, že se tlak vnější atmosféry projevuje úměrně s tím, jak pracuje pumpa. Hledíte, guma se tak silně prohnula do láhve, že tam mohu strčit ruku! Také tento jev je způsoben vahou vnějšího vzduchu. Na tomto pokusu to vidíte obzvlášť názorně.

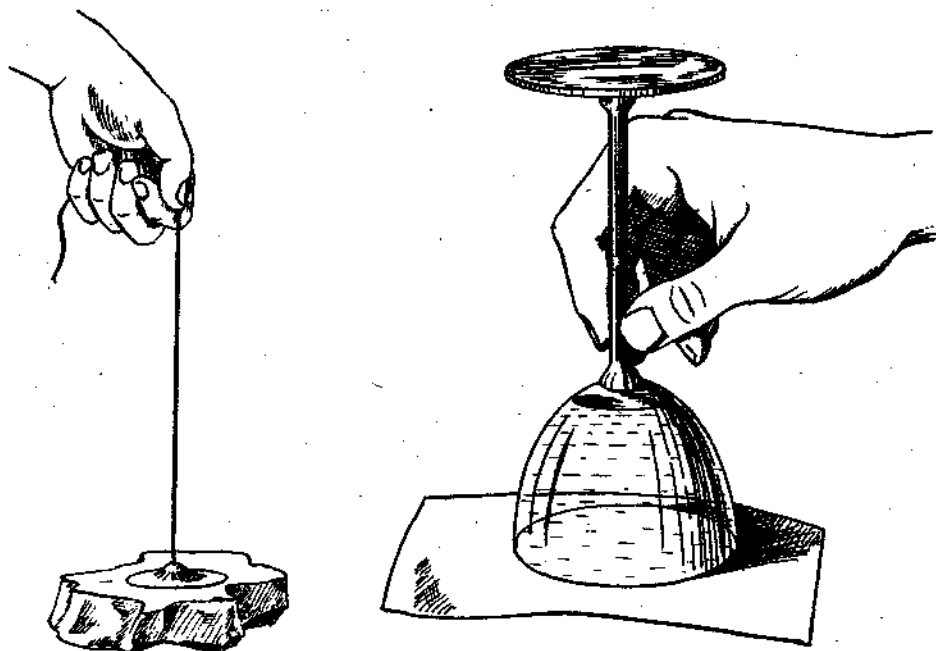
A zde je něco, na čem můžete změřit své síly. Je to malý přístroj, který se skládá ze dvou dutých mosazných polokoulí. Okraje polokoulí k sobě těsně přiléhají. K jedné polokouli je přidělána trubička s kohoutkem. Tru-



bičku můžeme spojit s pumpou; obě polokoule přiložíme k sobě a vyčerpáme z nich vzduch. Dokud byl uvnitř koule vzduch, daly se obě polokoule bez námahy od sebe oddělit. Nyní je nikdo z nás od sebe neodtrhne. Kdyby byl z koule vyčerpán všechen vzduch, pak by na každý čtvereční centimetr jejího povrchu tlačil vzduch silou 1,03 kg, protože tlak se šíří ve vzduchu (a v plynech vůbec) všemi směry. Po přednášce si zkuste, máte-li dost sil, abyste překonali tlak vzduchu.

Ale mám zde jinou věc, která vás bude bezpochyby také zajímat. Je to hračka, vynalezená nějakým záčkem, a já jsem ji zdokonalil. Možná, že ji už dávno znáte. Není to nic jiného než kolečko kůže s provázkem uprostřed. Jestliže kůži navlíhčíme, přilne k různým předmětům. Když zařáhneme za provázek, vytvoří se pod kůží prostor, v kterém není skoro žádný vzduch (panuje tam silný podtlak); a tlak vnějšího vzduchu přitiskne okraje kůže k předmětu, na kterém kůže leží. Kdo zná tuto hru, ví, že se takovým kouskem kůže dají zvedat kameny. Mám zde podobné hračky, jenže nejsou udělány z kůže, ale z mírně vyduťté gummy. Přiklepnu jedno z těchto gumových koleček na stůl. Vidíte, jak se ke stolu pevně přisálo. Mohu kolečko posunovat po stole sem a tam, ale když je chci zvednout, zdá se, že za sebou potáhne celý stůl. Teprve když kolečko posunu k okraji stolu, aby pod ně mohl vniknout vzduch, odlepi se od stolu. Čím si to vysvětlíme? Je to zase tlak vzduchu, který přitiskne

kolečko ke stolu. Ale gumový kroužek se přilepí také, když ho jen hodím. To je způsobeno tím, že při dopadu na stůl pružný kroužek vytlačí pod sebou trochu vzduchu, a pak se vyklene do svého původního tvaru. Pod kroužkem vznikne zase podtlak a vnější tlak vzduchu přimáčkne kroužek ke stolu. Jestliže přitiskneme k sobě dvě taková kolečka, přilepí se k sobě



velmi pevně. Podobných koleček se může používat k zavěšování různých předmětů na stěnu nebo na sklo. Pověsíte tak bez háčku cokoli na stěnu nebo na strop, a za celé týdny vám to nepadne.

Přejdeme k jinému pokusu, založenému na účinku atmosférického tlaku. Budete jej moci lehko doma opakovat. Vezmeme k pokusu pohár vody. Jistě byste se velmi podivili, kdybych vás požádal, abyste pohár obrátili dnem vzhůru tak, aby se při tom voda nevylila, s podmínkou, že vodu v poháru nezadržíte rukou, ale čistě tlakem vzduchu. Dovedli byste to udělat? Nalijeme do poháru vodu, buď až po okraj, nebo jen do poloviny; přiklopíme otvor kartičkou rovného papíru a převrátíme pohár dnem vzhůru. Vidíte, že se voda nevylila! Vzduch nedovolí vodě, aby se vylila, a sám nemůže vniknout dovnitř, protože voda ovlhčila papír a ten těsně přilnul

k okrajům poháru. Tlak uvnitř poháru i mimo něj je v rovnováze. Kdyby kapalina chtěla poklesnout trochu níže, začal by se v poháru tvořit podtlak a vnější tlak vzduchu by ihned přitiskl papír silněji k okrajům poháru.

Myslím, že všechny tyto pokusy vám daly již představu o tom, co se nazývá hmotností vzduchu. Když jsem vám řekl, že tato bedna obsahuje půl kilogramu vzduchu a že vzduch v naší posluchárně váží více než jednu tunu, jistě jste si hned představili, že vzduch je něco velmi hmotného. Ale ukážu vám ještě jeden příklad, z něhož bude hmotnost vzduchu patrna daleko výrazněji. Je to pokus s bouchačkou, který jistě dobře znáte.

Vezmeme nějakou trubičku a jeden její konec zazátkujeme tím způsobem, že trubičkou vyřízneme v bramboru nebo v jablku trochu dřevě — kuličku k vystřelení. Podobně vpravíme zátku do druhého konce, takže mezi zátkami je uzavřen vzduch. A nyní, ať se snažíme jakkoli, nepodaří se nám žádnou mocí přiblížit kuličky až k sobě. Můžeme je sice trochu přiblížit, ale jestliže pak ještě dále stlačujeme vzduch mezi nimi, přední kulička vyletí tlakem vzduchu jako z pušky mnohem dříve, než se k ní druhá může přiblížit. Účinek střelného prachu v pušce je ve skutečnosti založen na podobném úkazu.

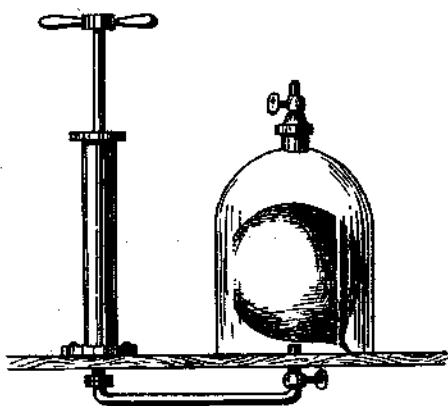
Nedávno jsem viděl pokus, který se mi velmi zalíbil, a hned jsem se rozhodl použít ho při našich přednáškách. Jenže dříve než začnu pokus provádět, měl bych asi na pět minut přestat mluvit, protože úspěch pokusu závisí na síle mých plic. Chci totiž pomocí svého dechu zvednout vejce z jednoho pohárku a přenést je do druhého. Za úspěch neručím, protože jsem nyní dlouhou dobu mluvil a unavil jsem se.

Hleďte, přece se mi to podařilo! Vzduch, který vyfukuji, prochází mezi vejcem a kalíškem a tlačí na vejce zespodu tak silně, že může zvednout i těžkou věc. A plné vejce je pro vzduch velmi těžká věc, má-li ji zvednout. Budete-li chtít tento pokus doma opakovat, myslím, že se vám to po určitém cviku podaří; jenom vám radím, abyste k tomu brali vejce uvařená na tvrdo.

Hovořili jsme již dosti dlouho o váze vzduchu. Nyní přejdeme k jiné jeho vlastnosti. Když jsem dělal pokus s trubičkou a bramborovými zátkami, pozorovali jste, že jedna zátka pronikla do trubičky asi tak deset — dvacet milimetrů, dříve než druhá zátka vyletěla. To je způsobeno pruž-

nosti vzduchu. A tatáž vlastnost vzduchu nám umožnila vtlačit hustilkou vzduch do měděné láhve.

Pružnost je u vzduchu pozoruhodná vlastnost. Předvedu vám ji ještě na jednom velmi pěkném pokusu. Vezmu k tomu gumový balónek, který může dobře udržovat vzduch uvnitř a zároveň se snadno roztahuje a smršťuje, takže z toho budeme moci posoudit pružnost vzduchu. Napumpujeme do balónku trochu vzduchu a pevně zavážeme krček balónku. Nyní položíme balónek pod skleněný zvon, z něhož budeme pumpou vyssávat vzduch. Jakmile začnu vyčerpávat vzduch ze zvonu, balónek se začne rozpínat a bude stále větší a větší, až vyplní celý zvon. Ale sotva vpustím do zvonu vnější vzduch, balónek se zase smrští do původní velikosti. To je přesvědčivý důkaz podivuhodné vlastnosti vzduchu — pružnosti, neboli schopnosti smršťovat se a roztahovat. Tato vlastnost je neobyčejně důležitá a musíme ji dobře pochopit, chceme-li porozumět všem funkcím vzduchu v přírodě.



Nyní se budeme zabývat jednou z nejdůležitějších stránek našeho bádání. Když jsme pozorovali hoření svíčky, objevili jsme, že při tom vznikají různé produkty. Pamatujte se, že jsme získali saze, vodu a ještě jednu věc, dosud nám neznámou. Vodu jsme zachytili, ale ostatní produkty hoření se rozptýlily ve vzduchu. Nyní se pokusíme sebrat a prozkoumat tyto ostatní produkty.

Postavíme svíčku na stojánek a přiklopíme ji skleněným zvonem, z něhož vyčnívá skleněná trubička jako komínek. Doufám, že svíčka nezhasne, protože jsme zajistili přístup vzduchu zdola i shora.

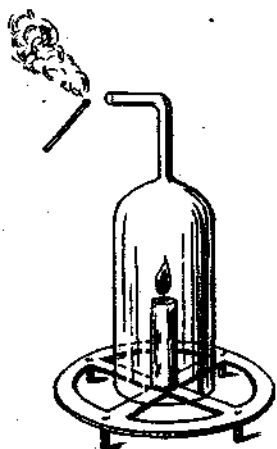
Začneme s pokusem. První, co pozorujete, je rosa, která se srazila uvnitř na stěnách zvonu. Víme již, že je to voda, jež se tvoří při hoření svíčky účinkem vzduchu na vodík, uvolněný z hmoty svíčky. Ale kromě toho ještě něco vyletuje z trubice. Není to ani voda, ani pára, ale nějaký plyn. Má neobyčejně podivnou vlastnost. Hned uvidíte, že látka, která uniká nahore

z trubičky, může uhasit plamen. Hleďte, přiblížil jsem ke komínku hořící sirku a ona zhasla!

Možná, že řeknete, že vás to nijak nepřekvapuje. Myslíte si asi, že plyn, který uchází, je dusík — a dusík nehoří a jiná látka v něm také nemůže hořet. Ale není to něco jiného než dusík?

Musím trochu předběhnout a použít svých znalostí k tomu, abych vám ukázal, jak se dají tyto věci zjistit a jak se zkoušejí plyny podobné našemu.

Vezmu prázdnou lahvičku, a když ji podržím tak, aby do ní ústil komínek zvonu, zachytím do ní plyn, který dole uniká z plamene svíčky. Brzy poznáme, že plyn v lahvičce je nejen neschopný podporovat hoření, ale že má také ještě jiné zvláštní vlastnosti.



Vezmeme trochu nehaseného vápna a nalijeme na ně vodu. Pak budeme asi minutu nebo dvě směs míchat, přelijeme ji přes filtrační papír a dostaneme úplně čistou, průhlednou kapalinu. Mám této kapaliny větší zásobu v jiné láhvi, ale kvůli názornosti použiji raději té, kterou jsem právě vyrobil před vašimi očima. Jestliže naliji tuto vá-

pennou vodu, která, jak vidíte, je úplně čirá a průhledná, do lahvičky s plynem, zpozorujete hned, jaká změna nastane. Vidíte, jak se voda zakalila a zbělela jako mléko? To by se nemohlo stát, kdyby byl v lahvičce jenom vzduch. Hleďte, nalévám vápennou vodu do lahvičky, kde je jen vzduch, a voda se nezakaluje. Ani kyslík, ani dusík ve vzduchu obsažený na ni nepůsobí. Zůstává průhledná, ať jí třepu jak chci. Ale sotvaže vápenná voda přijde do styku s produkty hoření svíčky, hned dostane barvu mléka. Je to způsobeno tím, že vápno obsažené v roztoku slučuje se s onou látkou, která vznikla hořením svíčky, s látkou, po které my nyní pátráme.

Jestliže necháme zakalenou vápennou vodu ustát, usadí se na dně lahvičky bílý prášek. Tento bílý prášek se velmi podobá křídě, a když ho podrobně prozkoumáme, zjistíme, že to skutečně není nic jiného než křída.

Nuže, křída se vytvořila sloučením produktu hořící svíčky — jakési neznámé látky — s vápennou vodou. Ale naši neznámou látku — plyn — můžeme získat také jiným způsobem. Všechny odrůdy vápence obsahují

v sobě mnoho takového plynu. Je obsažen v lasturách korýšů, v mořských korálech, v křidě atd.

Můžeme ho vyrobit z mramoru. Vezmeme nádobu s nevelkým množstvím kyseliny solné. Abyste se přesvědčili, že v nádobě není kromě kyseliny nic jiného než obyčejný vzduch, ponořím do nádoby hořící třísku. Vidíte, že tříska hoří — od povrchu kyseliny až k okrajům nádoby. Není tam tedy nic jiného než čistý vzduch. Teď do nádoby spustíme několik kousků mramoru. Vidíte, že směs začala jakoby vrít. Stoupá od ní něco jako pára. Ale není to pára, nýbrž plyn, který se uvolňuje z mramoru u dna nádoby. Jestliže teď ponořím do nádoby hořící třísku, stane se s ní totéž, co se stalo se sirkou u komínku skleněného zvonu, pod nímž hořela svíčka. Vidíte, že tříska zhasla. Tímto způsobem můžeme získat veliké množství našeho nového plynu, který se nazývá kysličník uhličitý.

Kysličník uhličitý není obsažen jenom v mramoru. Vezmeme druhou nádobu a dáme do ní obyčejnou křidu,\* pouze vypranou ve vodě a zbavenou všech přímíšenin. V této podobě se křida používá ke štukatérským pracím. V nádobě je tedy křida s vodou a zde ve skleničce máme silnou kyselinu sírovou.

Budete-li pokus opakovat, vezměte k tomu právě kyselinu sírovou. Účinkem této kyseliny na křidu dostáváme totiž nerozpustnou ssedlinu, kterou bychom při použití kyseliny solné nedostali, protože kyselina solná křidu rozpouští. Jistě se zeptáte, proč jsem vzal k pokusu tak velkou nádobu. Prostě proto, abych vám ukázal ve velkých rozměrech to, co si potom můžete opakovat v malých rozměrech. Nyní uvidíte tentýž jev jako předtím. Vzájemným působením kyseliny sírové a křidy se uvolní kysličník uhličitý, který má úplně stejné vlastnosti s plynem, jenž se vytvořil hořením svíčky ve vzduchu. Nezáleží na tom, jak byl vyroben. Uvidíte, že kysličník uhličitý je vždycky stejný, ať ho získáme odkudkoli.

Prozkoumáme podrobněji vlastnosti tohoto plynu. Zjistíme, zda hoří nebo ne, právě tak, jako jsme zkoušeli ostatní plyny. Potvrdí se nám jenom to, co již víme, že sám nehoří a hoření nepodporuje. Víme také, že se celkem nerozpouští ve vodě, protože jej můžeme lehko udržovat nad hladinou vody. Dále je nám známo, že se ve vápenné vodě vytvoří bílá sraženina,

\* Naše křida k psaní bývá často ze sádrovce (síranu vápenatého), který se v solné kyselině popsáním způsobem nerozpouští. Red.

smíchá-li se vápenná voda s kyslíčnickem uhličitým. A konečně víme, že právě v tomto případě dostáváme z kyslíčnicku uhličitého uhličitán vápenatý čili křídou.

Nejdříve si ukážeme, že se kyslíčnick uhličitý ve vodě přece jen trochu rozpouští, čímž se liší od kyslíku a vodíku. Jednoduchý přístroj nám pomůže kyslíčnick uhličitý rozpustit.

Na dně dvojité nádoby je ve spodní části mramor s kyselinou a v hořejší části studená voda. Přístroj je zařízen tak, že plyn může unikat záklopkami ze spodní části do hořejší. Vidíte, že bublinky plynu stoupají vodou na její povrch. Přístroj byl celou noc v činnosti a doufám, že část kyslíčnicku uhličitého se již stačila rozpustit. Přesvědčíme se o tom tím, že nalijeme do sklenice trochu vody z našeho přístroje a ochutnáme ji. Voda má nakyslou chuť, to znamená, že je již nasycena kyslíčnickem uhličitým.\* Dokážeme to ještě jistěji, když přidáme do sklenice trochu vápenné vodý. Vidíte, že se voda zakalila a zbělela vytvořenou sraženinou. To znamená, že ve vodě byl skutečně kyslíčnick uhličitý.

Kyslíčnick uhličitý je velmi těžký plyn, těžší než atmosférický vzduch. Litr kyslíčnicku uhličitého váží 1,97 g. Na této tabulce jsou uvedeny váhy všech plynů, které jsme dosud poznali, abyste je mohli srovnat:

	Váha 1 litru
Vodík .....	0,089 g
Dusík .....	1,25 g
Vzduch .....	1,29 g
Kyslík .....	1,43 g
Kyslíčnick uhličitý ...	1,97 g

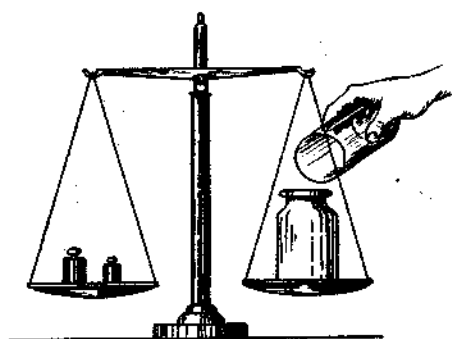
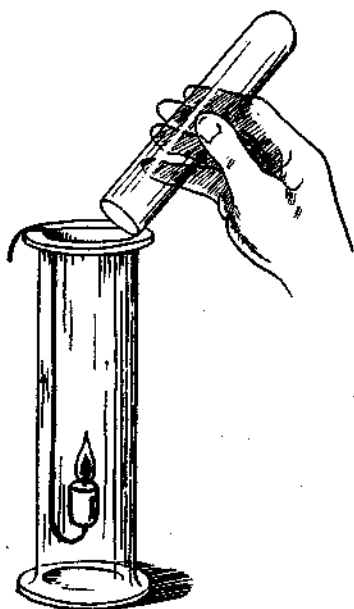
Na několika pokusech si můžeme snadno ukázat, jak je kyslíčnick uhličitý těžký. Vezmeme sklenici, v které není nic jiného než vzduch, a pokusíme se nalít do ní trochu kyslíčnicku uhličitého z jiné sklenice. Nemůžeme vidět, zda se neviditelný plyn přelil nebo ne. Přesvědčíme se o tom, když do sklenice ponoříme hořící svíčku nebo když přidáme trochu vápenné vody. Vidíte, že se plyn skutečně přelil. Nyní vezmu toto malé věděčko a ponořím je do nádoby s kyslíčnickem uhličitým. Je-li v nádobě kyslíčnick uhličitý, musím jej věděčkem nabrat jako vodu. Vidíte, že se to zase oběma zkouš-

\* Také sodovka je voda nasycená kyslíčnickem uhličitým. Red.

kami potvrzuje, vědérko je plné kysličníku uhličitého.

Ale kysličník uhličitý můžeme přímo vážit. Na jednu misku vah dáme prázdnou nádobu a na druhou takové závaží, aby byla rovnováha. Do nádoby nalijeme kysličník uhličitý a miska s nádobou klesne. Mýdlová bublina, naplněná vzduchem, bude plavat v kysličníku uhličitém. Vezmu malý balónek z kolloidia, naplněný vzduchem. Nevím přesně, kam až sahá hladina kysličníku uhličitého v nádobě. Nyní to poznáme. Vidíte, balónek plave na povrchu plynu a stoupá podle toho, jak dolévám kysličník uhličitý do nádoby. Hle, nádoba je skoro plná. Nyní se podíváme, bude-li v ní plavat také mýdlová bublinka. Podívejte se, plave téměř uprostřed nádoby, vznáší se jako balon, protože je v ní vzduch, který je lehčí než kysličník uhličitý.

Nyní víte, že při hoření svíčky vzniká kysličník uhličitý, znáte jeho fyzikální vlastnosti a váhu. V příští přednášce vám povím, z kterých prvků se skládá a odkud se tyto prvky berou.



**DŘEVĚNÉ UHLÍ NEBO UHLÍK  
SLOŽKY KYSLIČNÍKU UHLIČITÉHO. SVÍTIPLYN  
OBDOBA MEZI DÝCHÁNÍM A HOŘENÍM SVÍČKY  
ZÁVĚR**

---

Dříve než budeme pokračovat v našich výkladech, chci vám ukázat krásné japonské svíčky, které jsem dostal od jedné své posluchačky. Vidíte, že jsou ještě mnohem ozdobnější než francouzské svíčky. Na první pohled můžeme usoudit, že jsou to přepychové věci. Kromě toho mají tyto svíčky ještě jednu pozoruhodnou zvláštnost: dutý knot, podobný knotu znamenité Argandovy lampy. Hmota, z níž jsou svíčky vyrobeny, má tu vlastnost, že časem na povrchu ztratí lesk a její vzhled je matný a mdlý. Ale stačí vzít kousek plátěného nebo hedvábného hadříku, přetřít jím trochu povrch svíčky a všechny barvy zase ožijou v plné své nádheře. Vyleštil jsem jednu z těchto svíček a vidíte ten ohromný rozdíl. Všimněte si také toho, že svíčky vyrobené v Japonsku mají mnohem výraznější tvar kužele než naše evropské.

V minulé přednášce jsme hovořili o kysličníku uhličitým. Shledali jsme, že kysličník uhličitý, získaný z plamene svíčky, zakaluje vápennou vodu. Slučuje se s hašeným vápnem v roztoku a tím vzniká jakási vápenná hmota, která je obsažena také v ulitách, v korálech a v mnoha kamenech a minerálech na zemi. Dosud jsme však nehovořili o chemickém složení kysličníku uhličitého. Budeme se tím zabývat nyní.

Když jsme poznali, které látky vznikají při hoření svíčky, zkoumali jsme jejich vlastnosti. Prozkoumali jsme vodu a zjistili jsme, z kterých prvků se skládá. Nyní potřebujeme zjistit, z kterých prvků se skládá kysličník uhličitý a odkud se tyto prvky berou. K tomu stačí několik pokusů.

Vzpomínáte si, že špatně hořící svíčka čadí, kdežto správně hořící svíčka nevydává vůbec žádný čmoud nebo saze. Víte také, že jasnost a záře plamene je způsobena právě těmito sazemi — drobnými částicemi uhlíku, jež v plameni hoří.

Nyní si provedeme pokus, který nám to dokáže s konečnou platností. Zapálím látku, jež hoří trochu zvláštním způsobem. Je to terpentín. Namočím v něm hubku a zapálím ji. Vidíte, že od hubky stoupá veliké množství kouře a rozptýluje se ve vzduchu. A právě z tohoto kouře vzniká kysličník uhličitý, týž, jaký jsme dostali při hoření svíčky. Abych vám to dokázal, vložím hořící hubku do láhve s kyslíkem. Vidíte, že všechen dým zmizel. Jak se to stalo? Uhlík, který se uvolňuje z plamene terpentínu, shořel beze zbytku v kyslíku, jinými slovy, uhlík se sloučil s kyslíkem na kysličník uhličitý, který nevidíme.

Tento jednoduchý pokus je poněkud hrubého zrna, ale udělal jsem ho proto, abych vám tím nejjednodušším způsobem umožnil sledovat výklad.

Z našeho pokusu můžeme vyvodit závěr, že uhlík, když hoří ve vzduchu nebo v kyslíku, vytváří kysličník uhličitý; částice uhlíku dodávají plameni jasnost a shoří v něm, jestliže je při tom zajištěn přístup dostatečného množství vzduchu; je-li však vzduchu, to jest kyslíku, málo a všechen uhlík se nestačí spálit, plamen čadí, neboli zbývá a uniká nespálený uhlík.

Pokusíme se prozkoumat podrobněji vznik kysličníku uhličitého. Pro větší názornost udělám několik pokusů. Vezmeme láhev naplněnou kyslíkem a uhlí, rozpálené v tyglíku do červena. Láhev musí být úplně suchá. Upozorňuji vás, že pokus nebude zcela dokonalý, protože chci, aby byl lehce pochopitelný.

V tyglíku mám tlučené dřevěné uhlí. Vidíte, jak hoří na vzduchu, když ho trochu usypu. Nyní toto práškové uhlí spálím v kyslíku. Pozorujte rozdíl při hoření. Na dálku se vám asi zdá, že hoří plamenem. Ale není tomu tak. Každá částice uhlí hoří jako malá jiskra, a když takto hoří, produkuje kysličník uhličitý. Chci vám těmito několika pokusy ukázat právě to, o čem budeme hovořit podrobněji dále, totiž že uhlík nehoří plamenem.

Vezmu místo uhelného prášku větší kousek uhlí, abyste viděli jeho rozměry a tvar. Umožní vám to lépe pozorovat průběh hoření. Zde je zase láhev s kyslíkem a tady mám kousek dřevěného uhlí, k němuž jsem při-

pevnil malé dřívko, aby se od něho uhlí lépe vznalo. Zapálím dřívko a spustím uhlík (dřevěné uhlí) do láhve s kyslíkem.

Vidíte, že uhlí hoří, ale nikoli plamenem. Jestliže tam vypadá něco jako plamen, je to docela nepatrný pláminek, který vznikl tím, že se na povrchu uhlí vytvořilo trochu hořlavého plynu — kysličníku uhelnatého. Uhlí hoří dál bez plamene a produkuje při tom kysličník uhličitý, který vzniká sloučením uhlíku (nebo dřevěného uhlí, což je totéž) s kyslíkem.

Vezmeme jiný kousek dřevěného uhlí, vyrobeného ze stromové kůry. Toto uhlí při hoření vybuchne a rozsype se. Účinkem žáru se kousek uhlí rozpadne na drobné částičky, které odletí pryč. A přece každá částička, právě tak jako celá hmota, bude hořet tímto způsobem, to znamená bez plamene. Pozorujete spoustu malinkých jiskřiček, ale žádný plamen. Neznám žádný jiný pokus, který by lépe a názorněji dokazoval, že uhlík hoří jiskrou.

A také zde jsme dostali kysličník uhličitý sloučením jeho prvků. Vznikl v okamžiku. Jestliže ho přezkoušíme vápennou vodou, zjistíme, že máme touž látku jako předtím. Jaké je vlastně složení kysličníku uhličitého?

Sloučíme-li 6 dílů (co do váhy) uhlíku — nezáleží na tom, je-li to uhlík z plamene svíčky nebo z práškového dřevěného uhlí — se 16 díly kyslíku, dostaneme 22 dílů kysličníku uhličitého. Víme již, že kysličník uhličitý se slučuje s vápnem a tvoří uhličitán vápenatý neboli křidu. Křida se skládá z 22 dílů kysličníku uhličitého a z 26 dílů vápna. Kdybyste zkoumali složení lastury ústřice a vážili jednotlivé složky, shledali byste, že na každých 50 dílů lastury připadá 6 dílů uhlíku, 16 dílů kyslíku a 28 dílů vápna. Ale nebudu vás unavovat těmito podrobnostmi. Věnujme se raději zkoumání základních vlastností kysličníku uhličitého.

Hleďte, s jakou obdivuhodnou pravidelností hoří tento kus dřevěného uhlí v kyslíku! Lze říci, že se dřevěné uhlí v kyslíku doslova rozpouští. A kdyby to byl úplně čistý uhlík, nezůstal by po něm vůbec žádný zbytek, vůbec žádný popel. Uhlík hoří jako pevná hmota, samotný žár nemůže změnit jeho skupenství. A přece pak uniká do vzduchu jako plyn, který nikdo za normálních podmínek nepromění ani v pevnou, ani v kapalnou látku. A co je ještě podivuhodnější — kyslík nevětší svůj objem tím, že v sobě rozpustí uhlík. Jaký objem měl předtím, právě takový má potom — jenom se při tom promění v kysličník uhličitý.

Kysličník uhličitý je sloučenina vzniklá z uhlíku a kyslíku. Měli bychom tedy umět rozložit tuto složenou látku na její prvky. A skutečně to také dovedeme. Můžeme rozložit kysličník uhličitý na jeho dvě složky právě tak jako vodu. Nejjednodušší a nejrychlejší způsob je působit na kysličník uhličitý nějakou látkou, která z něho bude odebírat kyslík a zanechávat uhlík.

Pamatujete se, jak jsem rozkládal draslíkem vodu nebo led? Tento kov dovedl oddělovat kyslík od vodíku. Zkusíme udělat totéž s kysličníkem uhličitým. Víte, že kysličník uhličitý je velmi těžký plyn. Nebudu jej tentokrát zkoušet vápennou vodou, protože by to vadilo při našich dalších pokusech. Doufám, že váha plynu a schopnost zhášet plamen postačí k důkazu totožnosti. Možná, že kysličník uhličitý uhasí i fosfor — a vy víte, že fosfor hoří velmi dobře. Vezmeme kousek silně zahřátého hořícího fosforu a ponoříme jej do kysličníku uhličitého. Vidíte, že fosfor přestal hořet. Na vzduchu se zase sám vznítí a pokračuje v hoření, protože zde nachází dostatek volného kyslíku, kterého se mu v kysličníku uhličitém nedostávalo.

Nyní vezmeme kousek draslíku. Draslík působí na kysličník uhličitý i za normální teploty. Ale jeho účinek je při tom skoro neznatelný, protože se draslík při obyčejné teplotě rychle pokrývá ochranným povlakem. Ale jestliže zahřejeme draslík do té míry, aby hořel na vzduchu, bude hořet i v kysličníku uhličitém. Víme, že draslík odebírá při hoření kyslík z prostředí, které ho obklopuje. Bude-li tedy draslík v kysličníku uhličitém hořet, znamená to, že odebere kyslík, a my pak uvidíme, co z kysličníku uhličitého zůstane. Budu tedy spalovat draslík v kysličníku uhličitém, abych vám dokázal, že v kysličníku uhličitém je přítomen kyslík. Někdy se vyskytnou — jako se nám právě stalo — takové podivné kousky draslíku, které při zahřívání vybuchují. Proto se pokus musí dělat opatrně.

Beru jiný kousek hořícího draslíku a spouštím ho do nádoby s kysličníkem uhličitým. Vidíte, že v něm draslík nepřestává hořet. Nehoří sice tak dobře jako na vzduchu, protože v kysličníku uhličitém je kyslík vázán, ale přece jen hoří a odebírá kyslík.

Jestliže teď ponořím tento kousek draslíku do vody, vytvoří se kromě roztoku potaše\* usazenina z trochy uhlíku. Tak jsme dostali z kysličníku

\* Potaš je uhličitán draselný, jehož složení (z drasla a kysličníku uhličitého) můžeme dobře srovnat se složením uhličitana vápenatého (z vápna a kysličníku uhličitého). Překl.

uhličitého uhlík, který se nám zde projevil v podobě dobře známé černé hmoty — uhlí.

Nemusíme tedy již pochybovat o složení kysličníku uhličitého. Přesvědčili jsme se, že se skládá z kyslíku a uhlíku. Dodám ještě to, že při hoření uhlíku za obyčejných podmínek vždycky a nutně vzniká kysličník uhličitý.

Nyní vezmu kousek dřeva a ponořím ho do láhve s vápennou vodou. Ať protřepávám v láhvi vodu se vzduchem a dřevem jak chci, vápenná voda se mi nezakalí a nezbělí. Ale co se stane, jestliže spálím kousek dřeva v láhvi nad vápennou vodou? Víte, že při hoření dřeva dostanu vodu. Ale dostanu také kysličník uhličitý? Vyzkoušíme to. Vidíte, že ano. V láhvi se vytvořil uhličitán vápenatý, který vznikl ve vápenné vodě účinkem kysličníku uhličitého. Ale kysličník uhličitý sám musel vzniknout hořením uhlíku. Dřevo tedy obsahuje uhlík a uvolňuje ho při hoření.

Jistě jste již sami častokrát dělali pokus, který pěkně ukazuje přítomnost uhlíku v dřevě. Vezmete-li třísku, necháte-li ji trochu ohořet a pak plamen zhasíte, zůstane vám na třísce uhlík. Jsou věci, které přítomnost uhlíku neprozrazují tímto způsobem. Svíčka na příklad obsahuje uhlík, ale nemůžeme ho v ní vidět.

Zde je láhev s uhelným plynem. Uhelny plyn neboli svítiplyn dává při hoření mnoho kysličníku uhličitého. Ale uhlík v této láhvi nevidíte, ačkoli jej můžeme velmi snadno přinutit, aby se projevil. Stačí plyn jenom zapálit, a dokud se všechn nespotřebuje, bude hořet plamenem. Uhlík při tom nevidíte, ale podle jasnosti plamene můžete usoudit, že v plameni hoří uhlík. Ukážu vám to ještě jiným způsobem.

Použijeme tentokrát svítiplynu, do kterého je přimíšena látka, jež spaluje vodík, ale neúčinkuje na uhlík. Zapaluji plyn. Vidíte, že vodík hoří, kdežto uhlík vystupuje v podobě hustého černého kouře.

Doufám, že vás těchto několik pokusů naučilo rozeznat přítomnost uhlíku a že jste pochopili, jaké produkty hoření vznikají, jestliže náležitě spalujeme plyn nebo jiné látky ve vzduchu.

Dříve než skončíme výklad o uhlíku, řekneme si ještě něco o některých zvláštlostech hoření této látky a osvětlíme si je pokusem. Jak jste již viděli, uhlík hoří po celou dobu jenom jako pevná hmota, ale jakmile shoří, přestává být pevný a promění se v plyn. Je velmi málo paliv, která hoří tímto způsobem. Je to ve skutečnosti jenom jedna velká skupina uhlíka-

tých paliv, k nimž patří všechny druhy uhlí, dřevěné uhlí a dřevo. Kromě uhlíku neznám žádnou jinou látku, která by jako prvek hořela tímto způsobem.

Tato vlastnost uhlíku je pro nás neobyčejně důležitá, protože jenom jí vděčíme za to, že máme vhodné palivo. Kdyby všechny látky hořely tak, jako na příklad železo, které vytvoří hořením jinou pevnou látku, neměli bychom v našich kamnech nikdy takový oheň, jaký máme.

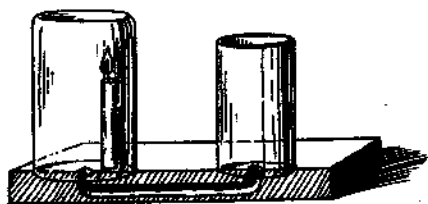
Zde máme jiný druh paliva, které také dobře hoří, stejně dobře jako uhlík, ne-li lépe. Vidíte, že se na vzduchu samo vzněcuje, podobně jako fosfor. Je to neobyčejně hořlavá sloučenina olova, které je rozdrobeno na maličké kousky, takže se podobá hromádce uhlí v peci. Vzduch může k tomuto palivu pronikat se všech stran, mezerami mezi kousky i dovnitř, a proto palivo hoří. Ale hned přestane hořet, jestliže shromáždím kousky v masu, a to proto, že k olovu neproniká vzduch. Tato látka má při hoření vysokou teplotu. Její teplo se vyrovná teplu našich kamen a pecí. Ale za palivo se nehodí. Při jejím hoření vznikají pevné částičky, které se nemohou oddělit od celé masy olova, takže postupně olovo přikrývají, uzavírají přístup vzduchu k němu a hoření se přerušuje. Vidíte, jaký je rozdíl mezi hořením olova a uhlíku.

Uhlík hoří stejně dobře jako olovo, dává mnoho tepla, ale jeho produkty hoření odlétají do vzduchu, takže palivo zůstává stále čisté. Viděli jsme, jak se uhlík rozpouštěl v kyslíku beze zbytku, aniž po něm zůstával nějaký popel. Naproti tomu zde, při hoření olova, zůstává více popela než paliva. Dostali jsme zbytek, který váží více než palivo před spálením, protože se olovo sloučilo se značným množstvím kyslíku. Stejně tak je tomu i při hoření jiných kovů.

Kdyby uhlík tvořil při spalování pevné produkty hoření, naplnila by se celá naše posluchárna brzy neprůhlednou látkou, jako tomu bývá při spalování fosforu. Jenže při správném hoření uhlíku všechno, co se uvolňuje, odlétá v podobě neviditelného plynu do vzduchu a rozptyluje se v něm.

Nyní přejdu k velmi zajímavé otázce našeho zkoumání: srovnám hoření svíčky s dýcháním, s tím procesem, který ustavičně probíhá v našem těle a velmi se podobá hoření svíčky. V těle každého člověka probíhá neustále jakési hoření, podobné hoření svíčky. Není to tedy pravda jenom ve smyslu básnického obrazu, jestliže přirovnáváme život člověka k hořící svíčce. Pokusím se vysvětlit celou věc názorně.

Sestrojil jsem k tomu malý přístroj. Vidíte zde dřevěnou desku, která se skládá ze dvou dílů. V desce je vyvrtán kanálek tak, že spojuje dva skleněné válce, které mohu zasadit do desky. Jeden válec má dno, druhý je otevřený. Postavím pod uzavřený válec hořící svíčku. Vidíte, že hoří klidně dál, protože vzduch, který udržuje hoření, vstupuje do prázdného válce, proběhne kanálkem a vychází v druhém válci, kde hoří svíčka. Jestliže uzavřu dlaní otvor, kterým se přivádí vzduch, svíčka zhasne. To je zcela pochopitelné. Víme také, že svíčka zhasne, budeme-li zvláštním přístrojem



přivádět do prázdného válce produkty hoření jiné svíčky. Takový pokus jsme již viděli. Ale co tomu řeknete, jestliže svíčka zhasne, budu-li k ní přivádět místo produktů hoření jiné svíčky — vydýchaný vzduch ze svých plic? Skutečně, mohu svíčku uhasit svým dechem

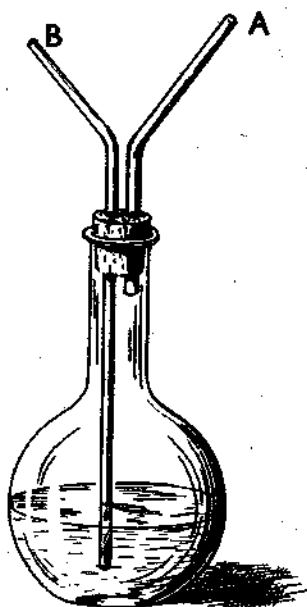
a nebudu na ni vůbec foukat. Samo složení vzduchu, který vydechujeme, je takové, že v něm svíčka nemůže hořet. Zakryji otvor prázdného válce svými ústy a budu do válce pouštět jenom vzduch vydechovaný z plic. Viděli jste výsledek. Svíčka zhasla nedostatkem kyslíku, pro nic jiného. Vůbec jsem na ni nefoukal.

Naše plice odnímají při dýchání ze vzduchu kyslík a vzduch, který vydechujeme, není již schopný udržovat hoření svíčky. Viděli jste, že to chvilku trvalo, nežli vydýchaný vzduch dospěl až ke svíčce. Svíčka z počátku hořela normálně, ale jakmile se k ní dostal vzduch, spotřebovaný dýcháním, ihned zhasla.

Ukážu vám jiný pokus. V tomto skleněném zvonu je čistý vzduch. Svíčka v něm hoří zcela normálně. Nyní postavím zvon do vody, zazátkuji ho a trubičkou, která prochází zátkou, vtáhnu do plic vzduch ze zvonu a zase ho vydechnu zpátky. Podle stoupání a klesání vody uvidíte, jak vzduch vdechují a vydechují. Nyní znovu prozkoumáme vzduch ve zvonu tím, že do něho ponoříme hořící svíčku. Hleďte, svíčka zhasla! To dokazuje, že se vzduch změnil. Stačilo jedno vdechnutí do plic a vzduch se zkazil! Svíčka v něm nehoří.

Z toho můžeme vyvodit velmi užitečný závěr, totiž jak je důležité větrat místnosti, v nichž bydlíme, a jak je pro člověka nezbytný čerstvý vzduch.

Vyzkoušejme, jaký účinek má vydýchaný vzduch na vápennou vodu. Tato baňka, naplněná zčásti vápennou vodou, je uzavřena zátkou, kterou procházejí dvě nestejně dlouhé trubice (A a B). Kratší trubice spojuje baňku s okolním vzduchem, delší je ponořena do vápenné vody. Přístroj nám předvede účinek čistého a vydýchaného vzduchu na vápennou vodu. Když



budeme kratší trubicí (A) vdechovat vzduch z baňky, delší trubicí (B) bude do vápenné vody proudit čistý vzduch. Když budeme delší trubicí (B) vydechovat vzduch z plic, bude vápennou vodou procházet vydýchaný vzduch. Vidíte, že dokud do sebe jenom vtahuji vzduch z baňky, vápenná voda se nezakaluje. Proudí do ní čistý vzduch. Ale sotvaže do ní několikrát vydechnu vzduch z plic, vápenná voda ihned zbledne.

Jistě si nyní sami lehko domyslíte, že je to způsobeno kysličníkem uhlíčitým. Vzduch, který vydechujeme, obsahuje tedy kysličník uhlíčitý.

Mám zde dvě láhve, v jedné z nich je vápenná voda, v druhé obyčejná voda. Obě láhve jsou spojeny ohnutou trubicí a vcelku zařízeny tak jako baňka z předešlého pokusu. Je to jednoduchý, ale přitom důmyslný a zajímavý přístroj. Budu-li vdechovat a vydechovat vzduch pomocí tohoto při-

stroje, uspořádání trubic nedovolí vzduchu, aby se vracel zpět. Čistý vzduch bude stoupat přes obyčejnou vodu do mých úst a potom do plic, odkud bude spotřebovaný vycházet druhou lahví přes vápennou vodu ven, takže budu moci nepřetržitě dýchat a přitom pozorovat názorný pokus s velmi

presvědčivým výsledkem. Vidíte, jak vápenná voda zbělela účinkem vydýchaného vzduchu!

Postoupíme o kousek dále. Jaký je to vlastně proces, toto dýchání, které probíhá neustále dnem i nocí a které nemůžeme na delší chvíli přerušit bez ohrožení života?

Pokusím se vám to v hrubých rysech vysvětlit. Potrava, kterou jíme, dostává se složitou cestou našich orgánů do zaživacího ústrojí. Část potravy, přeměněná naším ústrojím, přichází

krví do plic jednou sítí cév a druhou sítí cév vychází zase z plic. Současně přichází do plic také vzduch, který vdechujeme a vydechujeme. Tím se látky, vytvořené v našich orgánech z potravy, dostávají do styku se vzduchem, protože jsou od něho odděleny jen velmi jemnou blanou. Vzduch okysličuje krev, to znamená, že v ní vyvolává tentýž proces, jaký jsme pozorovali při hoření svíčky. Hmota svíčky se sloučila s kyslíkem ze vzduchu, vytvořila kysličník uhličitý a teplo. Stejný proces probíhá v plicích. Kyslík, který se do plic dostává, slučuje se s uhlíkem látek ze strávené potravy a vytváří kysličník uhličitý. Při vydechnutí se kysličník uhličitý dostává ven. A za tohoto spalování uhlíku v našem těle vzniká teplo, nezbytné pro náš život.

Na potravu se tedy můžeme dívat jako na palivo. Nejlépe si to ukážeme na cukru. Cukr je sloučenina uhlíku, vodíku a kyslíku. Obsahuje tytéž



prvky jako svíčka, jenže v jiném poměru vah. Na této tabulce jsou uvedena váhová množství jednotlivých prvků cukru:

Uhlík	.....	72	} 99
Vodík	.....	11	
Kyslík	.....	88	

Z tabulky vidíte, že kyslík a vodík jsou v cukru v témž poměru jako ve vodě. Můžeme tedy říci, že se cukr skládá ze 72 částí uhlíku a z 99 částí vody. A tento uhlík z cukru se slučuje při dýchání s kyslíkem v našich plicích a způsobuje vznik tepla a mnoha jiných věcí. To vše se velmi podobá hoření svíčky.

Abyste o tom měli ještě názornější představu, udělám tento pokus: Vezmu kousek cukru — nebo ještě lépe, abych pokus urychlil — trochu sirupu, který obsahuje  $\frac{3}{4}$  cukru a asi  $\frac{1}{4}$  vody. Jestliže nyní naliji do sirupu dýmavou kyselinu sírovou, kyselina pohltí všechnu vodu a zanechá jen černou hmotu — uhlík. Vidíte, jak se uhlík uvolňuje, za chvíli dostaneme tuhounou, zuhelnatělou hmotu, která vznikla z cukru. Víte, že cukr je součástí potravy. Zde se před vašimi očima proměnil v uhlík.

Jestliže tento uhlík okysličíme, uvidíme ještě pozoruhodnější shodu. Použijeme k tomu rychlejšího prostředku, nežli je vzduch. Okysličíme uhlík tak, že se to bude od dýchání lišit jen formou provedení, nikoli výslednou sloučeninou uhlíku. Uhlík se zapálí vhodným okysličovačem\* a bude hořet na účet kyslíku odebíraného z okysličovače. To, co se děje v plicích za použití kyslíku ze vzduchu, probíhá nyní zde, jenomže mnohem rychleji.

Budete překvapeni, až vám řeknu, jak ohromných rozměrů dosahuje toto slučování uhlíku s kyslíkem v prostředí, v němž žijeme. Svíčka hoří čtyři, pět, šest i sedm hodin. Představte si, kolik kysličníku uhličitýho uniká denně do vzduchu, kolik se ho vytvoří dýcháním a hořením a jaké podivuhodné změny v přírodě se při tom dějí. Za čtyřicet hodin promění každý člověk dýcháním asi 200 g uhlíku v kysličník uhličitý. Kůň nebo kráva promění za stejnou dobu přes 2 kg uhlíku v kysličník uhličitý, asi jedenáctkrát víc než člověk. To znamená, že kůň spaluje denně v plicích více než 2 kg uhlíku, aby si udržel teplotu svého těla. Všichni teplotně

\* Ke spálení uhlíku lze použít látek bohatých kyslíkem, které jej snadno uvolňují. Takovou látkou je již dříve zmíněný chlorečnan draselný nebo ledek (součást stělného prachu) nebo i kyselina dusičná a sírová. Překl.

živočichové si udržují teplotu tím, že spalují ve své krvi uhlík, který tam ovšem není volný, ale ve sloučeninách. Tak na př. v Londýně se vytvoří denně 548 tun kysličníku uhličitého jenom dýcháním.

Kam se všechnen ten kysličník uhličitý poděje? Rozptýlí se ve vzduchu. Co by se stalo, kdyby uhlík, podobně jako olovo nebo železo, dával při hoření pevnou látku! Ale uhlík se proměňuje při hoření v plyn a uniká do atmosféry, která jej přenáší na jiná místa. Jenže co se s ním stane dále, vždyť ho přece v atmosféře stále víc a více nepřibývá? Zde se setkáváme s podivuhodným úkazem. Co je pro nás škodlivé — neboť nemůžeme dýchat dvakrát týž vzduch — to je zdrojem života pro rostlinstvo, které pokrývá značnou část povrchu zemského.

Avšak totéž se děje v mořích, pod vodou. Ryby a ostatní vodní živočichové dýchají právě tak jako my, jenomže ne přímo ve styku se vzduchem. Zde vidíte akvarium se zlatými rybkami. Tyto rybičky dýchají kyslík, který je rozpuštěn ve vodě ze vzduchu, a vylučují kysličník uhličitý. Také ony napomáhají tomu obrovskému koloběhu, v němž říše živočišná a rostlinná podporují jedna druhou. Rostliny na povrchu zemském se snaží pohltnout svými listy z atmosféry uhlík, který je v ní obsažen v podobě kysličníku uhličitého. Potřebují ho, aby mohly žít a růst. Dejte jim zcela čistý vzduch, prostý kysličníkem uhličitým, a ony zahynou. Dejte jim vzduch s kysličníkem uhličitým a rostliny budou žít a kvést.

Tento kousek dřeva získal všechnen uhlík, jenž je v něm obsažen, z atmosféry, neboť všechny stromy a rostliny získávají uhlík tímto způsobem. Atmosféra je také obrovským dopravním prostředkem, který přenáší to, co na jednom místě škodí, tam, kde to prospívá.

Chci vás upozornit, ještě na jednu okolnost, která souvisí se zkoumáním látek, jež nás nejvíce zajímaly — s kyslíkem, vodíkem a uhlíkem — v jejich rozmanitých proměnách. Když jsem vám ukazoval olověný prášek, viděli jste, že se vznal ihned, jakmile přišel do styku se vzduchem. Tento úkaz je příkladem chemické příbuznosti, která podmiňuje všechny chemické procesy. Bez chemické příbuznosti by žádný chemický děj neprobíhal. Jestliže zapálíme svíčku, přitahují se její jednotlivé části navzájem k sobě, a proto svíčka hoří. Chemickou příbuzností se vysvětluje proces, který probíhá v našem těle, když dýcháme. Při hoření olova jste viděli krásný příklad chemické příbuznosti.

Kdyby se od povrchu olova vzdalovaly produkty hoření, zmizelo by olovo beze zbytku právě tak jako uhlík v kyslíku. Ale je tu ještě jiný rozdíl. Olovo vzplane pouhým dotekem vzduchu, kdežto uhlík se na vzduchu nevznítí za celé týdny, měsíce a léta. V rozvalinách starobylého města Herculeana byly nalezeny rukopisy napsané uhlíkatým inkoustem, které nevybledly za celých osmnáct století, ačkoli byly po celou tu dobu vystaveny účinkům vzduchu za nejrůznějších podmínek.

Čím si vysvětlíme tento rozdíl mezi olovem a uhlíkem? Copak to není podivné, že naše palivo, věc, která může hořet s takovou dravou živelností, trpělivě čeká, až je uvedeme v činnost a nerozhoří se samo?

Víme, že uhlí může ležet na vzduchu celá léta. Stejně tak může ležet i svíčka. Nezačne se samo okysličovat (slučovat s kyslíkem) jako olovo nebo železo (neboť jemně rozčleněné železo se chová právě tak jako olovo), nýbrž čeká, až je někdo zapálí. Totéž můžeme říci i o svítíplynu. Dokud ho silně nezahřejeme, bude ucházet z hořáku a nevznítí se. Ale vidíte, že se vznítí ihned, jakmile jej něčím zahřejí, nemusí to být právě plamenem. Nyní stačí, abych na plamen svítíplynu zafoukal — ochladil jej — a svítíplyn zase zhasne a bude čekat na nové zahřátí. Některé látky se vznítí, jestliže jejich teplota stoupne jen docela málo, jiné musíme zahřát silněji. Mluvíme tedy o různých zápalných teplotách jednotlivých látek.

Mám zde trochu obyčejného střelného prachu a trochu střelné bavlny. Ani tyto věci nezačnou hořet za stejných podmínek. Střelný prach se skládá z uhlíku a z jiných velmi hořlavých látek. Střelná bavlna je látka lehce zápalná.\* Obě látky čekají a začnou hořet při dodání nestejně velikého množství tepla. Dotkneme se jich zahřátým železným drátem a uvidíme, která z nich začne hořet dřívě. Střelná bavlna, jak vidíte, shořela, kdežto prach se nevznítí, ačkoli se ho dotýkám nejteplejším koncem drátu. To vám může krásně ukázat, jak rozdílným způsobem probíhá hoření u jednotlivých látek.

Někdy látka čeká libovolně dlouho, dokud její příbuzné složky neuvede teplo v činnost; jindy — jako je tomu při okysličování v plicích — nečeká vůbec. Jakmile vzduch vnikne do plic, kyslík se ihned sloučí s uhlíkem, ať

\* Střelný prach se skládá z 78 částí ledku, 12 částí uhlíku a 10 částí síry. Střelná bavlna se získá z obyčejné vaty, máčené ve směsi kyseliny sírové a koncentrované kyseliny dusičné. Vata se po vyprání usuší na vzduchu. Je to velmi nebezpečná, silně výbušná a lehce zápalná látka, vynalezená r. 1846. Překl.

je při tom teplota jakkoli nízká, pokud ji ovšem celý organismus snese a nezmrzne.

Nyní vidíte shodu mezi dýcháním a hořením v celé šíři. Tak jsme při zkoumání chemických procesů hořící svíčky poznali nejen mnoho základních chemických a fyzikálních zákonů, ale dospěli jsme také k jevům shodným s těmi, které probíhají v živém organismu. Tím zakončíme naše přednášky, neboť dříve či později musí všechno nějak skončit.

A na závěr našeho společného zkoumání dovoluji, mladí přátelé, abych vám vyjádřil jedno přání: Nechť je váš život skutečně jako svíčka, nechť přináší lidstvu světlo, nechť vždycky září pro radost vaši i všech ostatních!



## OBSAH

Úvodní poznámka o autorovi . . . . .	5
1. PŘEDNÁŠKA	
Z čeho a jak se zhotovuje svíčka. Plamen svíčky. Čím se plamen udržuje. Jeho tvar, záře a pohyblivost . . . . .	7
2. PŘEDNÁŠKA	
Proč je plamen svíčky tak jasný? Nezbytnost vzduchu při hoření. Uhlík a voda jako produkty hoření svíčky . . . . .	23
3. PŘEDNÁŠKA	
Produkty hoření. Voda a její vlastnosti. Vodík jako součást vody. . . . .	34
4. PŘEDNÁŠKA	
Rozklad vody elektřinou. Kyslík a jeho úloha při hoření. Druhá složka vody — kyslík . . . . .	48
5. PŘEDNÁŠKA	
Kyslík ve vzduchu. Dusík a jeho vlastnosti. Tlak vzduchu a pružnost vzduchu. Další produkty hoření svíčky. Kysličník uhličitý a jeho vlastnosti . . . . .	60
6. PŘEDNÁŠKA	
Dřevěné uhlí nebo uhlík. Složky kysličníku uhličitého. Svítíplyn. Obdoba mezi dýcháním a hořením svíčky. Závěr . . . . .	74

### Upozornění zájmovým kroužkům

Budete-li chtít dělat pokusy popsané ve Faradayových přednáškách, můžete si objednat potřebné pomůcky u Státního pedagogického nakladatelství v Praze II, Ostrovní 30

Milým čtenářům knihy — dětem i dospělým!

Napište nám, jak se vám tato kniha líbila, jak se vám líbil její obsah, obrázky a úprava. Vaše připomínky jsou pro nás velmi cenné i tenkrát, když nám napíšete, s čím jste nebyli spokojeni. Děkujeme vám!

Naše adresa: Státní nakladatelství dětské knihy, Staropramenná 12, Praha-Smíchov

PRO ČTENÁŘE OD 12 LET

ŽIVÉ PRAMENY

*Svazek 8*

MICHAEL FARADAY  
**TAJEMSTVÍ SVÍČKY**

Z anglického původního vydání „The Chemical History of a Candle“, vydaného roku 1894 nakladatelstvím Chatto — Windus, Londýn, s přihlédnutím k ruskému vydání „Istorija sveči“, Dětgiz 1947, přeložil a upravil Jan Beránek. Odbornou revisi provedl inž. dr. Jiří Sedláček. Ilustroval a obálku navrhl Luděk Buriánek. Úvodní poznámku o autorovi napsal Jan Beránek. Graficky upravil Lumír Ševčík. Vydalo Státní nakladatelství dětské knihy, Praha 1954. Šéfredaktor nakladatelství zasloužilý umělec Karel Nový. Vedoucí redaktor Jiří Růžička. Odpovědná redaktorka Dagmar Honsová. Výtvarný redaktor Zdeněk Mlčoch. Technický redaktor D. M. Pavlíček.  
Korektorka Milada Říhová

301 - 14 - 4. Číslo publikace 794. K sazbě 17. 8. 1954. K tisku podepsáno 23. 10. 1954 - D - 03704. Vyšlo v prosinci 1954. 1. vydání v SNDK. Náklad 10 000 výtisků. 4% daň. Počet archů: plánovacích 4,29, vydavatelských 6,02, autorských 5,97 (text 4,74, ilustr. 1,23). Papír 7208-21, 70x100, 80 g. Vytiskla Svoboda, n. p., Praha 16, písmem Albion cicero a ofsetem

Brožovaný výtisk 6,70 Kčs - 1. 10. 1953



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.