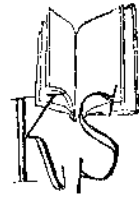


*Dr. Ing.
A. Gerwin*

CHEMIE

Kolem nás



Dr. Ing. A. Červin

CHEMIE KOLEM NÁS

Dr. Ing. Alois Červín

CHEMIE KOLEM NÁS

3. vydání

NAKLADATELSTVÍ KAREL SYNEK V PRAZE

Své ženě

Mladí přátelé!

Slavný hvězdář *James Jeans* (čti *Džems Džins*), jehož se v knize dost často dovolávám, napsal krásnou knihu o hvězdách, ale i o atomech a molekulách, nazvanou podobně jako tato kniha »*Úesmír kolem nás*«. Když jsem přemýšlel o názvu knihy, kterou berete do ruky, napadl mne hned s počátku název »*Chemie kolem nás*«. Snad na mne při tom působila vzpomínka na *Jeansovu* knihu. Jisto je však, že jsem si tento podobný název uvědomil až později. Přesto jsem zůstal při »*Chemii kolem nás*,« protože se název knihy hodí velmi dobře pro její účel.

Jako *Jeans* ve své knize líčí *Úesmír*, jak je nad námi mezi hvězdami i kolem nás, ve vzduchu a vůbec ve veškeré hmotě, tak i já vám líčím trochu chemicky vznik *Úesmíru* a *Země* a pak vás upozorňuji na řadu zjevů, mezi kterými žijete, zjevů často obyčejných a zdánlivě bezvýznamných, pokud mají nějaký vztah k chemii. A pokusil jsem se vám nejen slovem, ale i četnými obrázky naznačit, jak se na takové zjevy dívá moderní věda a jak často obdivuhodně lehce nám je vysvětluje.

A aby vám kniha víc chutnala, vsunul jsem, kde to jen trochu šlo, do svého vypravování i věci z praktické chemie, z chemického průmyslu jako praktický příklad toho, o čem jsem vám před tím snad trochu theoreticky, školsky vyprávěl.

Jako profesor chemie měl bych snad začít knihu vynášením a vychvalováním chemie. Udělal jsem to obráceně. Chválím chemii až na konci článkem »*Chvála chemie*,« který je v knize na posledním místě.

Je to úmyslně. Mluvíím za chemii a všechno na světě má být skromné, tak i chemie. Proč by se tedy chválila napřed? Bude ovšem spokojena, pochválíte-li ji vy sami ještě dříve, než se dostanete k poslednímu článku.

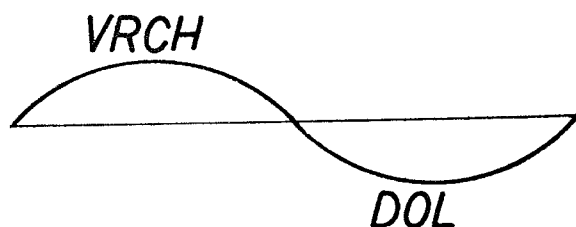
A pochválíte-li ji skutečně ještě před tím článkem, pak ať tento poslední článek jenom dokončí to, co kniha začala: ať z vás udělá skutečné přátele chemie.

Dr. Ing. A. Červín

I. O HMOTĚ

Vznik základních složek hmoty

Začínáme kresbou



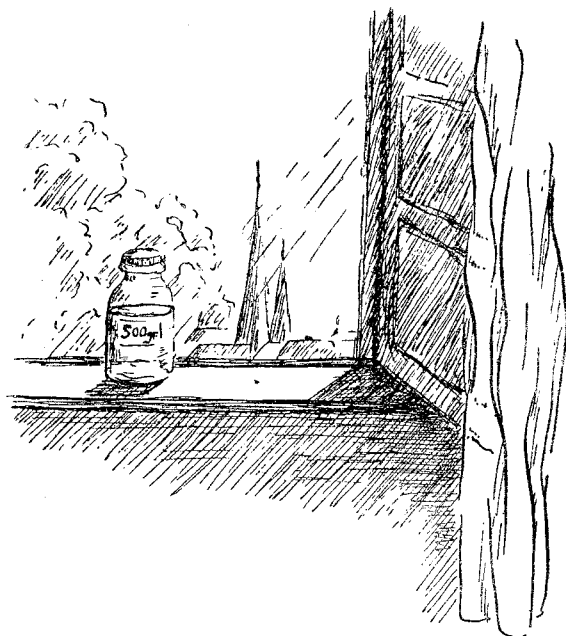
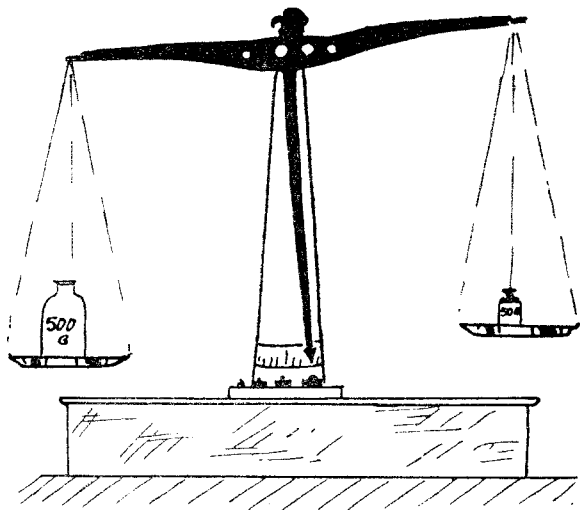
Podívejte se, co jsem zde nakreslil. Neříkáme tomu vlna? Zajisté a řeknu vám hned, proč jsem ji nakreslil. Protože taková vlna byla začátkem všeho, co nazýváme hmotou, co můžeme nahmatat, vážit, vidět, z čeho jsme sami složeni. Z takových vln vzniklo i Slunce, hvězdy, mléčná dráha, naše Země, Měsíc, zkrátka celý Vesmír.

Jak je to možné? Že by tohle všechno vzniklo z pouhých čar? Musím vám pomoci. Takové čáry byly již samy hmotné, vážily již samy něco, třebaže jsou tak krátké, že můžeme jejich délku měřiti miliontinami centimetru. Souhrn takových vln pak tvoří světelný paprsek. Vzniklo tedy vše, co je na světě hmotné, ze světla. Snad toto světlo vyslal ze sebe Bůh, když podle bible řekl na počátku světa, kdy byla všude tma: »Budiž světlo!« Snad bible, když říká, že byla tma, chce říci, že ještě nebyla na světě hmota. Ale rozhodně začala na světě být hmota, jakmile v něm vzniklo světlo, protože světlo je již hmota.

Toto počáteční světlo bylo asi po celém světě rozděleno zcela spravedlivě a stejnoměrně. Nebylo koutu, kam by nevnikalo; ostatně svět byl a je jakousi nesmírnou dutou koulí, v níž nemohl být žádný kout! Teď je v něm mnoho věcí, jimž říkáme hmota, na počátku bylo v něm jen světlo, ale to bylo již také hmotné. To, čemu jsme zvyklí dnes říkat hmota, vzniklo zhuštěním světla, sbalením jeho vln.

Váha světla

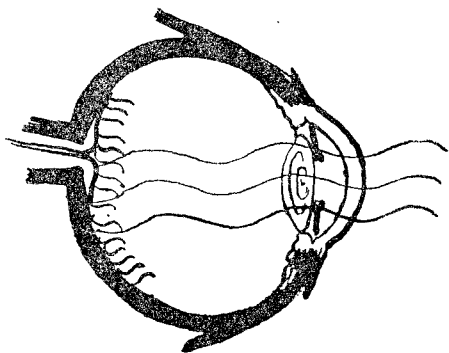
Musím vám dát příklad toho, že světlo váží něco i teď a bude vážit vždycky, stejně jako vážilo i na začátku. Takové vlnce světla, jakou jsem nakreslil na začátku, složené z vrchu a dolu, říkáme f o t o n a je to vlastně nejmenší částice hmoty. Vidíte, a



v podobě takových fotonů, z nichž se skládají jeho paprsky, vyzáří podle výpočtu hvězdářů, Slunce za každou minutu 250 milionů tun (1 tuna je 1000 kg). Ale nemusíme chodit ani na Slunce, podívejme se i na obyčejnou žárovku. I ta se určitě stává lehčí stálým svícením.

Nejste zvědaví, o kolik? Řeknu vám to: vyzáří 1 gram hmoty za několik milionů let. Přirozeně to nikdo nemohl zvážit, protože elektrické světlo a žárovka jsou ještě příliš mladá stvoření, kterým do milionu let chybí ještě velmi mnoho. Ale učenci to vypočítali.

Jenže vás nechci rmoutit vypravováním jen o tom, co ubývá. Raději slyšíme o tom, co přibývá. Nuže, proč bychom si nedali příklad toho, kdy světlo zase váhu nějakého předmětu zvětšuje? Mysleme si, že bychom postavili do okna na sluneční světlo uzavřenou lahvičku s peroxydem vodíku, jakého užívají na př. ušní lékaři k nakapávání do ucha při zánětu středního ucha. Světlo v podobě fotonů vniká do kapaliny a rozkládá ji na obyčejnou vodu a kyslík. Podle starého chemického zákona o zachování hmoty měla by lahvička, až by byl všechn peroxyd rozložen, vážit stejně jako na začátku, když jsme ji na okno postavili.



Ručím vám však za to, že lahvička bude vážit víc. Škoda jenom, že nemáme ještě tak citlivé váhy, abychom to jimi dokázali. Podle starého zákona o zachování hmoty má vážit sklo lahvičky se zátkou a peroxydem vodíku stejně jako sklo lahvičky, zá-



tka, voda a kyslík na konci okenního pokusu. Podle našich nových názorů bude však konečná váha větší a to o váhu světla, které peroxyd vodíku pohltit. Kdyby lahvička s peroxydem vážila na začátku na př. 500 g, byla by teď jistě těžší.

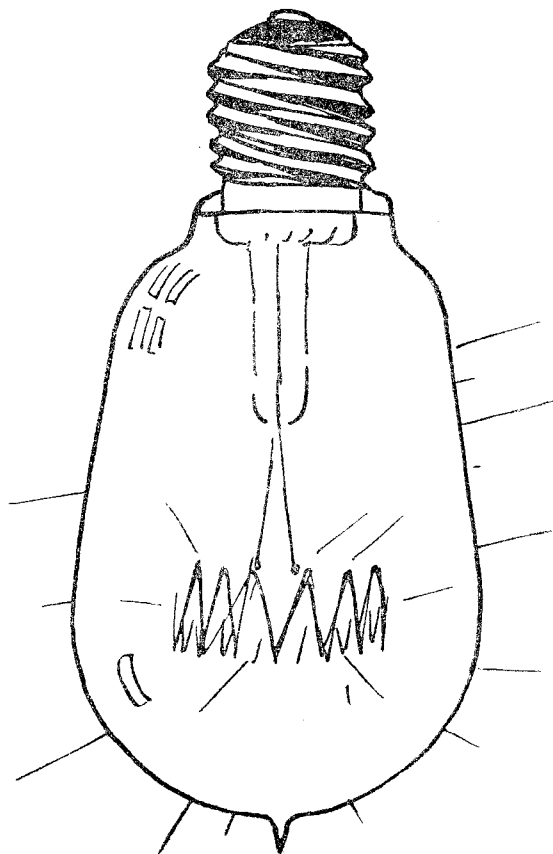
Fotony v oku

A myslíte, že vy také nejste těžší, když se na něco díváte? Mysleme si, že sedíte u stolu a díváte se do knihy. Jak to přijde, že vůbec knihu vidíte? Zcela jednoduše.

Paprsky, přicházející ze Slunce nebo ze žárovky, dopadají na knihu a buď se odrážejí do našeho oka nebo se rozbijí na jednotlivé vlnky, fotony, asi podobně, jako kdybyste hodili skleněnou nádobu na kámen a ona by se vám rozbila na spoustu střepů. Fotony jsou takové střepy světla.

Fotony, na které se světlo při dopadu na knihu rozbilo, jsou pro nás ztraceny. ale paprsky, které se odrazí vcelku, přijdou do našeho oka a rozbijí se na fotony až tam na sítnici. Tu podráždí, nerv zrakový to sdělí našemu mozku a my vidíme knihu. Vidíte, že vidění je vlastně rozbíjení světla. A samozřejmě se tím viděním stáváme těžší jako lahvička s peroxydem vodíku na okně. Jenže zvětšení je tak směšně nepatrné, že nad tím můžeme mávnout rukou.

Tak žijeme i my dnes ve světě fotonů. Sypou se na nás ze Slunce, z hvězd, ze žárovek, svět je jich stejně pln jako kdysi před věky, když jimi začínal v podobě světla. Ubohý jeden gram, jež vyzáří žárovka za několik milionů let, vám dokazuje, jak jsou ty fotony lehké. Trochu vás zarazí spousta fotonů, která vyletí každou minutu ze Slunce. Nebojte se! Když se nebojí hvězdáři, nesmíme se bát ani my. Slunce se



tak rychle a brzy neztratí s oblohy. Jednak je tak obrovské, že mu příliš neublíží ani tak ohromné ztráty hmoty za každou minutu (250 milionů tun) a kromě toho hvězdáři vyzkoumali, že čím menší jsou hvězdy, tím více šetří svým světlem. I naše Slunce nebude později světlem tolik plýtvati. A konečně nezapomeňme, že hmota Slunce se udržuje na potřebné váze i tím, že na Slunce dopadají spousty meteorů.

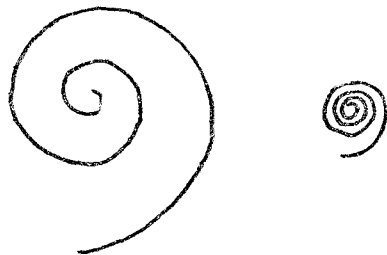
Zhuštění světla

Fotony a světlo, jak jsme poznali, jsou vlastně nejlehčí hmota. Jenže svět se nějak dostal do pohybu a přišel čas, kdy měla vzniknout hmota hustší a těžší. Z čeho jiného mohla vzniknout než ze světla? Někteří hvězdáři říkají, že Bůh, který vše stvořil, byl dobrý počtář. Patrně především určil, že se světelné paprsky musí po určitých délkách, zahrnujících vždy určitý počet vlnových dálek čili fotonů, složených vždy z jednoho vrchu a z jednoho dolu, přetrhnout.

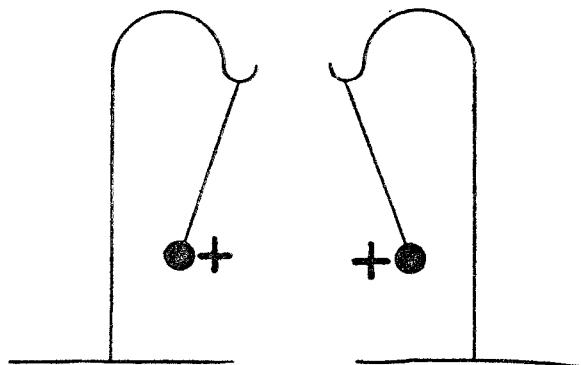
A teď se ty fotony začaly sbalovati v uzlíky a již zde se začínala jevit protichůdnost, již je svět tak pln a již říkáme »polarita«. Jedny uzlíky byly nějak menší, ale zato hustší a těžší, to znamenalo, že v nich bylo sbaleno více těch světelných vlnek. Byly to uzlíky či balíčky, jimž lidé mnohem později — po nějakých 200 bilionech letech — začali říkat p r o t o n y čili jádra nejlehčího prvku vodíku.

Druhé uzlíky byly nějak řidší, mnohokrát větší než uzlíky protonové, ale skoro 2000 krát lehčí. Důkaz, že vznikly sbalením poměrně malého počtu světelných vlnek. Po 200 bilionech let je lidé nazvali e l e k t r o n y. Tohle byly již začátky skutečné hmoty, zhuštěného světla.

Ale ty uzlíky, které vznikly tak protichůdným způsobem, lišily se od sebe ještě jednou důležitou věcí: různým elektrickým nábojem. Snad již tato různost náboje — proton je kladně elektrický, elektron pak záporně elektrický — byla způsobena různým vznikem: zhuštěním většího a zhuštěním menšího počtu světelných vlnek.

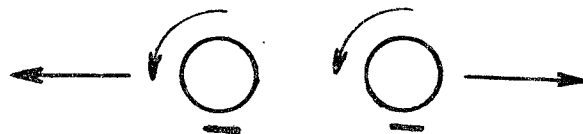


A tímto různým opačným nábojem protonu a elektronu, jenž měl za následek vzájemné jejich přitahování, vysvětlujeme si vznik všech možných prvků, to jest nej-jednodušších látek, počínaje vodíkem. Vše vznikalo vzájemným přitahováním elektronů a protonů. Jinak se samozřejmě kladné protony a záporné elektrony jen mezi sebou odpuzovaly.



Jestliže se na př. setkala dvě taková elektronová klubička, odskakovala od sebe podobně jako dvě bezové kuličky, jichž se při školním pokuse dotknete na př. třenou ebonitovou nebo skleněnou tyčí. Říkáme, že jsme kuličky nabili souhlasnou elektřinou a že dvě tělesa, nabitá souhlasnou elektřinou, se nesnášejí. Odpuzují se. Podobně se chovaly i ve Vesmíru dva elektrony. Utíkaly od sebe. Daleko později, když učenci poznali, že za elektrony nemusíme chodit až k začátku světa, nýbrž že jich máme dost i na Zemi, shledali jsme důvod, proč se elektrony odpuzovaly; mají totiž souhlasné záporné náboje. Proto musí od sebe odskakovat stejně jako bezové kuličky při školním pokusu.

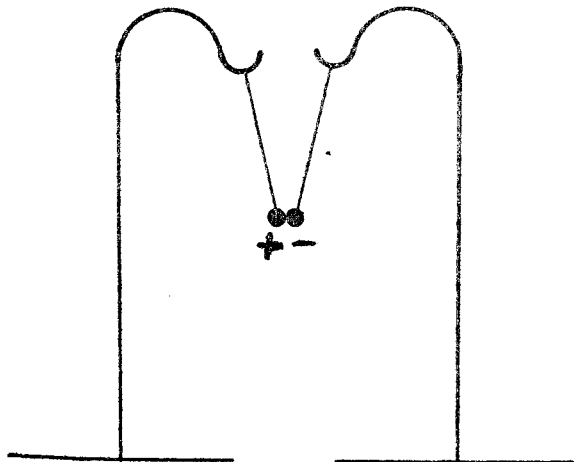
Nakreslil jsem vám dva elektrony, jak od sebe utíkají. Pro jednoduchost je označuji jako malé kroužky. Obloučkové šipky naznačují, že elektrony si musíme představit jako kuličky, které se podobně jako hvězdy otáčejí při svém letu ještě do kolečka. Náhodou se na tomto obrázku otáčejí ve směru, který bychom nazvali kladným. Je to totiž směr opačný vůči pohybu hodinových ručiček, který bychom nazvali směrem záporným. Samozřejmě je u elektronů možné i záporné otáčení.



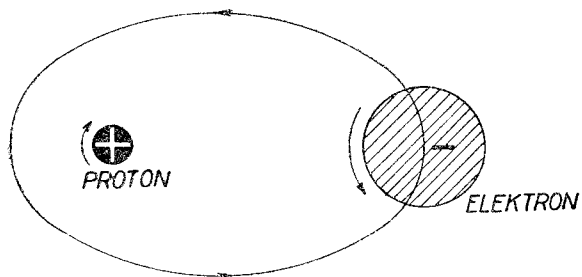
Stejně od sebe odskakovaly při setkání i kuličky protonové. Později na Zemi zjistili učenci, že i u protonů bylo toto odskakování docela pochopitelné: jsou totiž nabití také souhlasnou elektřinou, jenže kladnou.

Vznik vodíku

A co se stalo, když se elektron s protonem sešly? slyším již volat některé. A jiní z vás, kteří si dobře vzpomínají na pokus s bezovými kuličkami, odpovídají nedočkavým tazatelům káravě: »Co by se jiného stalo, než že se obě kuličky začaly přitahovat.«



Máte pravdu, ale přece jen je zde velký rozdíl mezi bezovými kuličkami a našimi kuličkami, které vznikly sbalením světla. Bezové kuličky k sobě přišly do největší blízkosti, vskutku se přitáhly, protože nesouhlasné elektřiny se přitahují, ale naše dvě světelná klubička se k sobě tak blízko nedostala. Naopak: milý elektron přiskočil sice blíže k protonu, ale jako by najednou ožil a zalekl se, že by jej mohl proton stáhnout do sebe a pohltnout, přiletět k protonu právě do podobné blízkosti jako důvěřivá



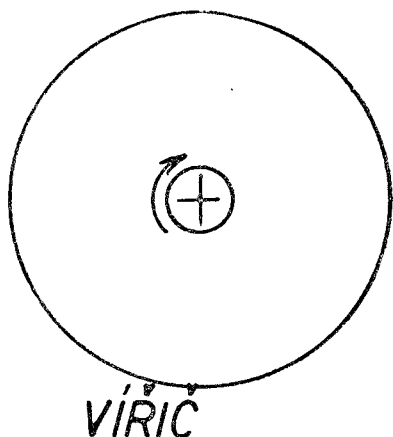
a zároveň nedůvěřivá pěnkavka se k nám přiblíží při krmení na dosah ruky, aby mohla v případě potřeby rychle odletět. Elektron nechtěl zahynout a tak v té vzdálenosti na dosah ruky začal úžasně rychle obíhat kolem protonu v křivce, kterou nazýváme elipsou. Asi tak jako naše Země obíhá kolem Slunce. Vznikl tak atom vodíku. Nakresleme si jej. Proton je v tak zvaném ohnisku; elipsa má taková ohniska dvě.

Tak zde máme atom vodíku. Nejčastěji kreslíme v něm místo elipsy jednodušší křivku — kružnici. A teď si představte, že ten elektron při současném otáčení dokola musil začít obíhat kolem protonu co nejrychleji. Ohromná rychlost jeho obíhání (2188 km za vteřinu) je vlastně ochranou jeho svobody. Kdyby se tak rychle nepohyboval, spadl by zaručeně do protonu. A buďte bez starosti, že by si s ním i malý proton věděl rady. Jak, dovíme se dále.

O atomech se dříve říkalo, že to jsou nejmenší částičky hmoty, které už dále nelze dělit. A ejhle, my zde vidíme už u nejlehčího plynu — vodíku —, který byl prvním opravdu již hmotným obyvatelem Vesmíru, že jeho atom se skládá ze dvou ještě menších částíček, které mohou docela dobře býti každá zvlášť: z protonu a elektronu.

Abychom skončili tuto kapitolu o vzniku vodíku, uveďme ještě, že patrně světelné elektronové klubičko se při přiblížení k protonu rozvinulo a vytvořilo kruhový pružný pás, který se samozřejmě dal hned do otáčení kolem protonu. Takovému otáčivému pásu říkáme *v í ř í č*. Můžeme si myslet, že je to elektronová hmota zhuštěná dříve do kuličky a teď rozložená v podobě kruhového pásu.

Život vířiče



Vířič je zajímavý útvar. Věřili byste, že dovede svítit, po případě cizí světlo polykat čili — jak říkáme učeně — pohlcovat?

A vidíte, dokáže to. Když vodík zapálíme, vystřelují vířiče ze sebe fotony. Jako by se kousek pásu z nich vytrhl a odletěl. Pochopitelně se vířičový pás zkrátí a smrští. Foton vletí do našeho oka a my říkáme, že vodík svítí.

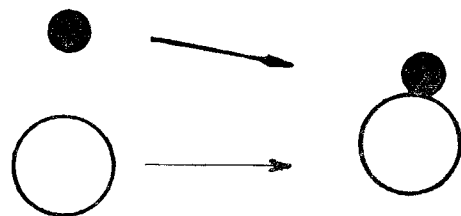
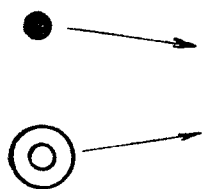
Pravý opak se stane, prochází-li cizí světlo na př. ze žárovky prostorem, vyplněným vodíkem. Teď vířič zachytí jako

medusa nějaký ten foton, pochopitelně se zvětší, skoro bychom řekli, že se pyšně nafoukne jako holub na střeše a začne se ve větším kruhu otáčet kolem protonu.

Nelíbí-li se nám náhodou vířičový pás a líbí-li se nám spíše elektronové klubíčko, můžeme si myslet, že při pohlcení fotonu odskočí klubíčko dále od protonu, protože se jeho energie*) vůči přitažlivosti protonu zvětšila. Ale za nějakou chvíli si to takový, jak říkáme, *v z b u z e n ý* elektron rozmyslí a uklidní se. Soudíme, že se jeho energie a tím i jeho odpor proti přitažlivosti protonu zvětší, takže elektron spadne o kus blíže k protonu, kde se musí více namáhat, aby překonal jeho přitažlivost.

Neutronový uzlíček

Tak jsme se již dostali k vodíku a smíme si představit, že Vesmírem poletují atomy vodíku. Ale Vesmír byl již v pohybu, v rozvoji. I atomy vodíku se začaly setkávat. Snad, pokud jejich rychlost byla nesmírná, létaly kolem sebe netečně. Nebylo mezi nimi důvodu k přitažlivosti, protože byly elektricky neutrálné, netečné. Vždyť kladný náboj jejich protonů se jaksi rušil — neutralisoval — záporným nábojem jejich elektronů.



Pravděpodobný vznik neutronu

Možný vznik neutronu

Ale myslíme si, že ty atomy nemohly stále létat stejně rychle. Zde se srazily s jedněmi, tam s druhými a následek těchto srážek byl, že se jejich rychlost zpomalila. A tyto zpomalené atomy se teď začaly spojovat. Myslíme si na př., že se setkaly dva atomy vodíku. Srazily se jaksi dohromady a vytvořily dva uzlíčky, složené vždy z jednoho protonů a jednoho elektronu. Takový uzlíček se jmenuje *n e u t r o n*.

Můžeme si též myslet, že by vznikl, kdyby si proton mohl nerušeně k sobě přitáhnout elektron.

Nejlépe si snad nakreslíme takový neutron jako větší protonové kolečko, k němuž je přilepeno menší elektronové, a jeho vznik asi takto.

Upozorňuji, že teď pro jednoduchost si již nebudeme představovat elektron

*) Energie je schopnost nějakého tělesa konat práci. Dnešní věda nedělá rozdílu mezi hmotou a energií a říká, že energie je zředěná hmota, hmota pak že je zhuštěná energie.

ani jako pásový víříč, ani jako větší kolečko, jak bychom měli. Budeme jej znázorňovat menším kolečkem, abychom naznačili jeho malou váhu vůči protonu.

Ale chceme-li být velmi moderními, musíme říci, že proton si dnes mnozí představují také složený ze sbalených fotonů, dohromady 1847krát těžších než elektronové klubičko, z klubička stejně velkého jako je elektron, jenže s kladným elektrickým nábojem, jež nazýváme *positron*.

Pak by takový proton vypadal jako větší bílé kolečko, v němž je uloženo jiné, menší bílé kolečko positronové. A přirozeně bychom musili změnit podle toho i náčrtek vzniku neutronu.

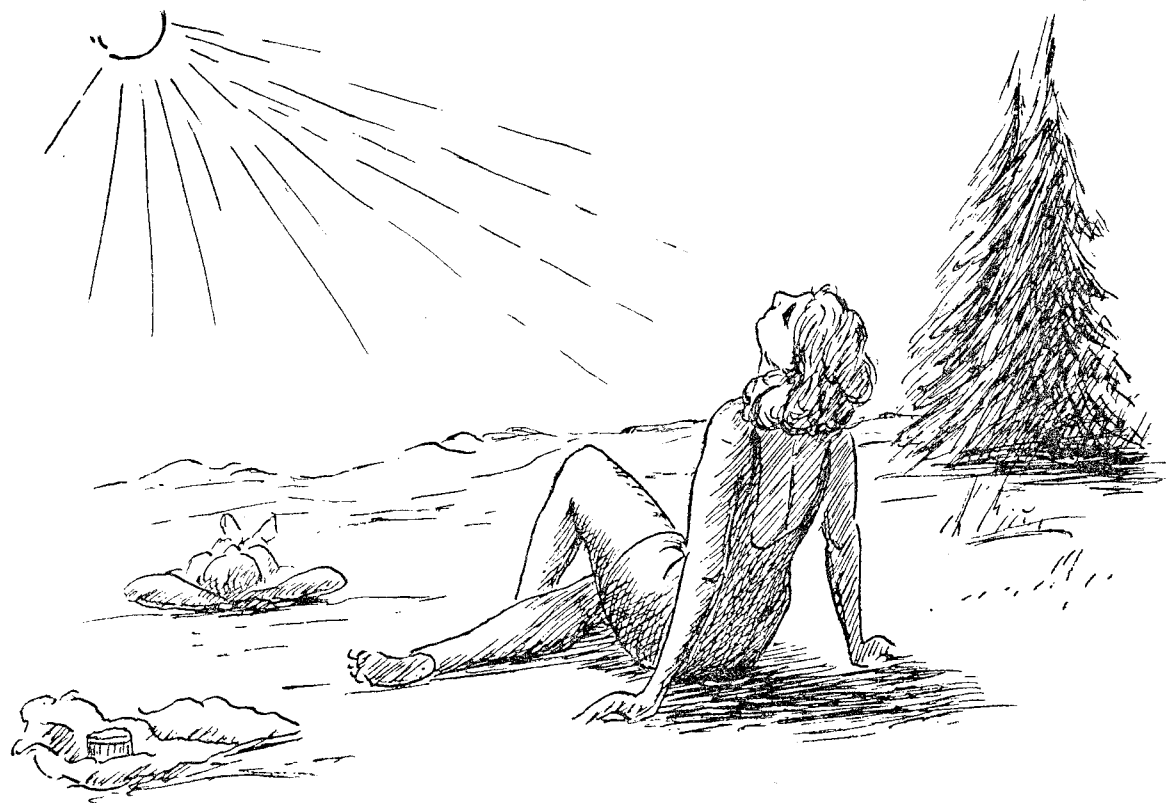
Vidíme, že nám nejprve vznikne neutron, složený ze složeného protonu a z přilepeného elektronu. Soudíme, že vnitřní positron a přilepený elektron si vzájemně zničí náboje, takže ze všeho vyjde ven jediná větší bílá kulička, jednoduchý neutron.

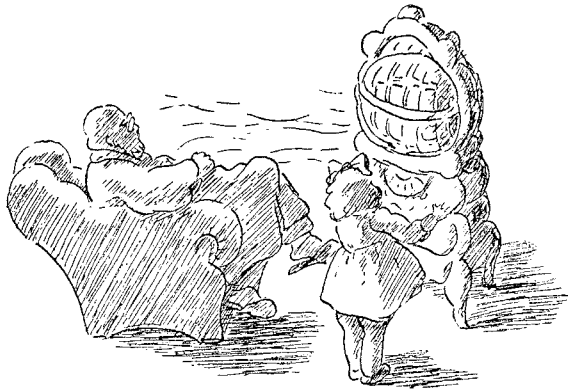
Záhadný positron

Bude snad dobře, zmíníme-li se trochu blíže o positronech.

Vznikly asi stejným způsobem jako elektrony, to jest sbalením fotonů a snad se lišily od elektronů jen směrem svého otáčení.

Je však záhadou, že jsou proti elektronům úžasně nesamostatné. Není jich takřka





vidět, zatím co elektrony ovládají elektřinu, jako by bylo od věčnosti určeno, že elektřina má být jakousi zápornou silou.

Positrony jsou uvězněny v protonech, zatím co elektrony se svobodně a nevázaně prohánějí: od Slunce k Zemi, nad Zemí, v elektrickém proudu, v lampách rozhlasových přijímačů atd.

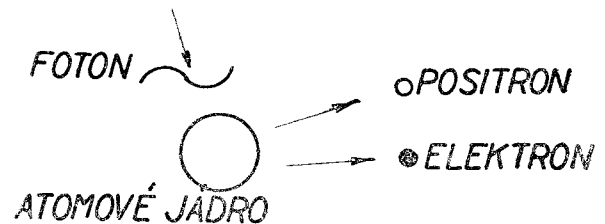
Zdá se, že jsou uvězněny i v některých fotonech. Fotony nejsou totiž stejně těžké. Jejich váha záleží na délce vlny světla, jež je z nich složeno. Nejkratší ultrafialové

světlo, protékající Vesmírem a pro nás neviditelné, zato opalující v létě do hněda naše tělo, je složeno z fotonů, jejichž váha činí několik miliontin váhy elektronu. Jak nepatrná je to váha, pochopíme, napíšeme-li si váhu atomu vodíku 0,000000000 000000000 000001663 g a představíme-li si, že váha elektronu je 1847 krát lehčí než atom vodíku. Podle toho si můžete udělat představu, kolik takových fotonů se sbalilo, aby vytvořilo jediné klubičko elektronové či positronové.

Ale jak jsme již řekli, jsou i fotony těžké, některé dokonce tak těžké, jako atomy plynu helia, které jsou čtyřikrát těžší než atomy vodíku. Těžké jsou patrně též fotony ultračerveného (jinak infračerveného) světla, které má zase vlny dlouhé a které je pro náš zrak stejně neviditelné, jako světlo ultrafialové. Zato dovede dělat pěkné teplíčko, když tak sedíme u kamen nebo u krbu, který sálá ze sebe dlouhé vlny tohoto světla.

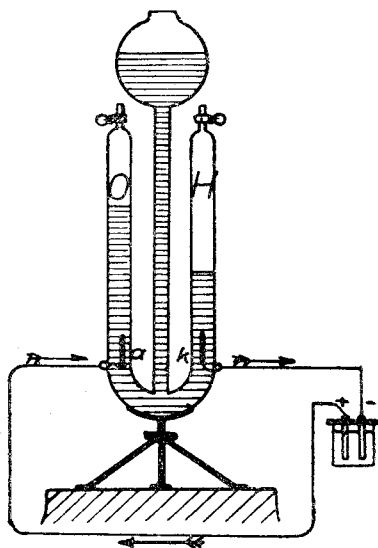
V řadě tohoto velkého počtu různých druhů fotonů jsou i fotony, které se rozpadají na positrony a elektrony. Často se stane, že takový foton narazí při svém letu hmotou přímo na atomové jádro, kolem něhož obíhají elektrony — jádro vodíkového atomu, proton, jsme již poznali — a najednou se rozdělí tím nárazem na dvě složky: na kladný positron a na záporný elektron.

Snad si to máme představit tak, že takový foton o dlouhé vlnové délce se přetrhne na dvě polovičky, které se hned sbalí ve dvě klubička, stejně velká a těžká, ale opačně se otáčející: klubičko positronové a elektronové.



Vodík ve všech prvcích

Tři vodíkoví bratři



Rozklad vody elektrickým proudem
na vodík (H) a kyslík (O)

Teď vlastně teprve máme pohromadě všechny cihly, z nichž všechno hmotné se vyvinulo. Máme fotony, elektrony, pozitrony, protony a neutrony. Mohly vznikat jiné látky, které jako vodík nazýváme prvky. Dříve se o nich myslilo, že se za žádnou cenu nedají rozložit na jiné jednodušší látky, podobně jako se na př. voda dá rozložit elektrickým proudem na kyslík a vodík.

Proto se jim říkalo prvky ve smyslu prvních, základních látek, z nichž se skládají látky složitější, na př. voda, a jimž se říkalo sloučeniny.

Ale dnes již víme, že tak zvané prvky se dají velmi dobře rozložit na větší nebo menší počet sourozenců. K čemu jinému bychom je lépe přirovnali? Dnešní vodík je rodinou — učeně řekneme směsí — tří

vodíků. Ty vodíky jsou si navzájem jako bratři. Jako bratři v jedné rodině si jsou v něčem podobní a v něčem se od sebe liší, tak je tomu i u těch tří vodíkových bratří. Podobají se sobě navzájem na př. tím, že jsou zápalné a při hoření vydávají velké teplo a že tímto hořením vzniká voda.

A čím se od sebe liší? Docela něčím podobným jako tři bratři v jedné rodině, kteří jsou různě staří. Jeden je o nějaký centimetr vyšší a o nějaký kilogram těžší než druhý, ten je zase vyšší a těžší než třetí. Podobně je tomu u vodíkových bratří. Jeden z nich je nejlehčí a říkáme mu lehký vodík, druhý je těžší, a to dokonce dvakrát (!) tak těžký jako jeho lehký bratr. Pořádný bumbříček, řekli byste. A což teprve ten třetí vodíkový bratr. Ten je dokonce třikrát tak těžký jako lehký bratr. Ten bychom nazvali nejtěžším vodíkem.

Samozřejmě každý z nich má svou vodu, která je sloučeninou vodíku s kyslíkem. Lehký vodík má vodu lehkou, těžký vodík těžkou a nejtěžší vodík vodu nejtěžší.

Všimněte si, že neříkáme o těch vodících jako o bratrech v rodině, že jeden je

starší než druhý. V rodinách prvků nepřicházeli jednotliví prvkoví bratři na svět jeden po druhém, ale současně. Žádný není starší nebo mladší, proto je od sebe rozeznáváme jen podle jejich rozdílné váhy.

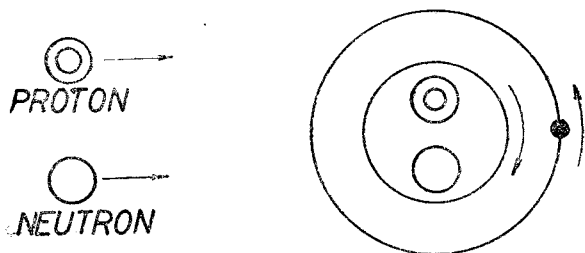
Zrození tři vodíkových bratří

Bude nejlépe, když si nakreslíme, jak ti tři vodíkoví bratři vznikli. Lehký vodík již máme. Tak teď ten těžký vodík. Ten vznikl splením jednoho protonu a neutronu v jádro a obíháním jednoho elektronu kolem takového jádra.

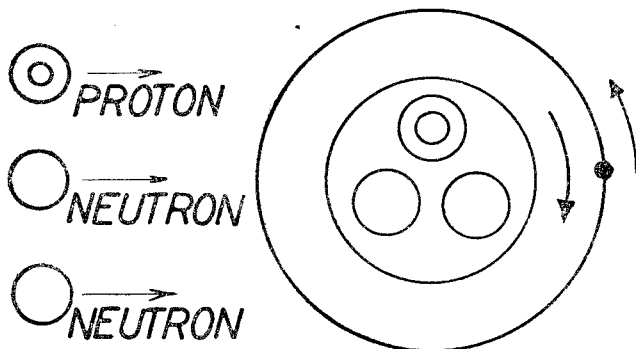
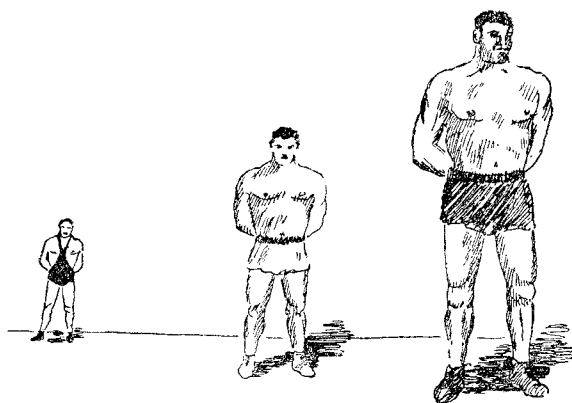
A podobně vznikl i ten nejtěžší bratr z vodíkové rodiny. Jenže k jeho vytvoření se spojily již 2 neutrony a 1 proton. — Zde to máte nakresleno. — Samozřejmě nesmíme zapomenout na obíhající elektron v každém z nich. Představme si, jako by se každý vodíkový bratr točil dokola s míčem, přivázaným na stejně dlouhém provázku.

Tak jsme se seznámili již u vodíku s třemi bratry a poznali jsme v nich látky, které moderní chemie nazývá i s o t o p y, to jest stejnomístnými prvky. Chceme tím říci, že v řadě 92 prvkových rodin patří tito vodíkoví bratři na stejné místo.

Vodíkoví bratři vznikali tedy současně, ale nesmíte si myslet, že snad ve veškerém vodíku, který ve Vesmíru vznikl, byli rovnoměrně rozděleni, na př. že $\frac{1}{3}$ ze všech vodíkových atomů patřila nejlehčímu vodíku a o zbývající $\frac{2}{3}$ že se rovnoprávně rozdělili druzí dva vodíkoví bratři. Nesmíte si dokonce myslet, že snad ti vypasení vodí-



Vznik těžkého vodíku



Vznik nejtěžšího vodíku



koví bumbříčkové vůbec ovládli pole a odstrčili ubohého nejlehčího bratříčka na poslední místo.

To je právě zajímavé, že vládu mezi těmito třemi vodíkovými bratry si uhájil ten nejmenší a nejlehčí. Docela podobně jako malý David z bible vyhrává i nejlehčí vodík ne nad jedním, ale dokonce nad dvěma Goliáši. Můžeme dobře posoudit, kolik je toho nejlehčího vodíku ve vodíkové rodině podle obyčejné vody. I ta je směsí nějakých 33 druhů vod, protože i v kyslíkové rodině, s níž vodík tvoří vodu, známe teď již čtyři kyslíkové bratry.

A teď se podívejte: v obyčejné vodě bylo nalezeno 99,7⁰/₀ vody, složené z toho ubohého, nejlehčího vodíku a z podobně ubohého, nejlehčího kyslíku. Na ostatních 32 druhů vody zbývají jen 3 desetiny procenta. To znamená, že na jednotlivé druhy připadne vždy pouhých několik setin procenta.

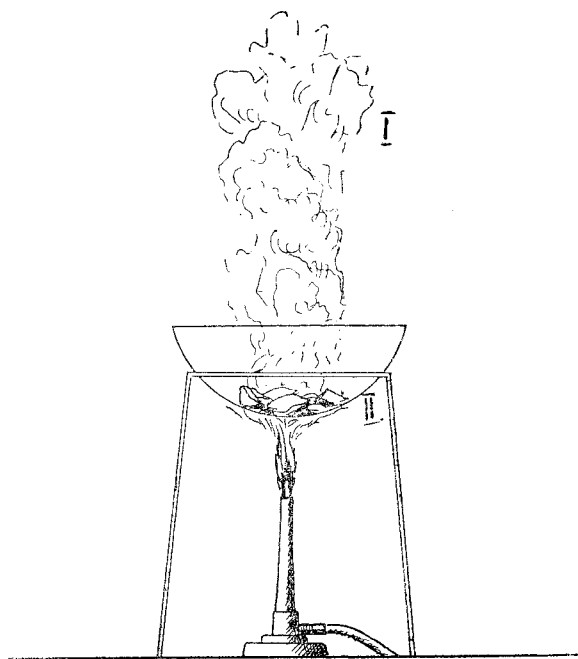
A víte, že v sobě shromažďujeme těžkou vodu?

Jednoduchý důvod je ten, že se potíme. A ze stejného důvodu ji v sobě shromažďují i zvířata i rostliny, ty dokonce ještě více než lidé a zvířata. Což nemají spoustu listů? A právě tím vypařují spousty vody.

A teď tu záhadu děláni zásob těžké vody v sobě, zvířatech a rostlinách vysvětlíme fyzikálně. Bylo četnými pokusy zjištěno, že při vypařování vody — a naše pocení není

nic jiného než vypařování — se vypařují nejdříve druhy lehké vody, takže tam, kde se voda hodně vypařuje, je kapalný zbytek bohatší na těžké druhy vody.

Proto se stáváme zásobárnami těžké vody lidé, zvířata, rostliny, ale s námi i moře a krystaly různých solí. U moře to chápete, protože se z něho stále voda vypařuje. Ale proč i krystaly? Protože krystalují s tak zvanou krystalovou vodou, která mnohdy takřka slepuje jejich krystaly. Vypuďte nějakým způsobem z krystalů tuto vodu, na př. ze skalice modré pálením. Voda vyprchá a krystaly nejen se rozpadnou na prach, ale ten ztratí dokonce i modrou barvu a zbledne. To všechno udělá ztráta té krystalové vody. Jenže můžeme na to vzít jed, že v parách, unikajících z krystalů, bude mnoho lehké vody. A nesmíme konečně zapomenout ani na ledovce, ať již na horách či někde u severní nebo jižní točny nebo konečně i v ledových jeskyních. Bůh ví,



I lehká voda se vypařuje,
II těžká voda zůstává v krystalech

jak jsou ty věčné ledovce staré. Za dlouhé věky se z nich vypařilo tolik lehké vody, že teď jsou ještě nevyčerpatelným zdrojem všech druhů těžké vody.

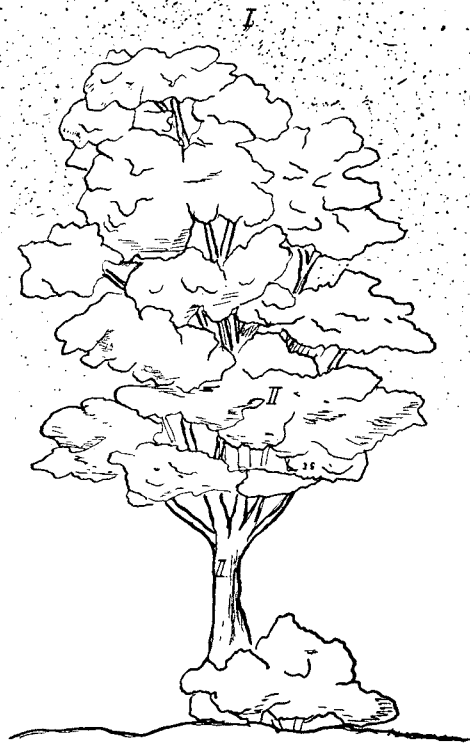
Opravdu: i samotná voda nám dokazuje, že vítězství malého vodíkového Davida nad vodíkovými velkými Goliáši je naprosté. A podobně je tomu i v ostatních prvkových rodinách. Skoro vždy jeden a většinou právě ten nejlehčí bratr má naprostou převahu. Jak vidíme, v rodinách prvků, v nichž přichází i počet 11 bratrů — u cínu — vítězí Davidové či Benjaminkové. Ti nejmenší.

Vodík, otec prvků

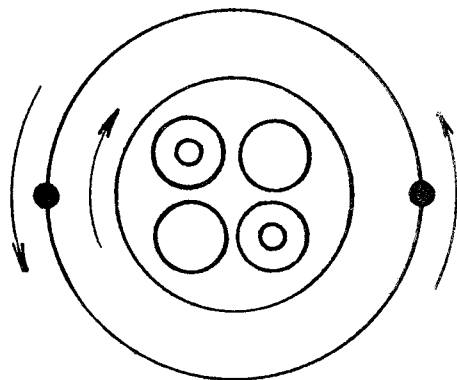
Jakmile ve Vesmíru začalo tohle tvoření atomů vodíkových, vypadalo to jako by byl dán povel ke vzniku i dalších, složitějších atomů. Nejprve asi vzniklo $h e l i u m$, lehký vzácný plyn, o němž jste již slyšeli, že se ho pro jeho nehořlavost užívá k plnění vzducholodí. A zase vznikli dva helioví bratři, jeden těžší ze dvou neutronů a ze dvou protonů, druhý lehčí, který se podobal nejtěžšímu vodíku; ten vznikl slepením jednoho neutronu a dvou protonů, kdežto, jak nesmíme zapomenout, u nejtěžšího vodíku to bylo obráceně: dva neutrony a jeden proton.

Vidíte na obou výkresech, že oba druhy helia čili oba helioví bratři mají vždy dva obíhající čili oběžné elektrony. Když to srovnáme s tím, že u vodíkových bratrů byl vždy jeden oběžný elektron a že vodíkové jádro, ať patří kterémukoliv z vodíkových bratrů, má vždy jen jeden proton, uvědomíme si u helia, že i zde se od sebe liší oba helioví bratři jen rozdílným počtem neutronů v jádře. Protonů směji mít jen tolik, kolik je oběžných elektronů.

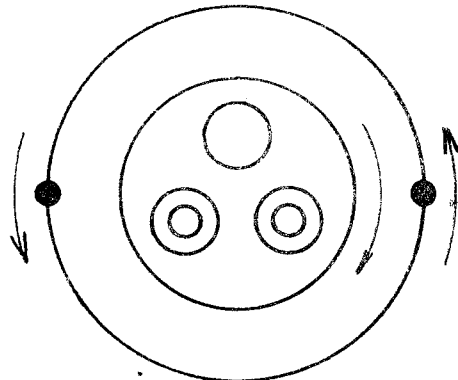
A podobně je tomu i u dalších prvků, které z vodíku vznikly. Nastávalo všeobecné klížení a lepení protonů a neutronů, jenže teď se do toho vložilo i helium a začalo se také slepovat s neutrony a protony. Vznikla tak atomová jádra prvků, z nichž si uveďme aspoň nejlehčí: lithium, beryllium, bor, uhlík, dusík, kyslík,



I molekuly lehké vody se vypařují,
II molekuly těžké vody zůstávají ve stromě



Těžké helium



Lehké helium

fluor, neon. Takových prvkových rodin vzniklo celkem 92 a v nich ovšem vzniklo i mnoho bratří — isotopů, takže s těmi isotopy by bylo prvků asi 260.

Prvkové rodiny vznikaly podle určitého pravidla. Každá následující měla víc o jeden oběžný elektron, jak jsme již viděli u vodíku a helia: vodík má jeden oběžný elektron, helium dva oběžné elektrony. Nuže, pak to přibývá: lithium má tři oběžné elektrony, beryllium čtyři, bor pět, kyslík šest až nakonec uran má 92 oběžných elektronů.

A opět se setkáváme s tím, co jsme viděli již u vodíku a helia. Každý prvek má tolik protonů, kolik má oběžných elektronů. Vidím již na vašich ústech zvědavou otázku: »K čemu to?« Odpovídám. Při tvoření prvků neplatí jen slepé pravidlo: kolik oběžných elektronů, tolik protonů v jádře. Toto pravidlo má též svůj účel. Protony mají kladné elektrické náboje, elektrony záporné. Je-li tolik kladných protonů v jádře, kolik je záporných elektronů kolem něho, pak se obojí náboje vzájemně ruší a atom vyjde do Vesmíru, jak jsme to viděli u neutronu, elektricky netečný, neutrálný.

Je vidět, že příroda zde má na mysli jakýsi ideál: aby byl klid. Nemá být přitahování ani odpuzování, každý si má chránit jen svůj klid, svoji svobodu. Tato tužba přírody zůstala pouhým přáním. Prvky si nedaly pokoj a začaly se slučovat. Skoro bychom řekli, že jeden druhému začal závidět, jestliže měl na šňůře více míčů — elektronů — a chtěl se mu nějak vyrovnati. A boj o míče — elektrony — je vlastně to, co nazýváme slučováním.



I molekuly lehké vody se vypařují
II v ledovci zůstávají molekuly těžké vody

Přirozeně čím více oběžných elektronů, tím je potřeba více kružnic, po nichž by mohly obíhat kolem atomového jádra. U helia vystačíme ještě s jednou kružnicí, po níž obíhají dva elektrony, u lithia musíme mít pro třetí elektron již druhou kružnici. Pravidelně je nutno přibrat další kružnici teprve tehdy, když má určitá kružnice osm elektronů. Vidíte, že teď bychom již nevystačili s představou chlapce, který by držel, jako u helia, v obou rukách po jednom míči. Teď by musil mít aspoň tolik rukou, kolik by bylo oněch kružnic, po nichž obíhají elektrony.

Atomy je pak možno představit si jako cibulku, jejíž slupky jsou obsazeny elektrony. Závist jiných prvků může se týkat pouze nejzevnější slupky, v níž by každý prvek měl nejraději osm elektronů. Proč, o tom si povíme něco v následujícím článku.

O vzácných plynech

Budu vám vypravovat teď něco o prvku, který vznikl asi hned po vodíku: o heliu. Je to zajímavý prvek. Patří mezi vzácné plyny a ty jsou jakousi šlechtou mezi plyny. Patří k nim helium, neon, argon, krypton, xenon. Jsou to vyložené šlechtické netýkavky, nestojící o styk, slučování s druhými prvky, ani se vzácnými kovy, jako se zlatem, platinou a pod., a to je už co říci, že ano? Trochu ta netýkavost souvisí s počítáním a — skoro bychom řekli — s vojenskými odznaky. Kdo má více hvězdiček, je vyšší pán a nestojí o styk s tím, kdo má hvězdiček méně. Hvězdičky u prvků, dělající z nich jakousi vojenskou šlechtu, jsou oběžné elektrony, obíhající kolem atomového jádra v nejzevnější obalové slupce. I u prvků je předepsán nejvyšší možný počet těchto hvězdiček: nejzevnější obal v atomech smí mít nejvýš osm elektronů. Postup do vyšší hodnoty je zakázán. Má-li nějaký prvek těchto osm hvězdiček od narození, t. j. od přírody, je velký pán. Těch osm elektronů-hvězdiček zabezpečuje mu skvělou soběstačnost, aristokratičnost, dělá z něho nedobytnou pevnost, ale zároveň i jakéhosi líného španělského granda, jak jej aspoň líčí cestopisy, který se již nepotřebuje o nic starat. Takový prvek je prostě netečný, líný. A vskutku, počet osmi elektronů v nejzevnějším obalu atomovém — představte si klidně atom jako cibulku, s níž odlupujete jednu slupku za druhou — je jakousi ohromně pevnou stavbou. Nemají-li ji prvky samy od sebe, hledí ji vybudovati slučováním, při kterém si berou a na druhé straně ztrácejí elektrony tak, aby ve vzniklé hmotné částici, kterou nazýváme molekulou sloučeniny, měl každý atom zespolečenštěním elektronů v nejzevnější slupce těchto osm elektronů. Při této honbě za chemickou vyvýšeností **n e k o v y** si obyčejně berou elektrony od kovů a **k o v y** obyčejně jsou **o e l e k t r o n y o b í r á n y**. Vypadá to nakonec tak, jako by při slučování prvků dvě cibulky srostly svými nejzevnějšími slupkami.

Helium je prvním členem rodilé chemické šlechty, i když nemá osm hvězdiček. Má jen dvě hvězdičky, nemá totiž prostě více elektronů, zatím co neon má 10, argon 18, krypton 36 a xenon 54 (z toho celkového počtu je ovšem osm elektronů v nejzev-

nější slupce). Ale i jediná slupka helia, třeba jen s dvěma elektrony-hvězdičkami je nedobytnou pevností. Ubožáci prvky, které teprve slučováním s jinými se stanou aristokraty. Helium má sice jen dva elektrony, více jich totiž nesmí být na jeho slupce, která je tak blízka k jádru, ale může se nafukovat: má prostě vše, co jen může mít, nepotřebuje se s nikým slučovat a zadávat své cti.

K čemu je vlastně helium dobré? Hlavně k plnění vzducholodí. Jinak se používá k plnění plynových teploměrů a spolu s neonem do neonových lamp. Hustotu má helium 0,137, ale vznosnost ve vzduchu jen o málo menší než vodík (vznosnost záleží na rozdílu mezi hustotou plynu a vzduchu). A kromě toho je vodík hořlavý, helium nehořlavé.

Kde najdeme helium?

A teď: kde se vlastně helium nachází? Na Zemi se ho nachází málo, hlavně je v některých uranových nerostech naschráněno v jejich dutinách, dále je v některých minerálních vodách a konečně v přírodních plynech, proudících ze země v naftových územích, a v traskavých plynech báňských. Ve vzduchu se ho nachází ještě méně, protože do něho vniklo ze Země; můžeme uvést i číslo: v 1,800.000 váhových dílech vzduchu je pouze jeden váhový díl helia. Mnoho helia se nachází jistě na Slunci, kde vzniklo hlavně samovolným rozpadem radioaktivních prvků, jako je radium, uran, v mlhovinách i v jejich sousedství, kde asi vzniká ze čtyř atomů vodíku helium umělé, t. zv. syntetické (složené). Část hmoty ze čtyř atomů vodíkových se při tom patrně promění v kosmické záření, jež zde na Zemi snad rozbíjí prvky — možná radioaktivní —, při čemž z nich uniká zase helium. Vypadá to skutečně jako tak mnoho jiných věcí v přírodě jako koloběh, jako jediný řetěz, v němž jeden článek zapadá do druhého. Představte si jenom: helium vzniká někde v nesmírných dálavách z vodíku, a mocné zářivé vlny při tom se uvolňující snad rozbíjejí zde na Zemi radioaktivní prvky a uvolňují z nich zase helium.

Tím přecházíme k otázce vzniku helia na Zemi. Vzniká opravdu rozkladem radioaktivních prvků, jejichž vlastností je, že se neustále rozpadají na jednodušší částice hmoty i prvky, ale velmi pomalu. (Soudíme, že radioaktivní prvky jsou v Zemi nejhlouběji 20 km pod povrchem.) Představte si, že z jednoho gramu uranu vznikne 1 cm³ helia teprve za 10 milionů let; vedle uranu je helium vyzařováno ještě hlavně radiem a thoriem. Jak je asi Země stará, jestliže z ní vyprchalo tolik helia, kolik jsme ho dosud upotřebili! A vskutku odhadujeme stáří Země z množství helia a z množství olova. Neboť helium a olovo je vše, co nakonec zbude z radioaktivních prvků. Ovšem i když jsme smířeni s nejdelším možným stářím Země — podle vývoje života na Zemi počítáme stáří Země nejméně na jednu miliardu let — přece jenom nyní známé radioaktivní prvky (p o l o n i u m s 84 oběžnými elektrony, r a d i u m s 88 elektrony, a k t i n i u m s 89, t h o r i u m s 90, p r o t a k t i n i u m s 91, u r a n s 92) nestačí ke vzniku dosud získaných nebo odhadnutých zásob helia. Soudíme tedy, že v dávné minulosti bylo na Zemi více radioaktivních prvků, jak to ostatně předpokládáme i na Slunci. Tyto prvky by v řadě

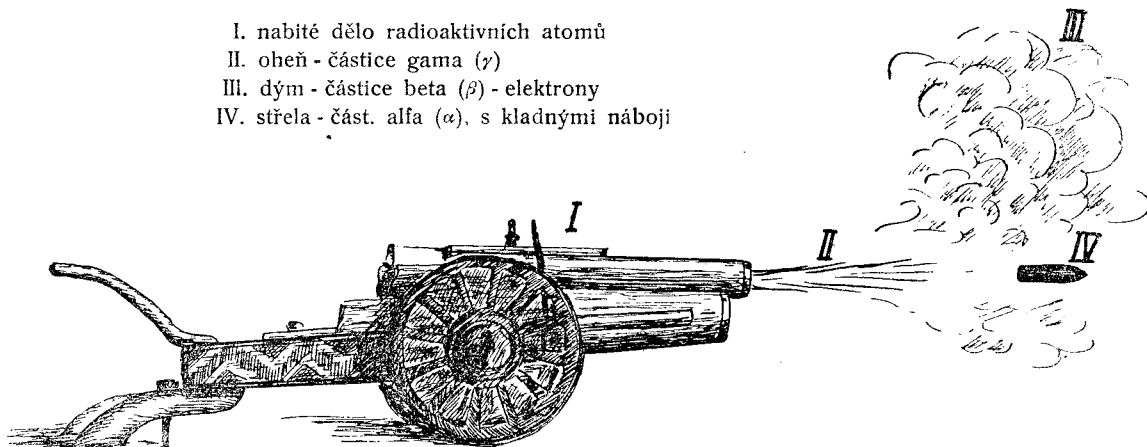
prvků, jichž počítáme 92, zaujímaly místo až za uranem, jenž je zatím poslední. Náš odhad, že v minulosti bylo na Zemi a že na Slunci i jiných stálicích je dosud stále více prvků než 92, se zdá být ve shodě s nejmodernějšími pokusy, jimiž vyrábíme uměle prvky, které bychom musili zařadit až za uran. Ale soudíme spíše, že tyto uměle vyrobené prvky jsou spíše směsami lehčích prvků a že těžší radioaktivní prvky jsou jen na hvězdách.

Radioaktivita

Řekli jsme, že helium uniká z jader radioaktivních prvků. Uniká z nich vlastně v podobě svého atomového jádra, bez obou oběžných elektronů. Jsou to t. zv. paprsky *alpha*. Prozradím vám tajemství; my vlastně předpokládáme tato heliová jádra i v jádrech některých prvků neradioaktivních, na př.: v uhlíku, kyslíku, neonu, hořčíku, křemíku, síře, argonu, vápníku, titanu, chromu atd. Všechny takové prvky by tedy byly vlastně též radioaktivní, bylo by potřeba jim jenom uměle rozbít jádra, aby z nich vyklouzlo helium. Samovolný rozklad u nich neznáme, kdežto u prvků radioaktivních můžeme mluvit o samovolném rozkladu. Zdá se, že čím jsou prvky těžší (a prvky radioaktivní jsou těžké), tím nesnadněji se v jejich jádrech udrží uzlíčky heliových jader. Zaručeně radioaktivní jsou lehké kovy *draslík a rubidium*. Jejich radioaktivita je způsobena patrně některým bratrem z jejich rodiny, v jehož jádře je obsaženo helium. Německo děkuje právě radioaktivitě těchto kovů za to, že bohatá ložiska draselných solí u Stassfurthu (severozápadně od Lipska) mají v sobě také trochu helia.

Ale musíme si spolu promluvit o všem, co vzniká při rozkladu radioaktivních prvků. Zatím jsem vám to jen tak trochu nakouzl, když jsem řekl, že vzniká helium — vlastně paprsky *alpha* — a olovo. Proč se říká těm paprskům *alpha*? To je přece začáteční písmeno řecké abecedy, jaké užíváme k označování úhlů v měřictví, a vypadá to tak, jako by po

- I. nabitě dělo radioaktivních atomů
- II. oheň - částice gama (γ)
- III. dým - částice beta (β) - elektrony
- IV. střela - část. alfa (α), s kladnými náboji



paprscích alfa měla následovat celá abeceda záření. Tak zlé to není. Celá abeceda těch paprsků to nebude, ale přijdou na řadu aspoň paprsky b e t a a g a m a.

Ty paprsky či — lépe řečeno — částice b e t a jsou staří známí, jsou to elektrony, vyletující z atomových jader, a konečně — do třetice všeho dobrého — vyletuje z radioaktivních prvků ještě záření g a m a. To je takřka nehmotné, je to vlastně světlo, které je však pro nás neviditelné proto, že se skládá z vlnek daleko kratších, než je světlo ultrafialové, které, jak již víme, také nevidíme.

Nejlépe si představíme takový rozklad radioaktivního atomu tak, že si ten atom nakreslíme jako nabitě dělo v okamžiku výstřelu. Vidíme při tom tři věci: střelu, kouř a oheň. Letící střela, nejtěžší z těchto tří věcí, je jakoby částice a l f a, kouř, proti střele samozřejmě daleko lehčí, jsou částice b e t a a oheň, nejlehčí ze všeho, je záření g a m a. Při vzniku částic beta (elektronů) při rozkladu neutronů v jádře na protony a částice beta vznikají patrně neutrina. Bylo by tedy neutrino též základní částicí hmoty doplňující větší svou rychlostí případně menší rychlost a tím i energii částic beta.

Umělá radioaktivita

Částice alfa jsou velmi úslužné. Víte, že s jejich pomocí můžeme přeměňovat prvky, po případě vyrábět uměle jiné radioaktivní prvky? Představte si, že byste měli v malé zkoumavce bílou sůl některého radioaktivního prvku, na př. sloučeninu radia a bromu (bromid radnatý) a tu zkoumavku byste upevnili na stěnu válce, v němž by byl dusík. Z dusíku — třebaže ne ze všeho — se stane, jak učenci neomylně zjistili, kyslík. Jak to? Helium čili částice alfa, vyletující z radioaktivní soli, vrazí do dusíkového atomového jádra, vyrazí z něho vodík — proton —, který odletí, a samo se tam usadí jako vrabec ve špaččí budce. Jenže tím se dusíkové jádro, které jsme přirovnali k špaččí budce, stane těžším a tím se promění ve skutečný kyslík, který je těžší než dusík.

Takováto přeměna, způsobená jakoby prudkým nárazem — čili bombardováním — částic alfa na dusíková jádra, není ještě výrobou umělých radioaktivních prvků. To by musily z pochroumaného bombardovaného jádra některého prvku létat aspoň částice b e t a. Z počátku k tomu užívali jen částic alfa, dnes se k tomu užívá lehkého a těžkého vodíku (toho dvakrát tak těžkého, jako je první, tak zvaného d e u t e r i a). Mají lehký nebo těžký vodík v komoře, v níž se atomy plynu srážejí s elektrony, vystupující ze žhavého wolframového drátu a stávají se kladně nabitými, ztrácejíce srážkami své elektrony.

Kladné atomy vodíku čili ionty jsou strhovány silným elektrickým polem mezi dvě elektrody podoby *D*. Magnetické pole, vytvořené elektromagnetem, umístěným pod komorou, způsobuje kruhový pohyb vodíkových iontů, které se při kruhovém pohybu stále zrychlují, takže vyletí pak z komory, zvané *cyklotron*, s nesmírnou rychlostí a mohou úspěšně bombardovati vše, co jim přijde do cesty. Takto bylo vyrobeno z lithia

radioaktivní beryllium, rozpadající se na dvě částice alfa, radioaktivní sodík z kuchyňské soli atd.

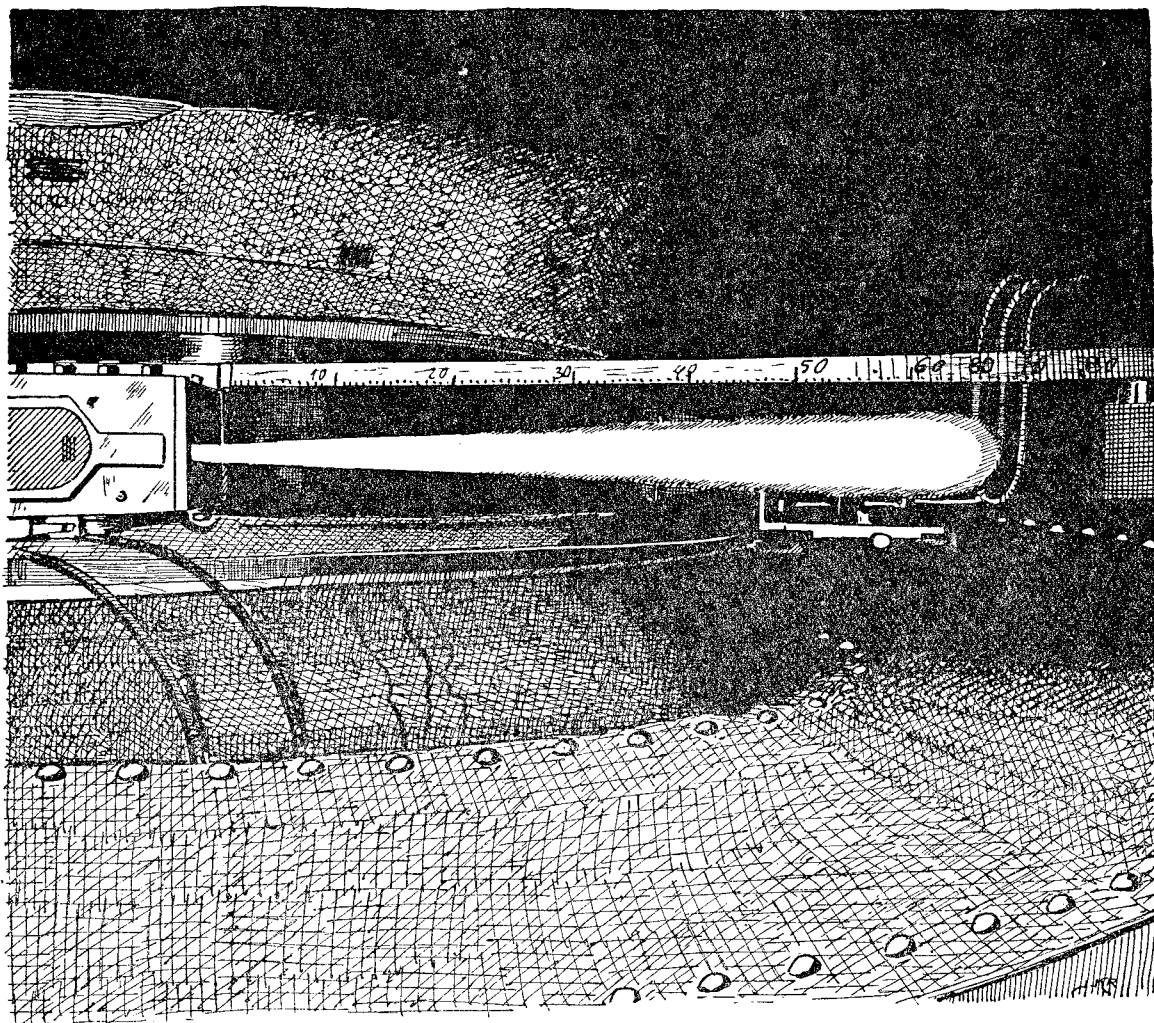
Na obrázku (str. 28) je cyklotron a svazek paprsků deuteronu, dlouhý 60 cm a svítící modrou barvou.

Helium jako částice alfa

Vraťme se ještě k rozkladu radioaktivních prvků. Helium z nich vyletí jako volný pták. Je sice bez dvou elektronů, ale co by si z toho dělalo? Ve vzduchu je takových elektronů spousta, v kovech i jiných látkách také. V kovech se uvolní patrně při jejich výrobě, ve vzduchu jsou elektrony uvolňovány již radioaktivními paprsky, unikajícími ze Země do výšky několika set metrů. Žijeme v stálém bombardování: molekuly plynů ve vzduchu jsou bombardovány radioaktivními paprsky ze Země, kosmickými paprsky a prostě zářením všeho druhu. To vše odtrhuje elektrony z nejzvnější slupky plyných atomů ve vzduchu, takže ve vzduchu létají nejen atomy se všemi elektrony, ale i atomy s odtrženými elektrony (to jest ionty) a konečně i samotné odpárané elektrony. Tomu celému divadlu říkáme ionisace vzduchu a jí děkujeme za to, že vzduch jest elektricky vodivý. Není tedy pro helium žádnou obtíží zmocnit se zase nějakých dvou elektronů. Helium je nespolečenská netýkavka, jak jsme slyšeli, ale vidíte, na pohodlný život v jádrech jiných atomů je nachytáte. Připomenu jen, co již známe: bombardujte alfa-paprsky na příklad dusík; částice alfa — helium — vnikne do dusíkového jádra, vystrčí odtud proton — vodíkové jádro — a z dusíku vznikne kyslík za současného uvolnění vodíku. Není nad pohodlný život v atomovém jádře.

Helium v zemi

Nejvíce helia má dnes Amerika v severním Texasu. Helium je tam hlavně rozpuštěno v naftě. Je v ní vlastně rozpuštěna radia emanace (emanace=vyzařování), plyn, který za uvolňování helia vzniká z radia a jež pokládáme za samostatný prvek. Emanace se rozkládá zase dále, až z ní zbude nakonec olovo, a při tom se zase uvolňuje helium. Nedisíme se, že emanace i jiných radioaktivních prvků a helium vůbec nalézáme v naftě. Nafta vyplňuje v horninách póry, jako stvořené k tomu, aby se do nich uchylovala nafta a plyny, z nafty pak vstupuje helium i do přírodních plynů, skládajících se hlavně z methanu a doprovázejících naftu. Po té stránce by se měla přírodním plynům věnovat pozornost. Dobývají na př. měsíčně průměrně po 20.000 m³ přírodního plynu ve Gbelích na Slovensku a ve Vacenovicích (severně od Hodonína). Ve gbelském plynu na Slovensku je na př. 95,50% methanu, 1,54% kysličníku uhličitého, 2,90% dusíku, trochu kysličníku uhelnatého a nenasycených uhlovodíků. Snad právě v podílu, připadajícím na dusík, by mohlo být helium. Podobně je tomu asi u hodonínského plynu. Ovšem mnoho helia očekávat zde nemůžeme. V severním Texasu mají v přírodním plynu nejvíč 2% helia, ale továrna v Amarillo ho vyrábí měsíčně i z toho mála 60.000 m³. Samozřejmě daleko lépe než střední Evropa je na tom, při svém petrolejovém bohatství blízké Rumunsko. Podmínkou pro nadějnější získání helia je vrtání na



naftu do větších hloubek. V střední Evropě se vrtá dosud málo hluboko: ve Gbelech byla průměrná hloubka vrteb 140 m, ve Vacenovicích na Moravě pak 390 m.

Nakupením helia do zemských dutin si vysvětlíme přítomnost helia v uhelných dolech, kde se helium hromadí v pórech uhlí a v minerálních vodách. Po této stránce je bohatá zvláště Francie, jejíž některé minerální prameny mají až 10⁰/₀ helia, ale pro praktické využití je toho přece jenom příliš málo. U nás Dr. Santholzer zkoušel radioaktivitu krkonošských vod. Je v nich zaručeně rozpuštěna radiová emanace a proto v jejich blízkosti ve vzduchu bude jistě i více helia. Podle výsledku jeho měření lze souditi, že bude helium jistě v studni Ski-Müllera u Harrachova na Benecku v Bátorově rokli a v lese nad Adolfem v prameni Ambrožově u Žalého. Ovšem k výrobě to nestačí. Tak co nám zbývá, abychom toho helia přece jen trochu měli? Jen naše přírodní plyny a výroba helia ze zkapalněného vzduchu. Nebo bychom snad měli napodobit přírodu a vyrábět h e l i u m z v o d í k u ?

Mendělejevova soustava

Číslice a prvky

Bylo vám možná nápadné, když jsme mluvili o vzácných plynech, že jsme se nějak nápadně často obírali číslicemi. Mluvili jsme již předtím o tom, jak prvky mají postupně stále více oběžných elektronů, mluvili jsme o 92 prvcích a zatím jsme jen tak všeobecně naznačovali, že jsou prvky lehčí a těžší. A to víte: různě velká váha to jsou zase číslice.

Teď nám nezbyvá, než se do číslic zakousnout trochu hlouběji. V chemii má číslo velký význam. Již slavný řecký myslitel *P y t h a g o r a s* učil, že číslo je základem všeho. V chemii mu dáváme za pravdu, neboť prvky se od sebe liší skutečně číslicemi: především různým počtem oběžných elektronů a stejným počtem jadrových protonů.

Počet oběžných elektronů je tedy důležitým číslem a nazýváme jej číslem *a t o m o v ý m*. Rozumíme tím však zároveň ještě něco jiného. Jestliže se prvky od sebe liší počtem oběžných elektronů, přibývajících vždy o jeden, pak to doopravdy vypadá tak, jako by příroda seřadila prvky v číselné řadě od jednotky do čísla 92. Prvním prvkem v řadě by byl vodík, posledním devadesátým druhým by byl uran.

Mnoho učenců se pokoušelo o různé seřazení těchto 92 prvků do určitého počtu vodorovných řad a svislých skupin, protože poznali, že některé prvky mají podobné vlastnosti či zvyky. Chemicky bychom to mohli říci tak, že se chovají k jiným prvkům podobně a že s nimi vytvářejí podobné sloučeniny. Největší zásluhu o správné seřazení prvků má ruský chemik *M e n d ě l e j e v* (1834—1907), jehož tabulku prvků zde vidíte.

Procházka periodickou soustavou prvků

Abych s vámi dlouho nechodil okolo téhle tabulky, jako okolo horké kaše, řeknu raději hned, jak jí v chemii odborně říkáme. Je to *p e r i o d i c k á s o u s t a v a* (periodický systém) prvků. Tak vida: soustava znamená asi tolik jako uspořádaný nejmenší národ světa, národ 92 prvků.

A co znamená to slovo »periodická«? Asi tolik jako něco, co se pravidelně opakuje. Víte, že často při dělení čísel vám vyjde za desetinnou tečkou — my budeme v knize užívatí důsledně desetinné čárky, budeme tedy raději říkat: za desetinnou čárkou — jedna či více číslic, které se stále opakují. Říkáme těm číslicím *p e r i o d a* čili *o b č í s l í*.

I v soustavě prvků se opakují v osmi svislých skupinách, označených v prvním vodorovném řádku římskými číslicemi a rozdělených ještě na levé podskupiny, označené písmenem *a*, a na pravé podskupiny, označené písmenem *b*, prvky podobných zvyků, podobných vlastností.

Na druhém vodorovném řádku trůní již pyšně dvojice prvků: vodík v I. svislé

Mendělejevova soustava

Kčíslo	Skupina I.		Skupina II.		Skupina III.		Skupina IV.		Skupina V.		Skupina VI.		Skupina VII.		Skupina VIII.		Základní perioda
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
1.	H 1,0078 1. vodík															4,002 helium 2.	Základní perioda
2.	Li 6,940 3. lithium	Be 9,02 beryllium 4.	B 10,82 bor 5.	C 12,01 uhlík 6.	N 14,008 dusík 7.	O 16,00 kyslík 8.							F 19,00 fluor 9.		20,183 Ne neon 10.	První jednodušá perioda	
3.	Na 22,997 11. sodík	Mg 24,32 hořčík 12.	Al 26,97 hliník 13.	Si 28,06 křemík 14.	P 31,02 fosfor 15.	S 32,06 síra 16.							Cl 35,457 chlor 17.		39,944 A argon 18.	Druhá jednodušá perioda	
4.	K 39,096 19. draslík	Ca 40,08 20. vápník	Sc 45,10 21. skandium	Ti 47,90 22. titan	V 50,95 23. vanad	Cr 52,01 24. chrom							Mn 54,93 25. mangan		Fe 55,84 26. železo	První dvojnásobná perioda	
5.	Cu 63,57 měď 29.	Zn 65,38 zinek 30.	Ga 69,72 galium 31.	Ge 72,60 germanium 32.	As 74,91 arsen 33.	Se 78,96 selen 34.							Br 79,916 brom 35.		Ni 58,69 27. kobalt	První dvojnásobná perioda	
6.	Rb 85,48 37. rubidium	Sr 87,63 38. stroncium	Y 88,92 39. yttrium	Zr 91,22 40. zirkon	Nb 92,91 41. niob	Mo 95,00 42. molybden							Ma 98,90 43. masurium		Ru 101,7 44. ruthen	Druhá dvojnásobná perioda	
7.	Ag 107,88 stříbro 47.	Cd 112,41 kadmium 48.	In 114,76 indium 49.	Sn 118,7 cín 50.	Sb 121,76 antimon 51.	Te 127,61 telur 52.							I 126,92 jod 53.		Xe 131,3 xenon 54.	Druhá dvojnásobná perioda	
8.	Cs 132,91 55. cesium	Ba 137,36 56. baryum	La 138,92 57. lanthan	Ce 140,13 58. cer	Pr 140,92 59. praseodym	Nd 144,27 60. neodým							Il 146,0 61. illinium				
9.	Sm 150,43 62. samarium	Eu 151,0 63. europium	Gd 156,9 64. gadolin.	Tb 159,2 65. terbium	Dy 162,46 66. dysprosi.	Ho 163,5 67. holmium							Er 167,04 68. erbium				Velká perioda
10.	Tu 169,4 69. thulium	Yb 173,04 70. ytterbium	Lu 175,0 71. lutecium	Hf 178,6 72. hafnium	Ta 180,88 73. tantal	W 184,0 74. wolfram							Re 186,31 75. rhenium		Os 191,5 76. osmium		
11.	Au 197,2 zlato 79.	Hg 200,61 rtuť 80.	Tl 204,39 thallium 81.	Pb 207,21 olovo 82.	Bi 209,0 vismut 83.	Po 210,0 polonium 84.							Ab 221,0 alabamin 85.		Rn 222,0 radon 86.		
12.	Ra 226,07 87. ekacesium		Ac 226,0 89. aktinium	Th 232,12 90. thorium	Pa 231 91. protaktin.	U 238,07 92. uran										Radioaktivní perioda	

skupině a helium v VIII. svislé skupině. Všimněte si, že každý prvek a ovšem již tito dva vůdci či náčelníci soustavy mají nad svým názvem, vyhlížejícím někdy strašně cizokrajně a nezvykle, buď jedno velké písmeno nebo dvě písmena — jedno velké a jedno malé. Jsou to tak zvané značky prvků (cizím slovem *s y m b o l y*), jakýsi chemický těsnopis čili zkratky, vytvořené ze začátečních písmen latinských či řeckých názvů prvků. Začíná-li název několika prvků stejným začátečním písmenem, přidáme k tomuto stejnému začátečnímu písmenu ještě nějaké jen trochu nápadnější písmeno z názvu.

Nechceme této náčelnické dvojici, která zahazuje průvod národa prvků, lichotit, ale vskutku na ní záleží všecko. Což jsme již nemluvili o vodíku, třeba jen v podobě jeho jádra — protonu — a o heliu jako o základních kamenech či složkách, z nichž jsou slepeny všechny prvky?

Pravda, že helium není přítomno ve všech prvcích, je jen v těch, u nichž celá čísla — beze zlomku — napsaná vedle značek jsou dělitelna čtyřmi. Důvod toho si brzy povíme, ale i to stačí k tomu, aby helium trůnilo vedle vodíku jako stavitel i stavební kámen prvků. U prvků jako vůbec všude v neživé přírodě to vypadá opravdu tak, že stavitel a stavební kámen je totéž. Ty stavební kameny jsou totiž velmi pohyblivé a podnikavé, přitahují a nebo odpuzují, jako by byly živými, rozumnými bytostmi.

Římské číslice I až VIII znamenají nejen zařazení podobných prvků do jedné skupiny, ale také »kolikamocné« jsou prvky v těchto skupinách. »Mocenství« prvků znamená opravdu jakousi skutečnou moc či sílu, jevící se v tom, kolik atomů vodíku nebo jiného prvku, jímž lze vodík nahradit, může atom určitého prvku u sebe udržet a vytvořit s ním sloučeninu.

Mocenství je vlastně hrou či bojem o oběžné elektrony: k o v y, jak již víme, setkají-li se s atomy jiných prvků, prohrávají, ztrácejí elektrony a jiné prvky, n e k o v y na nich elektrony vyhrávají. A kolik elektronů určitý prvek prohraje či vyhraje, takové má mocenství.

Jsou ovšem, jak již víme také prvky, které o cizí elektrony nestojí. Jsou to vzácné plyny, s kterými se zde opět setkáváme v VIII. svislé skupině. Tato skupina je jakýmsi záchranným prámem, na němž se shromažďují nejen prvky, které jako povýšené netýkavky nestojí vůbec o slučování s jinými, jsou tam totiž prvky i správně osmi-mocné jako na př. osmium, ale nalézají tam útočiště i jiné prvky, jejichž mocenství je rozhodně nižší, na př. železo, kobalt, nikl. Osmá skupina je jakýsi velký nájemní dům, v němž žije pohromadě šlechta — vzácné plyny — s boháči, drahými kovy, i s chudáky, k jakým patří na příklad železo a které bylo těžko jinam zařadit.

Všimněme si teď I. svislé skupiny. Vidíme pod římskou jedničkou stejně jako pod ostatními římskými číslicemi, vyjímaje římskou osmičku, písmena *a* a *b*. Již jsme se o nich zmínili, teď si jejich význam vysvětlíme blíže. Ale nejprve k té římské jedničce. Podle toho, co jsme dosud řekli, znamená tato jednička, že prvky pod ní seřazené jsou jednomocné. Jsou to kovy, které při slučování s nekovy ztrácejí jeden elektron, a písmena *a* i *b* zavádějí mezi nimi ještě pododdělení, stejně jako i v následujících svislých skupinách. Písmena *a* i *b* zkrátka naznačují, že i v jednotlivých svislých skupinách přes to, že jsou v nich seřazené podobné prvky, některé z nich jsou si více podobné než

druhé, které opět jsou si více podobné než první. A tak zkrátka a dobře zařazujeme prvky, které tak tvoří dvě podskupiny, do těchto oddělení *a* i *b*.

Význam dalších římských číslic již nemusím vykládat. Znamenají jednak mocenství, jednak počet elektronů, které může prvek ztratit.

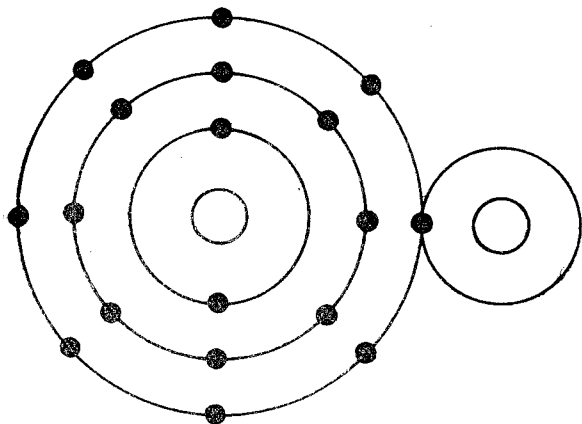
Pod značkami prvků jsou uvedena celá čísla, která, jak vidíte, rostou od 1 do 92. Jsou to vlastně pořadová čísla, označující, na kolikátém místě v soustavě prvků je určitý prvek. Ale my již víme, že tato čísla také znamenají, kolik oběžných elektronů a ovšem i jim odpovídajících protonů v jádře prvek má. Říkáme těmto číslům *atomová čísla*. Můžete jimi určit kterýkoli prvek. Dříve, než byl takovýto pořádek mezi prvky zaveden, musilo se říci na př. o kyslíku mnoho věcí, aby ten, kdo nás poslouchal, věděl, že se jedná o kyslík. Musili jsme říci, že je to plyn bezbarvý; podporující hoření a dýchání, tak a tak těžký atd. Dnes má každý chemik vědět, že kyslík je prvek číslo 8. Ať se zvědavci podívají na bližší údaje do Mendělejevovy soustavy.

Doplňte si u některých prvků celé názvy: u 44. *Ruthenium*, 45. *Rhodium*, 46. *Palladium*, 64. *Gadolinium*, 66. *Dysprosium*, 91. *Protaktinium*.

Všimněte si též, že na pravé straně jsou nápisy: základní perioda, první jednoduchá perioda atd. Vysvětleme si je tak, že původně by mělo vždy jen osm prvků v jednom vodorovném řádku (je takových řádků celkem 12) tvořit jednu periodu, po níž by přišly na řadu prvky sobě podobné. Počínaje draslíkem ukázalo se účelným spojovat ve větší periody i více vodorovných řádků čili řad.

Divné chování některých prvků

Kdybychom měli čas zastavit se trochu déle u Mendělejevovy soustavy a zároveň probírat jeden prvek za druhým, viděli bychom, že prvky mohou mít různé mocenství. Vezměme si na př. chlor v VII. skupině. Ten má být podle svého zařazení sedmimoc-



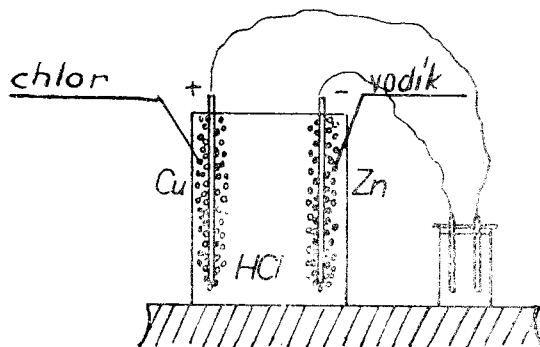
Molekula chlorovodíku.
Chlor + vodík = chlorovodík.

ný, a také jím je, jenže jenom vůči kyslíku. Při slučování s ním ztrácí svých sedm elektronů, které má v nejzevnější slupce. Vůči vodíku je však chlor jen jednomocný, ovšem při slučování s ním získává jeden elektron. Nebo některé kovy mají vůči kyslíku různé mocenství, na př. železo, které je k němu jednou dvojmocné, po druhé trojmocné, olovo je jednou dvojmocné, jindy čtyřmocné. Záleží zde na řadě okolností, které způsobují, že železo za určitých podmínek ztrácí jen dva elektrony a za jiných podmínek tři elektrony.

Zajímavé je také chování vodíku. Jinak se chová při slučování s kovy, s nimiž

tvorí tak zvané hydridy, a s nekovy. Po-
známe jeho různé chování i různý způsob
sloučení při elektrolyse, t. j. při rozkladu
jeho sloučenin elektrickým proudem.

Mysleme si, že zavedeme stejnosměrný
proud z baterie olověných akumulátorů do
roztoku kyseliny solné ve vodě. Její vzorec
(formulka) je HCl , t. j. jeden atom vo-
díku je sloučen s jedním atomem chloru.
Vzoreček této kyseliny je totožný se vzor-
cem chlorovodíku, jehož model z atomu
chloru a vodíku jsme si nakreslili výše. Po-
stavme do roztoku kyseliny destičku měďe-
nou, tak zvanou a n o d u, a tyčinku zinko-
vou, jako tak zvanou k a t o d u.

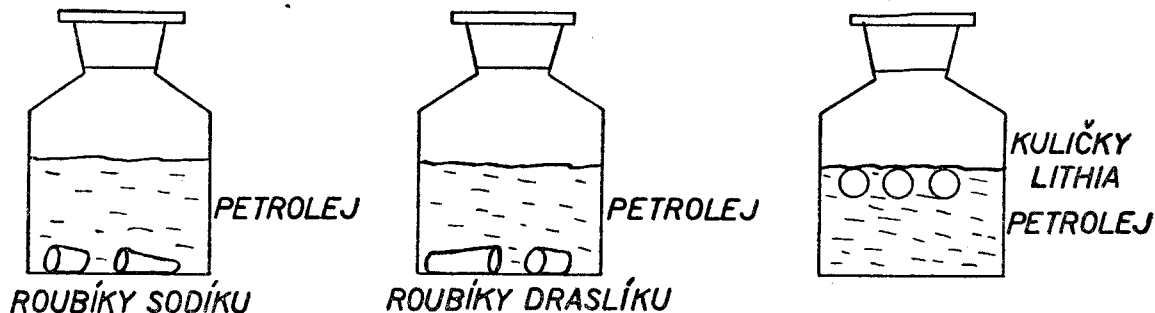


Elektrolysa kyseliny solné

Anoda je nabitá kladně, katoda záporně. A co uvidíme? Na obou kovech, tak zva-
ných elektrodách, se budou vylučovat bublinky plynu, jenže na kladně nabitě anodě
to budou bublinky chloru, jak snadno poznáme podle zápachu, kdežto na záporně na-
bité katodě to budou bublinky vodíku. Protože toto vylučování se děje na základě vzá-
jemné přitažlivosti a přitahují se látky pouze opačně nabitě, je zřejmo, že vodík zde
bude nabit kladně a chlor ovšem záporně. Můžeme říci, že vodík je zde prvkem elek-
tropositivním.

Naprosto obráceně by tomu bylo, kdybychom rozkládali elektrickým proudem
sloučeninu vodíku s prvkem z I. skupiny, na příklad s lithiem. Vodík skutečně takovou
sloučeninu tvoří. Je to hydrid lithia LiH . (Lithium je kov podobný sodíku a draslíku
a chová se stejně jako tyto dva kovy pod petrolejem, jenže je mnohem lehčí. Zatím
co sodík a draslík se v petroleji drží u dna, lithium na petroleji plave.)

Kdybychom tedy roztavený hydrid lithia rozkládali též elektrickým proudem,
vylučoval by se vodík na opačném pólu, na anodě, zhotovené na příklad z uhlíkového
roubíku, jakého se užívá v obloukové lampě, takže by zde zřejmě byl prvkem elektro-
negativním (záporným), zatím co lithium by se vylučovalo samozřejmě na elektrodě
záporné čili na katodě. Takto nabitým nejmenším částicím prvků — atomům — ří-
káme i o n t y. Vylučují-li se na anodě, jsou to a n i o n t y, vylučují-li se na katodě,



jsou to k a t i o n t y. Rozdílné chování při elektrolyse pozorujeme i u jiných prvků, takže můžeme všeobecně říci, že prvky se mohou chovat jednou jako kladné, jindy jako záporné. Souvisí to se získáváním či ztrácením oběžných elektronů. Ztratí-li elektrony, chovají se kladně, protože se uplatní převaha kladných nábojů, obsažených v jejich jádrech; získají-li nějaký elektron, musí se chovat záporně, protože jim přece v elektronech přibýly záporné náboje.

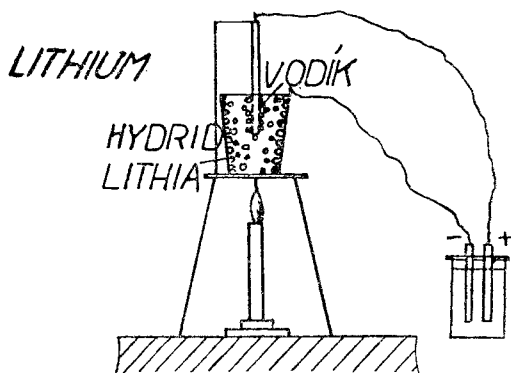
Kolik vlastně váží atomy?

Ale počkat! zadřujete mne. Ještě nevíme, co znamenají číslice vedle značek prvků. To, milí přátelé, jsou tak zvané a t o m o v é v á h y. Jsou to podobně nepojmenovaná čísla jako je na příklad hustota. Ta nám udává, kolikrát je nějaká látka těžší než stejný objem vody, a atomová váha nám udává, kolikrát je atom některého prvku těžší než atom nejlehčího prvku — vodíku.

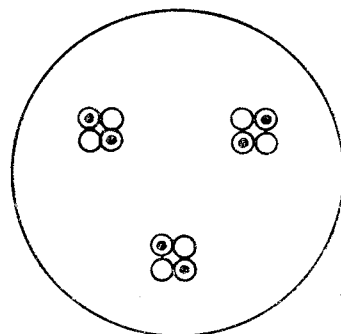
Skutečnou váhu vodíkového atomu již známe: dělá 0,00000000000000000000000017 g. Násobte tuto nesmírnou tíhu na př. číslem 16, což je atomová váha kyslíku, a dostanete skutečnou váhu kyslíkového atomu. Stejně byste dostali skutečnou váhu na př. rtuti (prvek č. 80) nebo uranu (prvek č. 92), zkrátka váhu kteréhokoliv prvku, kdybyste násobili onu nepatrnou skutečnou váhu atomu vodíku atomovou vahou příslušného prvku.

Ještě na dvě věci u atomových vah bych vás rád upozornil. Především na ty atomové váhy, jejichž celá čísla před desetinným zlomkem jsou dělitelná číslem č t y ř i. Všimněte si na příklad uhlíku (prvek číslo 6) s atomovou vahou 12, kyslíku (prvek č. 8) s atomovou vahou 16, hořčíku (prvek č. 12) s atomovou vahou 24 atd.

U těchto prvků předpokládáme, že v jejich jádrech jsou heliová jádra, jak jsme se o tom již dříve zmínili. Všimněme si, že atomová váha helia je 4,002, okrouhle č t y ř i. Vyhlíželo by tedy na př. uhlíkové jádro takto:



Elektrolysa hydridu lithia
(anoda je uhlík, katoda je železný kelímek)



JÁDRO UHLÍKOVÉHO ATOMU

Mělo by tři heliová jádra. Zároveň si všimněte, že atomová váha uhlíku je 12, tedy právě třikrát tolik, kolik činí atomová váha helia. Kyslíkové jádro by mělo čtyři heliová jádra, protože atomová váha kyslíku je čtyřikrát větší než atomová váha helia. Musili byste si tedy kyslíkové jádro představit jako větší uzlík se čtyřmi menšími heliovými uzlíky. A tak bychom mohli pokračovat dál a dál.

Ale najednou mne zarazíte: Nepletete nějak dohromady ty váhy jader a atomové váhy? Skutečně to tak vypadá: počítáme na př. atomovou váhu helia jako číslo čtyři a kreslíme při tom jen heliové jádro, oběžné elektrony jsme nějak vynechali a zdá se, že jsme to udělali i u uhlíku a u kyslíku.

Přiznám se, že to je skoro úmyslně. Na atomovou váhu prvků i na skutečné váhy jejich atomů nemají oběžné elektrony skoro žádný vliv; jsou tak nepatrné, že váhu atomů vytvářejí vlastně jen jejich jádra, složená, jak jsme již poznali, jen z protonů a neutronů.

Váhy obou těchto jadrových složek pokládáme za přibližně stejné a rovné jednotce jako jakési základní váze hmoty. Podle toho je atomová váha prvku tak velká, kolik má ve svém jádře dohromady protonů a neutronů. A co byste řekli malému odčítání? Podívejte se: na př. atomová váha uranu je přibližně 238, jeho atomové číslo je 92. To znamená, že má 92 oběžných elektronů a samozřejmě i 92 protonů uvnitř jádra. Odečteme-li od atomové váhy 238 — připomeňme si, že je tak velká, kolik je v jádře protonů a neutronů — počet protonů, to jest číslo 92, vyjde nám samozřejmě počet neutronů v jádře, u uranu 146. A to platí pro každý prvek. Má tolik protonů v jádře, kolik dělá jeho atomové číslo, a tolik neutronů, kolik zbude po odečtení atomového čísla od atomové váhy.

A na druhou věc chci ještě u atomových vah upozorniti. Všimněte si, že velká většina prvků má v atomových vahách za desetinnou čárkou desetinné zlomky. Tyto zlomky mají dva důvody: jednak vznikly přepočtením atomových vah všech prvků vzhledem ke kyslíku tak, aby atomová váha kyslíku jako nejrozšířenějšího prvku zůstala celým číslem 16 (i vodík to odnesl desetinným zlomkem), jednak jsou zlomky důsledkem isotopů.

Ano, tři vodíky, jedenáct cínů, tři chlory, čtyři kyslíky, vzpomínáte si. Ano, a samozřejmě atomová váha celé té isotopické rodiny každého prvku musí se rovnat průměrné váze všech isotopů, přirozeně podle jejich poměrného zastoupení v prvkové rodině. Samozřejmě se nejvíc uplatní na př. ve vodíkové rodině nejvíce isotop, jehož je tam nejvíce, tedy mezi třemi vodíky právě náš nejlehčí a nejmenší vodíkový Benjamínek, vodíkový David o atomové váze rovné jedničce.

A čím se vlastně od sebe isotopy v každé prvkové rodině liší? Jen rozdílným počtem neutronů. Protonů mají vždy stejné množství, protože každá prvková rodina má právo vždy jen na stejný počet obíhajících elektronů — skoro bychom je chtěli nazvat obíhajícími služebníky. Viděli jsme to již u tří vodíkových bratří. Každý měl jen jednoho obíhajícího služebníka, jediný oběžný elektron — a ovšem i jediný proton, ale ten prostřední měl vedle jednoho protonu ještě jeden neutron a ten nejtěžší dokonce dva neutrony. Vidíte z toho, že atomové váhy isotopů musí být celá čísla, ale že pochopitelně jejich směs, zvláště když v ní jeden silně převládá, má atomovou váhu zlomkovou.

Jak rostliny potvrzují správnost Mendělejevovy soustavy

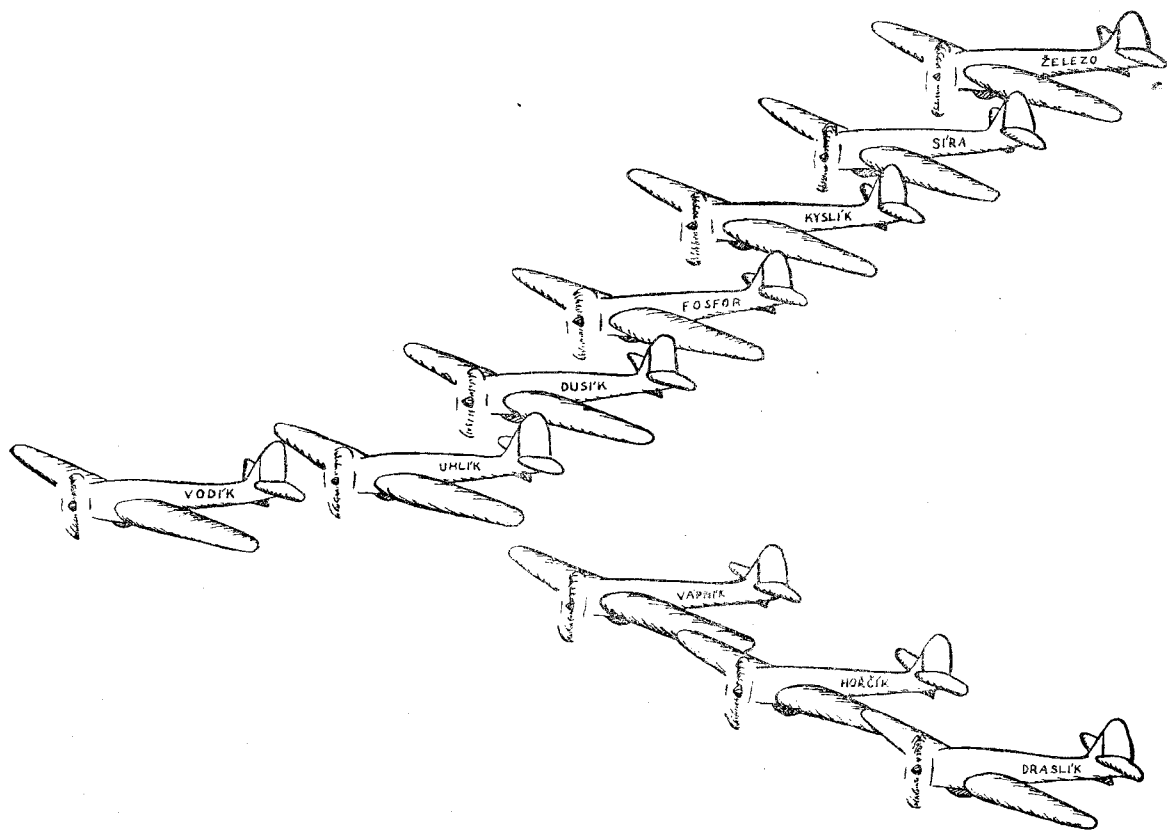
Dovedete si představit větší radost, než tu, jakou cítí pravověrný chemik, který nedá dopustit na Mendělejevovu soustavu, když spíše přibývají důkazy její pravosti? A důkaz, s kterým přicházejí rostliny, je opravdu velmi pádný. Vypadá to prostě tak, že rostliny si vybírají z prvků ke své výživě jen určité prvky, které jdou v Mendělejevově soustavě za sebou jako vojáci. Jak je některý prvek mimo tuto čáru, působí na rostlinu více méně jedovatě a to tím více, čím je od ní vzdálenější. Jiné prvky pak dávají jeden na druhý pozor; jestliže by jeden rostlině škodil, pak druhý jeho činnost jaksi zneškodňuje.

Není to skvělé potvrzení Mendělejevovy soustavy? Nevypadá to skoro tak, jako by na př. hvězdář nakreslil mapu nějaké hvězdy a najednou nečekaně, takřka nějakým zjevením, by byla správnost té mapy potvrzena? Ale v každém případě je tomu tak, že lidský duch geniálně vnikne do tajemství přírody, která dodatečně a ne právě ochotně, nýbrž spíše milostivě, dá najevo, že lidský duch uhodil hřebík přesně na hlavičku. Až se bojí věřit, že takový důkaz rostlin nedokazuje snad jenom celkovou správnost, jakousi vůdčí ideu Mendělejevovy soustavy, nýbrž že dokazuje skoro i nejmenší jednotlivosti.

1 rostliny si vybírají

Víme již, že prvky jsou v Mendělejevově soustavě srovnány nádherně vojensky. A teď si představte, že rostliny žijí z prvků, vyskytujících se jen v 2., 3. a 4. vodorovném řádku, čili z prvků poměrně lehkých, protože čím níže jsou položeny řádky, tím těžší prvky obsahují. Nejtěžší prvky, jež rostliny »jedí«, jsou mangan a železo, které má atomovou váhu 55,84. Tedy první poučka: v zásadě jsou těžké kovy pro rostliny jedovaté. (Snad vás zde napadne srovnání s naší lidskou stravou. I zde mluvíme o těžké a lehké stravě a říkáme, že těžká je škodlivá.) Ale kdyby rostliny braly z toho 2. až 4. řádku všechny prvky! To je právě to zajímavé, že ony si i z nich vybírají a to ve směru nikoliv vodorovné, nýbrž šikmé čáry, které začíná v 1. poli 4. řádkou u draslíku a jako bitevní šipková formace aeroplánová jde přes hořčík a vápník v 2. poli 3. a 4. řádku, na bor a hliník v 3. poli 2. a 3. řádku, na uhlík v 4. poli 2. řádku, který je sám v čele jako vůdce této »letky«, která opět sestupuje v šikmé přímce přes dusík a fosfor v 5. poli 2. a 3. řádku, přes kyslík a síru v 6. poli 2. a 3. řádku na argon v 8. poli 3. řádku, přibírajíc ještě z 8. pole 4. řádku železo.

Opravdu nám ty dvě šikmé čáry, jak jsem vám je popsal, představují bitevní útvar letadel. Je to bitevní útvar, v jakém jdou rostliny na výboj mezi prvky, a zároveň zde



máte vlastně v hrubých rysech naznačeno, kterých prvků rostlina potřebuje ke své živě.

Kyslík je buřic

Celkem potřebuje rostlina hlavně 10 prvků: uhlíku, dusíku, fosforu, síry, kyslíku, vodíku (v našem leteckém útvaru je vodík trochu stranou, a ovšem vpředu, ale nesmí nás to znepokojovat, má totiž jako praotec všech prvků, přítomný jako proton ve všech atomových jádrech, i v Mendělejevově soustavě, zvláštní, pyšně osamocené postavení, podobně jako helium), draslíku, hořčíku, vápníku, železa. Z těchto prvků jsou — vedle vodíku a kyslíku — vápník, dusík, fosfor, síra a částečně i železo nutny k vytvoření živé tkáně rostlinné. Hořčík hraje velkou úlohu v chlorofylu (zeleni listové) a draslík s vápníkem jsou sice pro život rostliny též potřebné, ale ne nutné jako dříve uvedené prvky. Vzájemně na sebe draslík a vápník v rostlině dávají pozor, jen směs jejich solí v určitém vzájemném poměru je rostlině neškodná. Říkáme, že oba prvky proti sobě působí antagonisticky (soutěžsky). Nekovové prvky (uhlík, dusík, fosfor a síra) přicházejí ve styk s rostlinami obvykle v podobě kyslíkatých hnojiv. Dostávají se

do rostlin, až když se zřekly kyslíku, který jako by byl v očích rostlin nějakým buřičem, a sloučily se s vodíkem.

Tak z kysličníku uhličitého, jež přijímají rostliny ze vzduchu, stane se cukr či škrob nebo buničina (tedy ne již jen sloučenina uhlíku a kyslíku, nýbrž i v o d í k u), z kyslíkatých dusíkatých hnojiv (na př. z dusičnanu sodného, čilského ledku) stanou se aminové sloučeniny se skupinou NH_2 (1 atom dusíku a 2 atomy vodíku); kyslík, buřič, jak vidíme, zmizel. Vlastně ten kyslík je skutečným buřičem, což nepodporuje spalování a hoření? I v rostlinách a v živočiších se odehrává spalování potravin, ovšem pomaleji, než když něco zapálíme venku.

Jenže rostliny potvrzují Mendělejevovu soustavu i tím, že letecký útvar, složený z 10 prvků — aeroplánů — má jaksi přitažlivý vliv i na prvky, které se nalézají v jeho blízkosti. I ty prvky jsou v jistém smyslu rostlinám nutné. Chyběj-li, rostlina onemocní. Vypadá to tak, jako by naše rostlinná prvková »letka« na svém letu mezi prvky zabírala, strhovala s sebou ještě jiné prvky-aeroplány. Je to jako ve skutečné válce, kdy se zabírá všechno možné.

Zabrané aeroplány

A tak ta naše letka zabere na př. blízký b o r, známý ze sloučeniny zvané borax. Rostliny ho potřebují pramálo, ale chybí-li jim, zakrňují. Představte si, že na př. v Holandské Indii vyléčili jednu nemoc tabákové rostliny borovým hnojením. Nebo taková zabraná m ě ě . Oves bez ní má na listech bílé špičky. I ten zinek je potřebný; některé rostliny bez něho dostanou mramorované listy. Též m a n g a n u potřebují rostliny poměrně dost. Úloha těchto prvků v rostlinách je dost nevysvětlitelná, ale zdá se, že působí katalyticky — výpomocně, nepřímou, čili jak říkáme: katalyticky — na př. při vzniku chlorofylu.

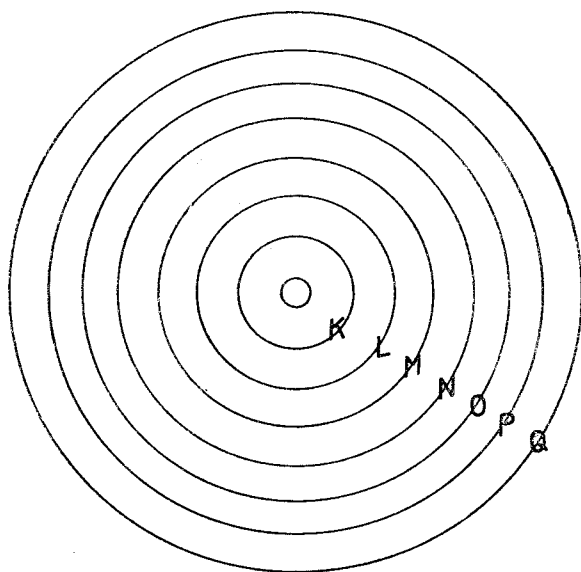
Vidíme, že opravdu rostliny potvrzují správnost Mendělejevovy soustavy. Jejich výbojná letka v letu »za chlebem« je ovšem složena z 10 prvků, ale jak jsme viděli, zabírá zuřivě i blízké prvky (uvedme dostatečně ještě lithium, sodík, hliník, křemík). Ne-ní to důkazem, že Mendělejev svou chemickou mapu nakreslil velmi správně?

Oběžné elektrony

Od rostlin, potvrzujících správnost Mendělejevovy soustavy vraťme se zase k atomům a zvláště k oběžným elektronům. Nejprve se musíme otázat: kde je ubytujeme?

Jedná se nám teď skutečně vážně o jejich »ubytování«. Co pak s vodíkem a heliem, to byla lehká práce. Ať již jeden nebo dva elektrony obíhaly prostě na jednom kruhu kolem atomových jader. Ale co takový uran, který má až 92 elektronů? — Již jsme slyšeli, že všechny nelze ubytovat na jedné kružnici.

Takových hlavních kružnic je sedm a označujeme je písmeny K, L, M, N, O, P, Q. Nazýváme je také slupkami a vy si vzpomenete, že jsme již jednou přirovnali atom k cibuli, s níž můžeme slupovati slupky. Nahoře je slupka Q, pod ní slupka P, pak O, N, M, L a kolem samého jádra slupka K. Každá slupka má určitý počet elektronů. Počtáře mezi vámi, kteří dovedou počítat již s mocninami, bude možná zajímat, že se počet elektronů v jednotlivých slupkách řídí podle určitého početního pravidla.



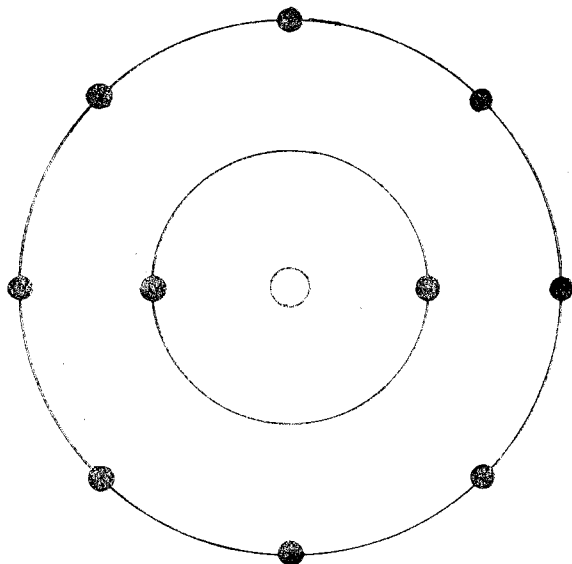
Na slupce K smějí být nejvýše 2 elektrony, na slupce L 8 elektronů, na M 18, na N nejvíce ze všech slupek, t. j. 32, na O 18, na P 8, na Q zatím není počet elektronů určen. Srovnáme-li trochu blíže tato čísla, vidíme, že obsazení slupky K dvěma elektrony rovná se 2×1^2 , což čteme jedna na druhou (jedna na druhou rovná se jedné). Také pro L platí: $2 \times 2^2 = 8$ (dvě na druhou rovná se čtyřem).

Pro M platí: $2 \times 3^2 = 18$ (tři na druhou je devět), pro N: $2 \times 4^2 = 32$ (čtyři na druhou je 16), pro O: $2 \times 2^2 = 18$ a pro P: $2 \times 2^2 = 8$. Vidíme, že až do slupky N počet elektronů v jednotlivých slupkách přibývá a pak opět ubývá.

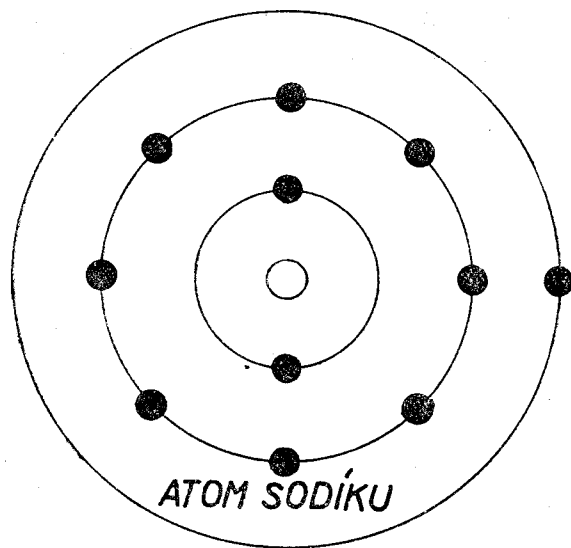
Věc je však trochu složitější. Je samozřejmé, že každá slupka vzdálenější od jádra mohla být zaplňována elektrony teprve tehdy, když slupka pod ní byla plně obsazena. Zde se setkáváme s první obtíží. Ideálem slupek, vyjma slupku K, která nesmí mít více elektronů než dva, jest, aby měly nejvýš osm elektronů, kteréžto číslo znamená patrně jakousi zvlášť pevnou skupinu elektronů, podobně jako dvojka ve slupce K. Prvky s takovou skupinou v nejzevnější slupce jsou opravdu velmi stálé: ani elektronů dalších nezískávají ani neztrácejí. Stačí jim tento ideální počet osmi elektronů. Takové prvky jsou zvláště vzácné plyny, o kterých jsme již mluvili. Víme již, že slučování prvků záleží hlavně v zabírání či ztrácení elektronů, aby ve vzniklém novém útvaru měly atomy prvků, pokud možno, vždy osm elektronů v zevní slupce, z toho následuje, že vzácné plyny již nepotřebují mít zájem o nabývání nových elektronů. A o ztrácení vlastních elektronů pochopitelně nestojí.

Oběžné elektrony a sloučeniny

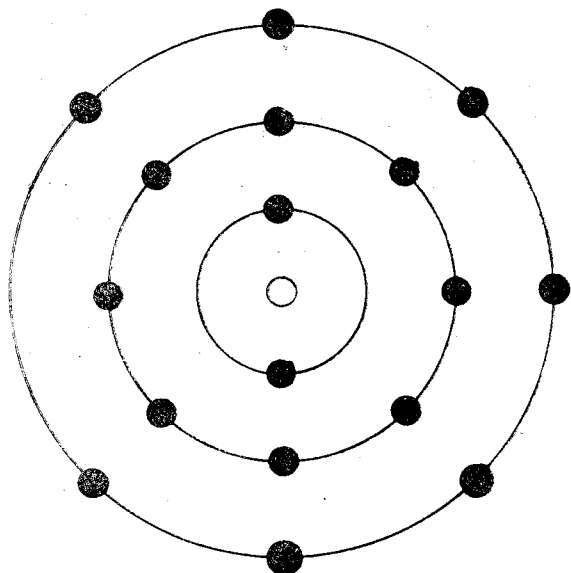
Nejlépe uvidíme ideální případ osmi elektronů a honbu prvků po tomto počtu, o níž jsme již také slyšeli, na nakreslených obrázcích. Obrázek atomu vzácného plynu n e o n u s atomovým číslem 10 nám ukáže ideální případ osmi elektronů v nejzevnější slupce. Druhý obrázek nám ukáže honbu za elektrony na známé sloučenině c h l o-



Atom neonu



ATOM SODÍKU

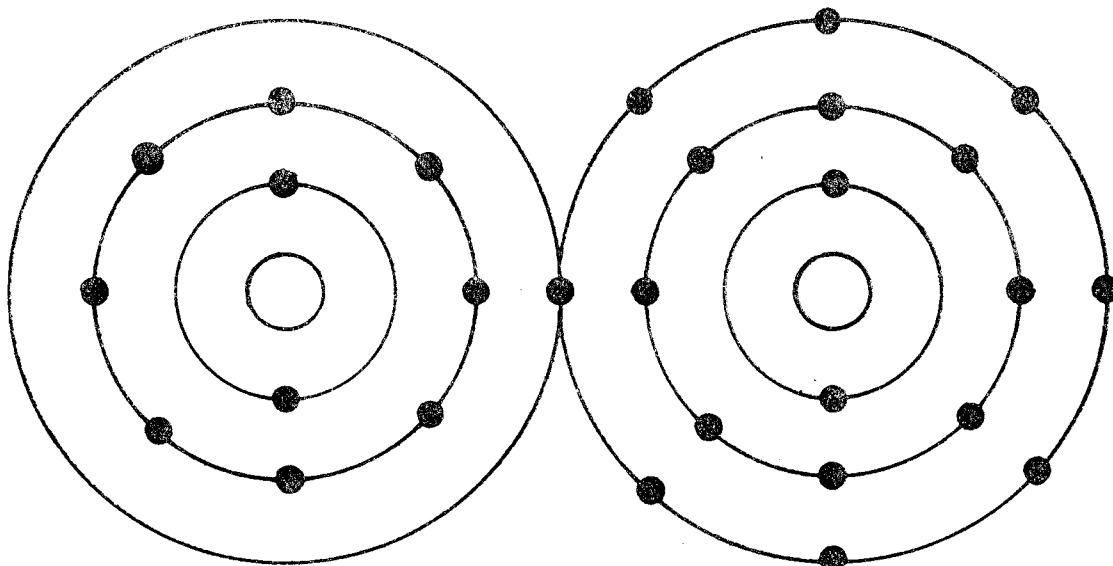


Atom chloru

řidu sodném čili na kuchyňské soli, která vznikne sloučením atomů. Na obrázku vidíme především atom sodíku samotného. Má 11 elektronů. Dále je atom chloru, který má 17 elektronů.

Podíváme-li se na tyto dva atomy, padne nám jistě do očí, jak snadnou prací bude patrně pro atom chloru, aby zabránil pouhého jediného elektronu měl v zevní slupce ideální počet osmi elektronů. Atom sodíku, s nímž se chlor setká, dává mu k tomu velmi snadnou příležitost, má totiž v nejzevnější slupce jediný elektron. To je příliš málo být sám; takový elektron se zkrátka sám neudrží.

A tak, sejdou-li se oba atomy, chlor se prostě zmocní tohoto samotného elektronu, jenže si s ním k sobě přitáhne i celý atom sodíku, takže vznikne větší částička hmoty — říkáme jí molekula — sloučeniny chloridu sodného. Když si odmyslíme soustavu kroužků nalevo, znázorňujících nám atom sodíku, máme napravo soustavu kroužků, které znázorňují atom chloru, jenže obohacený o sodíkový elektron, takže tento chlor na nás dělá dojem atomu, jenž má 18 elektronů, z toho osm v zevní slupce. To je vzácný plyn argon. A co sodík? Ten při tomto sloučení s chlorem sice ztratí jeden elektron, ale vyjde z toho také jako zdánlivý vzácný plyn s deseti elektrony



Molekula kuchyňské soli (chloridu sodného). Sodík + chlor = chlorid sodný

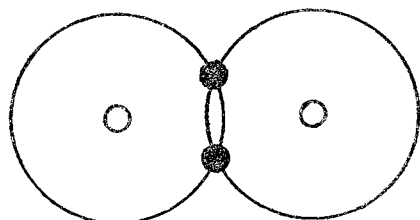
— n e o n — což si uvědomíme, zakryjeme-li si papírem pravou chlorovou kuličku i s tím jedním sodíkovým zabraným elektronem. Vidíme skutečně, že vlevo zbude atom s deseti elektrony, z nichž osm je zase v ideálním seskupení v zevní — tentokrát ovšem již jen v druhé — slupce. Čili ze sodíku se stal zdánlivě neon.

Tohle ztrácení a získávání elektronů není jediným způsobem vzniku sloučenin. — Obyčejně ztrácejí elektrony atomy kovů a získávají atomy nekovů, takže z kovových atomů se stanou podobně, jako jsme měli již u vodíku při elektrolyse kyseliny solné, prvky elektroaktivní, kladné, kdežto z nekovových atomů se stanou prvky elektronegativní, záporné. Vše zásluhou buď ztracených nebo získaných elektronů.

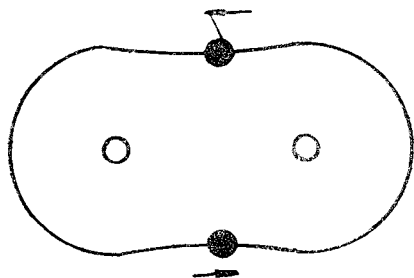
Ale slučují se spolu i atomy stejného prvku nebo atomy, z nichž jsou složeny látky, skládající tělo živočišné a rostlinné, tak zvané sloučeniny ústrojné čili organické. Zde vznikají molekuly nikoliv zabíráním nebo ztrácením elektronů, nýbrž jejich vzájemným půjčováním.

Představme si na příklad molekulu vodíku, složenou ze dvou atomů. Nakreslili bychom si ji takto na obrázku vedle. Vidíme, že slupky K u obou atomů se již nedotýkají pouze v jednom bodu a v jednom zabraném či ztraceném elektronu, ale že se p r o t í n a j í ve dvou bodech, jimiž naznačujeme dva elektrony. Jeden elektron dává do společného majetku molekuly vodíkové jeden atom, druhý elektron dává druhý atom. Ve skutečnosti ovšem má molekula tvar trochu jiný a oba elektrony obíhají kolem obou jader.

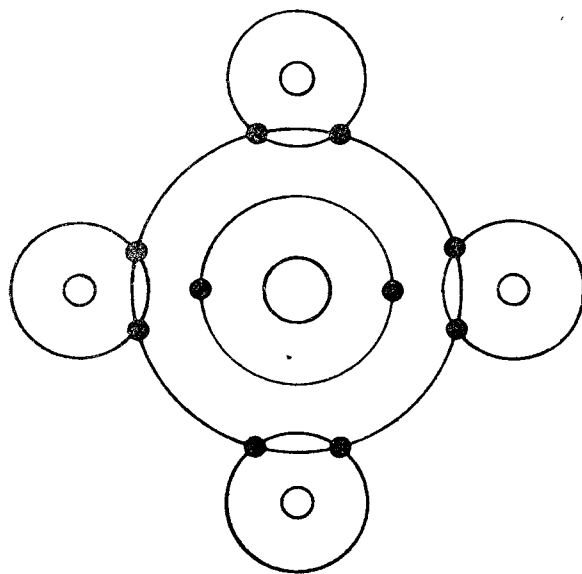
Podobně vyhlíží i molekula některé látky ústrojné. Tyto látky jsou sloučeniny uhlíku. Místo složitých molekul, jaké obyčejně přicházejí v tělech živočichů či rostlin, nakreslíme si molekulu m e t h a n u, nejjednoduššího to uhlovodíku, vznikajícího v uhelných dolech z uhlí a v bahně na dně rybníků či řek z usazených větviček a listů.



Vznik molekuly vodíku



Molekula vodíku



Molekula methanu

Než se rozloučíme s oběžnými elektrony, které, i když jsou společné různým atomům, musí obíhat kolem všech asi tak, jak je to naznačeno na obrázku molekuly vodíku, musíme si ještě připomenout tři věci. Především, že ty slupky dělíme vlastně ještě na podslupky, na nichž by se větší počet oběžných elektronů, připadajících na slupku, mohl tak rozdělit, aby jejich pomocí byl zachován nejvyšší ideální počet přípustných osmi elektronů, aspoň na nejzevnějších podslupkách.

Za druhé nezapomeňme, že jsme poznali elektrony jako tak zvané víříče, pružné otáčivé pásy. Je samozřejmé, že bychom si musili v této podobě představit elektrony, i je-li jich více. Pak by ovšem mělo helium dva víříče, t. j. dva kruhy, jeden blíže k jádru, druhý dále od jádra. Zkrátka kolik elektronů, tolik otáčivých pásů, víříčů.

A neztratily by pak význam ty slupky K, L až Q? Snad i ty by mohly zůstat, jenže bychom si je musili představit jako hustěji seskupené kruhy s většími mezerami mezi jednotlivými hustými seskupeninami.

Konečně ty slupky či podslupky nebo menší či větší vzdálenosti víříčů od atomových jader mají také význam při svícení. Stačí atomu dodat větší energii na př. dodáním tepla, zahřátím; elektron v některé slupce pohltí část této tepelné energie a to má pro něj za následek, že přeskočí na slupku či podslupku vzdálenější od jádra, aby se pochlubil svou větší energií. Po nějaké chvíli se vrátí elektron skokem na svou původní kružnici a při přeskočení do této bližší polohy k jádru vyše část energie z atomu ven jako záblesk světla, jako záření. A je-li takových přeskakujících elektronů mnoho, máme dojem nepřetržitého světla.

Rozklad světla a chemie

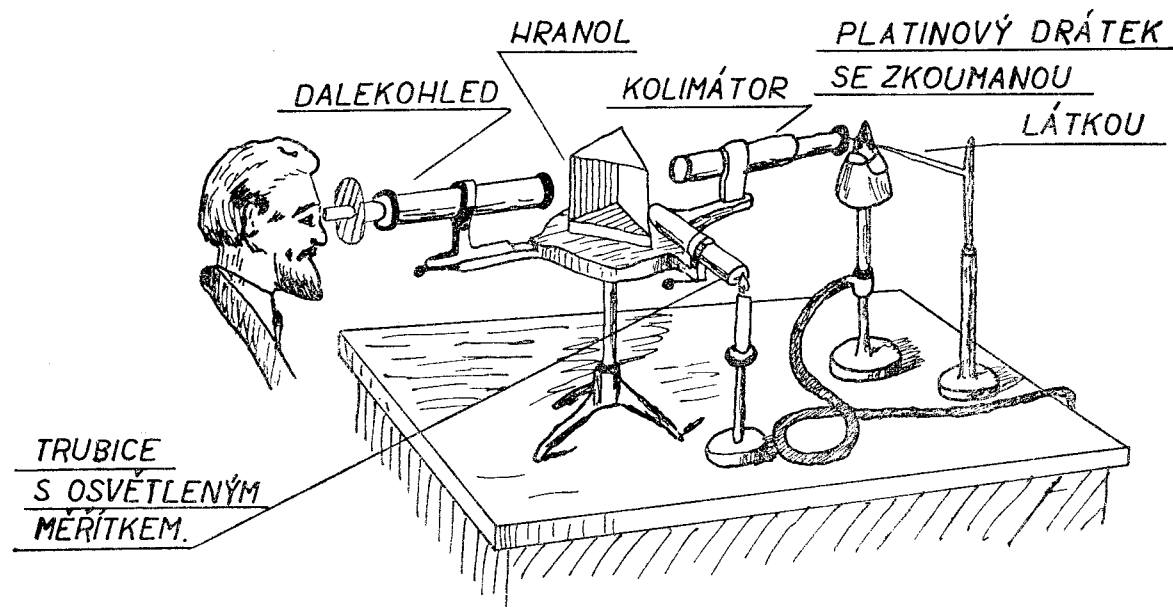
Skončili jsme vylíčením, jak vzniká světlo. Vznik světla, způsobený skoky elektronů, můžeme sledovati přímo přístrojem, který nazýváme spektroskop, a je zajímavé, že tento přístroj koná chemii velké služby v objevování a zjišťování prvků.

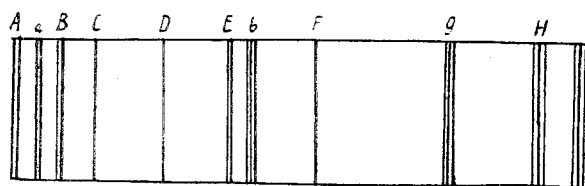
Na obrázku spektroskopu vidíme uprostřed trojboký hranol. To je právě ona zázračná pomůcka, která umožňuje určení nějakého prvku.

Kdybychom takovým trojbokým hranolem pozorovali paprsky sluneční, viděli bychom je rozložené na duhové barvy asi podobně, jako je vidíme při dešti v duze. Tyto duhové barvy jsou důkazem, že bílé světlo sluneční, z něhož vznikly, je složeno z těchto barev: červené, oranžové, žluté, zelené, modré, fialové. Přesvědčili bychom se o tom tím, že kdybychom nechali procházeti hranolem světlo jen určité barvy, na př. štěrbinou umístěnou na stínítku, na které bychom zachytili ono seskupení duhových barev (vidmo, spektrum), nedostali bychom již po průchodu jednobarevného světla druhým hranolem žádnou skupinu duhových barev, nýbrž jenom jedinou barvu, na př. žlutou či zelenou, podle toho, která by štěrbinou prošla.

Na začátku 19. století vypočetl *Young* vlnové délky světla a stanovil, že červená barva na jednom konci spektra má vlnovou délku asi 8000 \AA° (ongstrémů; $1 \text{ \AA}^{\circ} =$ jedna stomiliontina centimetru). Fialová barva na druhém konci spektra má vlnovou délku asi 4000 \AA° .

Barvy ve spektru splývají spolu takřka neomezeně, takže rozeznávání jednotlivých barev je velmi těžké. Ale roku 1814 podařil se *Fraunhoferovi* důležitý objev, jenž umožnil přesné stanovení určité barvy ve spektru. *Fraunhofer* totiž shledal při pozorování slunečního světla hranolem, že vzniklé sluneční spektrum je přerýváno na určitých místech četnými černými čarami. Nejsilnější z těchto čar, nazvaných pak





Fraunhoferovy čáry

červená - oranžová - žlutá - zelená - modrá
- indigová - fialová

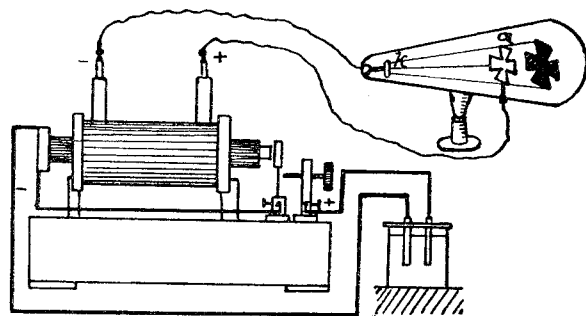
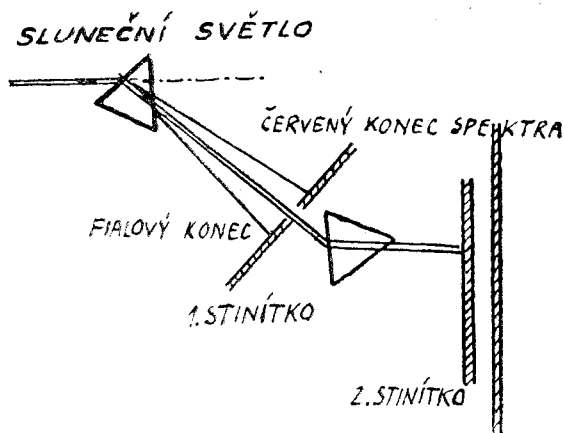
Fraunhoferovými, označujeme v řadě od červené k fialové barvě písmeny A až H. Později roku 1859 vysvětlili Němci Kirchhoff a Bunsen tyto čáry tím, že vznikly pohlčením určitých barev žhavými plyny, tvořícími ovzduší Slunce, jímž sluneční světlo procházelo. Takové spektrum, přerušované černými čarami, nazýváme absorpčním (pohlčovacím).

Kdybychom pozorovali hranolem světlo, vycházející z pevné či kapalné látky, na př. ze železa, platiny, vápna, dostali bychom spektrum podobné spektru slunečnímu, nepřerušované Fraunhoferovými čarami, tak zvané spektrum spojité.

Opakem spektra absorpčního, vyznačujícího se tmavými čarami je spektrum přetržité, jež se skládá pouze z barevných čar, oddělených tmavými prostorami. Takové spektrum vznikne, pozorujeme-li hranolem svítící páry nějaké látky.

Dejme na příklad do nesvítivého plynového plamene, umístěného před kolimátorem spektroskopu trochu kuchyňské soli. Nabereme ji trochu v práškovité podobě do kličky, kterou jsme udělali na konci platinového drátu, zataveného do skleněné tyčinky. Kličku musíme před nabráním soli trochu navlhčit ve vodě. Upevníme-li teď tyčinku s drátkem na stojánku vedle plynového plamene tak, aby klička se solí přišla do plamene, zbarví se plamen žlutě. Toto žluté zbarvení je způsobováno každou sloučeninou sodíku.

Jestliže se na tento žlutý plamen budeme dívat dalekohledem spektroskopu, uvidíme pouze dvojitou žlutou čáru a kdybychom chtěli vědět, jakou vlnovou délku tyto dvě čáry mají, viděli bychom na měřítku, osvětleném svíčkou, odrážejícím se od hranolu do dalekohledu a dopadajícím na spektrum, že poloha obou čar odpovídá vlnové délce asi 5890 \AA .



Výbojem v induktoru (vlevo) rozzařuje se plyn v Geisslerově trubici (vpravo nahoře)

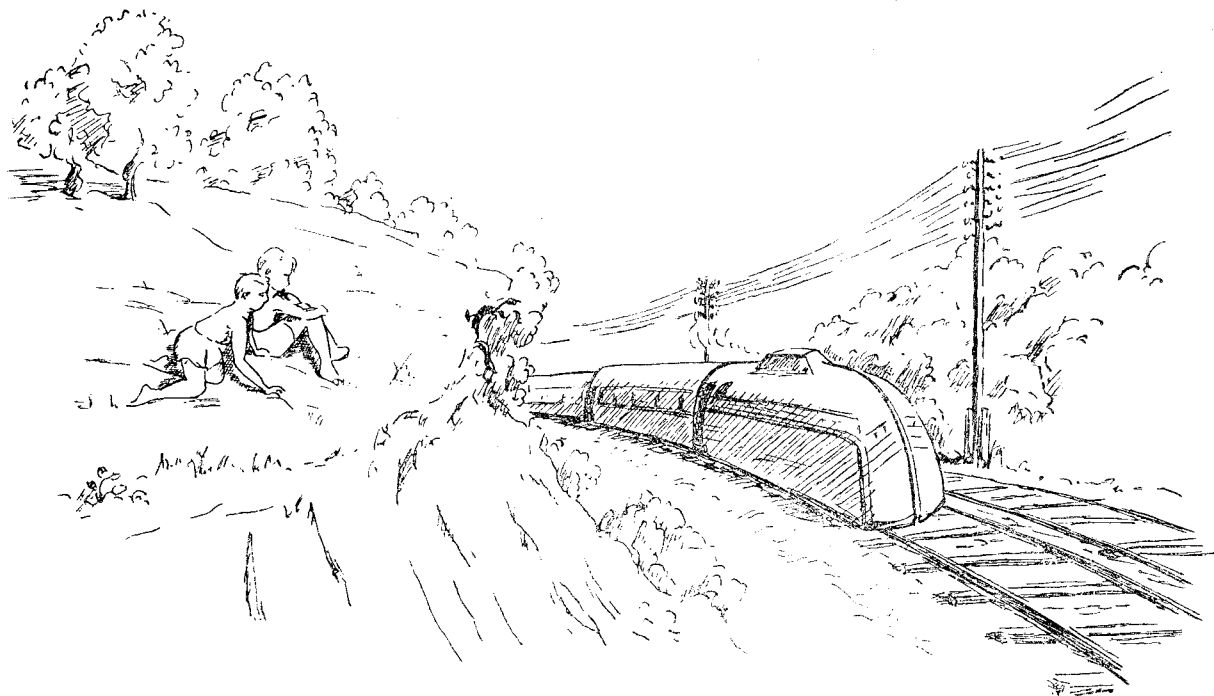
Podobně dávají soli draselné, barvicí plamen fialově, dvojitou červenou čáru a čáru fialovou a stejně je tomu i u jiných prvků. Když se některé látky v obyčejném plameni nemění v páry a nebarví plamen, děláme z nich póly elektrického oblouku, nebo, když pracujeme s plyny, rozzařujeme je ve zředěném stavu v Geisslerových trubcích jiskrami z induktoru.

Lokomotiva a hvězdy

Tento spektrální rozbor — rozpoznávání prvků i sloučenin — rozkladem světla, jež zachytíme a rozložíme hranolem, má nesmírný význam i v chemii Vesmíru. Představme si, že se díváme spektroskopem na některou hvězdu. Hranol nám rozloží její světlo na řadu barevných čar, z nichž potom můžeme určit, jaké prvky svítí ve světle hvězdy.

Ale my můžeme spektroskopem určit i vzdálenosti mezi hvězdami, po případě stanovit, jak rychle se od nás nebeská tělesa vzdalují. Objev, jenž nám toto určení umožnil, je stár již přes 100 let. Učinil jej roku 1842 rakouský fysik **D o p p l e r** a týkal se sluchového zjevu.

Nevšimli jste si někdy, když jste třeba o prázdninách seděli na stráni a dívali se na blížící se vlak, jak se vám zdálo, že lokomotiva, táhnoucí vlak, najednou píská tím vyšším tónem, čím více se k vám blíží, a opět čím dál se od vás vzdaluje, píská hlubším tónem?



Vysvětlení je počtářské a blízké podstatě světla. Jako světlo se skládá z vln, tak se z nich skládá i zvuk. Ovšem zvuk záleží ve vlnění hmotnějších částic, než jsou fotony. Při něm se uvádějí do vlnivého pohybu molekuly na př. vzduchu, nebo vody, zkrátka, jak se říká, prostředí, jímž se zvuk šíří. A je pochopitelné, že čím hustší je toto prostředí, tím se zvuk rychleji šíří, protože molekuly mohou strhovat do vlnivého pohybu své sousedky tím snáze, čím hustěji jsou vedle sebe nakupeny. Proto se na př. ve vodě šíří zvuk rychleji než ve vzduchu, v němž probíhá rychlostí 330 metrů za vteřinu.

A teď máme to vyšší pískání lokomotivy již vysvětleno. Protože zvuk je tím vyšší, čím více vln vznikne v době jedné vteřiny, je pochopitelné, že při blíženi se lokomotivy přijde do našeho ucha více vln a proto máme dojem, že lokomotiva píská výše. Naproti tomu, když se lokomotiva vzdaluje, přijde do našeho ucha za vteřinu vln méně a nám se zdá, že lokomotiva píská hlouběji. A ona zatím píská stále stejně vysoko.

Něco podobného se děje se světlem nějaké hvězdy ve Vesmíru. Blíží-li se k Zemi a tím i k hvězdáři, jenž ji se Země pozoruje spektroskopem, zachytí hvězdář svým hranolem za vteřinu více vln a proto tyto vlny musí být i kratší. Hvězdář tedy bude mít dojem, že barevné čáry ve spektru se blíží k fialovému kraji spektra, čili že se vlny světla, vycházejícího z hvězdy, zkracují. Obrácený dojem budeme mít, jestliže se hvězda od nás bude vzdalovat. Skoro bychom mohli říci, vzpomínajíce na lokomotivu pod strání, že i vzdalující se hvězda bude pískat hlubším tónem. Protože se však jedná o světlo, je těžko mluvit o pískání a můžeme pouze říci, že hvězda bude svítit delším světlem, to jest světlem, jež má delší vlnu. Na spektru se nám to bude jevit tak, že barevné čáry budou se zdát postupovat blíže k červenému kraji spektra, kde jsou zkrátka vlny světelné delší.

II. CHEMIE VESMÍRU

Vznik hvězd

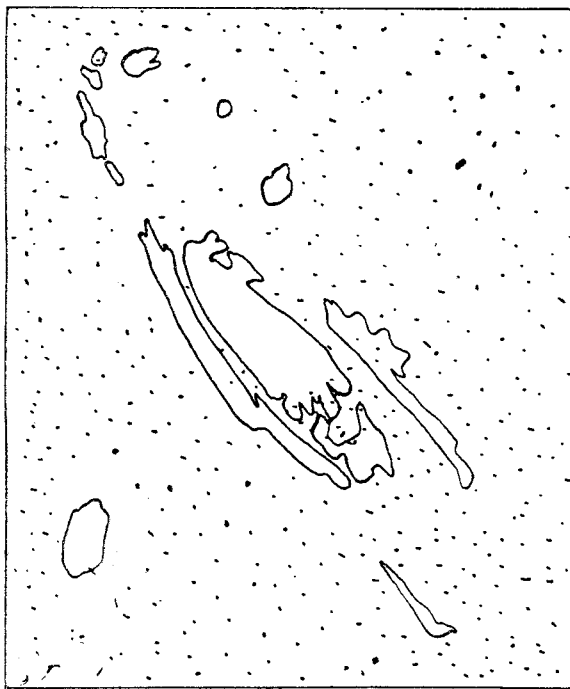
Podívejte se, jak nám ten spektroskop dobře pomohl, abychom se po probrání Mendělejevovy soustavy dostali zase zpět tam, kde všechna hmota vznikla: do Vesmíru.

Opustili jsme jej, když se v něm začaly z fotonů dělat elektrony a protony, když vznikly neutrony a počaly se tvořit slepováním těchto základních kamenů atomy různých prvků. A vracíme se do něho, když jsme se dověděli, že spektroskop nám může říci, zda se od nás hvězdy vzdalují. Spektroskop nám skutečně tvrdí, že hvězdy se od nás vzdalují nesmírnou rychlostí, tak rychle totiž postupují barevné čáry ve spektru k jeho červenému kraji. Zdá se, že vesmírová dutá koule se roztahuje každou vteřinu. Hvězdáři se trochu toho roztahování bojí, nevědí totiž, jaký smysl má toto roztahování, jež bychom mohli srovnat se stále větším nafukováním a zvětšováním objemu nafouknutého míče.

Někteří tvrdí, že se Vesmír střídá a v něm smršťuje a roztahuje, a že právě teď žijeme v době, kdy se roztahuje. Skoro se nám tento názor zdá být nejsprávnější a myslíme, že na útěk barevných čar k červené části spektra mají vliv ještě jiné, zatím neprozkoumané zjevy, takže se sice Vesmír roztahuje, ale ne tak šíleně rychle, jak se hvězdáři začínali bát.

Zatím je ten Vesmír dost velký, má poloměr 84.000 milionů světelných let. (Světelný rok je vzdálenost, kterou proběhne světlo, šířící se rychlostí 300.000 km za vteřinu, za dobu celého roku.)

S počátku asi vládla ve Vesmíru spravedlnost v rozdělení hmoty. Tato hmota — s počátku asi hlavně protony a elektrony — byla ve Vesmíru rozdělena velmi stejnoměrně. Hvězdáři dnes odhadují, že jednotlivé molekuly, které vznikly sloučením atomů vytvořených vzájemným přitahováním protonů a elektronů, byly od sebe na po-

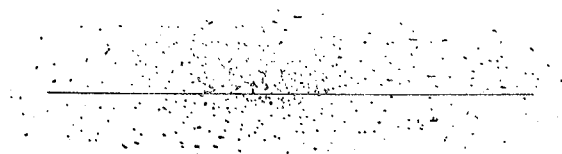


Velká mlhovina v Andromedě

čátku vzdáleny 2—3 m. To je, milí přátelé, velká vzdálenost mezi molekulami. Myslete si, že na př. vývěvou vyčerpáváme z budoucí elektrické žárovky vzduch tak, že si myslíme, jak dokonalé vzduchoprázdno tam je. A ejhle: v tomto »vzduchoprázdnu« bychom našli v 1 cm³ ještě 40.000 milionů molekul.

Vidíme, že tehdy byla hmota ve Vesmíru velmi řídká.

Jak vznikly mlhoviny



Mléčná dráha

A potom — aspoň na některých místech — začalo zhušťování hmoty. Snad k tomu stačilo stálé přitahování mezi protony a elektrony. Snad při vzniku některých prvků bylo to přitahování silnější, zkrátka rovnováha v rozdělení první hmoty byla

porušena a atomy i molekuly prvků se začaly na některých místech Vesmíru hromadit více než na druhých. Vznikly tak mlhoviny, z nichž později dalším zhuštěním vznikly hvězdy.

I naše Země patří k takové prapůvodní mlhovině, které říkáme Mléčná dráha. Zdá se, že ani naše Mléčná dráha, mimo niž je ještě dosud asi 2.000.000 viditelných mlhovin (neviditelných je daleko více, přes 16 milionů), není ještě hotova. Skládá se z nesmírného počtu hvězd, ale uprostřed má patrně ještě nezhuštěnou hmotu — mlhovinu —, z níž by patrně ještě mohla nějaká hvězda vzniknout. Aspoň na ostatní mlhoviny se díváme jako na zárodky a materiál k výstavbě nových hvězd.

Zvláštní význam Mléčné dráhy

Anglický slavný hvězdář J e a n s , když se zamýšlí nad vším, co člověka v životě pronásleduje, a nad nepatrností člověka ve Vesmíru, přichází k černému, truchlivému závěru. Myslí, že život vůbec vznikl ve Vesmíru náhodou, omylem, jen náhodným se skupením atomů uhlíku, dusíku, kyslíku a vodíku tak, aby vznikla látka, jež by se mohla pohybovat, přijímat jiné látky do sebe, a zase ze sebe tvořící pohyblivé látky, zkrátka látka živá.

Zamyslíme-li se již nad Mléčnou dráhou samotnou, v níž žijeme, zdá se nám, že J e a n s se dívá na svět trochu škarohlídky. Kdysi se říkalo, že středem světa je Země a že i Slunce se kolem ní točí. Následovalo z toho, že, je-li středem Vesmíru Země, pak i člověk je jakýmsi středem Vesmíru. Nebyla to pravda ani o Zemi a není to jistě pravda ani o člověku. Ale smíme si myslit, že nějaký význam i účel ve Vesmíru přece máme.

Podívejme se na Mléčnou dráhu blíže. Má podobu plochých kapesních hodinek s vypuklým sklem a vypuklým spodním víčkem nebo, chcete-li mít jiné přirovnání, má podobu dvojjvypuklé čočky. Tato nesmírná čočka má průměr 220.000 světelných let.

A podívejte se, vše nasvědčuje tomu, že naše Mléčná dráha je ve středu Vesmíru. Není to zajímavé?

Je ovšem pravda, že naše Země a naše užší vlast — sluneční soustava — není v Mléčné dráze uprostřed. Sluneční soustava a s ní i naše Země je posunuta k zúženému kraji naší »Mléčné« čochy. Může to mít dobrý výchovný smysl: abychom si o sobě nemysleli doopravdy, že v celém světě se všechno točí okolo nás. Ale co je to platné, nezdá se vám, že jsme přece jen trochu blízko středu Vesmíru a že lidé ve Vesmíru přece jenom něco znamenají?

Přeměna mlhovin v hvězdy

Tyhle mlhoviny a naše širší vlast — Mléčná dráha — s nimi se daly hned po svém vzniku do otáčivého pohybu. Začaly se točit do kolečka docela podobně jako dětská hračka »káča«, kterou chlapec pustí se svého bičíku, když s ní rychle odvinul omotaný motouz. »Káča« se točí sama dokola a při tom současně se pohybuje i určitým směrem, jež chlapci určují mrskáním.

I mlhoviny — naše Mléčná dráha k nim také patřila — se začaly takhle otáčet. A vidíte, z toho otáčení vznikly hvězdy, jimž říkáme stálice. Může tomu být pět až deset bilionů let. Hvězdy vznikaly z otáčející se mlhoviny, asi podobně, jako když víchř, vzniklý kolem každého, kdo se točí dokola, dokáže odtrhnout t. zv. odstředivou silou nejkrajnější a nejlehčí věci. Jako kdyby se nějaké děvče točilo rychle dokola a nedrželo dost pevně ve své ruce kapesníček.

Takové »kapesníčky« odletovaly i od mlhoviny. Když se mlhovina začala točit, byla asi pěknou kulatou koulí, při dalším točení se koule zplošťovala, až se z ní stala dvojjvypuklá čočka, od jejíhož okraje začaly odletovat okraje — šátečky — hvězdy. Každé takové zhuštění hmoty, již v mlhovině a tím více v odtržené její části, bylo spojeno se zahřátím hmoty, jež bylo způsobeno smršťováním většího objemu na menší. Je to něco úplně podobného, jako když stlačíme a tím i zahřejeme třeba v Dieselově motoru nebo, abychom nešli tak daleko, v pneumatickém zapalovadle vzduch stlačením pístu tak silně, že v Dieselově motoru se zapálí vstříkovaný olej a v pneumatickém rozžehadle hubka. Tímto smršťováním — stlačením své hmoty — které trvá dodnes, udržují si stálice nesmírně vysoké teploty.

»Odvanuté« nepravidelné kusy mlhoviny se opět zakulatily, začaly se točit dokola a vznikly tak zvané stálice, pohybující se jen s mlhovinou v jejím otáčení se ve Vesmíru. Mnohé stálice vytvořily dost pravidelné skupiny, jež lidé po 5 až 10 bilionech let nazvali s o u h v ě z d í m i . Poloha hvězd v souhvězdí se však mění.

Nesrovnalosti ve Vesmíru

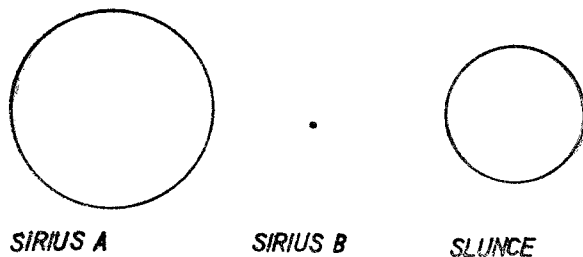
Zhušťováním hmoty ve stálici nastaly již vyložené nesrovnalosti ve Vesmíru. Mimo mlhoviny a stálice vznikl úžasný mráz a hmota úžasně zřídla. Mezi stálicemi v Mléčné dráze je teplota asi 4° nad absolutním bodem mrazu*), t. j. — 269°C, mimo mlhoviny jsou ve Vesmíru vedle Mléčné dráhy, je teplota ještě nižší.

*) Absolutní bod mrazu [—273° C]

Jsou to úžasné — zdánlivě — nesrovnalosti. Představte si, že u stálic není teplota v jejich nitru $50,000.000^{\circ}\text{C}$ žádnou zvláštností. A hle, »kousek cesty« od nich je takový mráz. Nebo jak řídká je hmota mimo mlhoviny, když na okrajích mlhoviny je jenom 60 molekul v 1 litru! Což teprve mimo mlhovinu! Právě tyhle nesrovnalosti, jež jsou životu jistě nepřátelské, působily na hvězdáře Jeanse tak škarohlídky, že začal pochybovati, jak jsme viděli, o tom, má-li život vůbec nějaký smysl. My ovšem se díváme na věc nejen hvězdářsky, nýbrž i čistě lidsky a vidíme, že lidský duch dokáže vykonat tolik obdivuhodných věcí, že jej nespálí a nezničí ani úžasný žár stálic ani nesmírný mráz mezi nimi.

Tak vzniklo odtržením od Mléčné dráhy i Slunce. Oběžnice a mezi nimi i naše Země vznikly jinak. Slunce se otáčelo, ale ve Vesmíru nebyl ještě úplný pořádek. Není ani teď, vzpomeneme-li si na př., jak se měnila, mění a bude měnit poloha stálic vůči sobě v souhvězdích.

Stálice, s počátku úžasně řídké, začaly se, jak již víme, smršťovat, zmenšovat svůj objem. I naše Slunce prodělávalo takové smršťování a je jisto, že bylo s počátku mnohem větší koulí, než je dnes. Zachovalo si smršťováním — a podobně i ostatní stálice — vysokou teplotu ve svém vnitřku i na povrchu. Teplotu Slunce odhadujeme v jeho vnitřku na $50,000.000^{\circ}\text{C}$ a na jeho povrchu na 6000°C .



Stálice a naše kapsa

Stálice jsou většinou menší, chladnější a méně svítivé než Slunce. Některé z nich mají úžasnou, neuvěřitelnou hustotu. Představme si, že na př. taková hvězda *S i r i u s B* má hustotu 60.000 a hvězda *v a n M a a n e n o v a* dokonce více než 300.000. Dobře se zamyslete nad těmito čísly. Víte, že hustota vody je jedna. To znamená jinými slovy, že 1 cm^3 vody váží 1 gram. Podle toho by 1 cm^3 , který bychom si urýpli z takového *S i r i a B*, kdyby to bylo při jeho nesmírně vysoké teplotě možné, vážil 60.000 gramů, t. j. 60 kilogramů, a 1 cm^3 , urýpnutý z hvězdy *v a n M a a n e n o v y*, by vážil dokonce 300.000 gramů, t. j. 300 kg.

Převedeme to do praktického života. Co by tomu tak řekla vaše kapsa u kalhot či u kabátu, jež bývá skladištěm různých museálních drobností, majících pro každého pořádného chlapce přímo životní význam, na př. v ní najde útočiště guma, různé kaménky, kapesní nůž atd., kdybyste si do ní dali takovou krychličku o hraně dlouhé pouze 1 cm, ukrojenou ze *S y r i a B* nebo dokonce z hvězdy *v a n M a a n e n o v y*? Myslím, že by to dopadlo bledě s kapsou a ještě dříve s vámi. Záleží totiž v první řadě na tom, zda byste vůbec dokázali unést takový kousek ze *S i r i a B* nebo z hvězdy *v a n M a a n e n o v y*.

vy. To víte, jedná se o 60 po případě až 300 kg. Ale že ty krychličky dovedou být opravdu pořádně těžké!

Jenže teď máte možná plno otázek. Jak jsou možné tak nesmírné hustoty? To víte, všechno záleží na mezerách mezi nejmenšími částčkami hmoty, ať již atomy či molekuly, nebo mezi jádry v atomech a mezi elektrony, které kolem nich obíhají. Čím jsou tyto mezery větší, tím je hmota řidší. U plynů jsou mezi molekulami velké mezery, proto jsou plyny tak lehké, u kapalin jsou mezery již menší, proto jsou již těžší a u pevných látek jsou mezery poměrně již velmi malé, různě velké u různých látek, takže je možná různá hustota na př. u železa 7,8, u olova 11,34, u platiny 21,4 atd.

Ale tyto mezery v hmotě nejsou jedinými. I v samotných atomech jsou velké mezery. Anglický hvězdář J e a n s přirovnává na př. atom uhlíku s jeho šesti oběžnými elektrony k největšímu nádraží, v němž by poletovalo šest vos. Vše ostatní mezi těmito vosami by bylo prázdné. Představme si takové nádraží, v Praze na př. Wilsonovo. Jádro uhlíku byl by malý prášek uprostřed nádraží bez lidí, bez vlaků, bez vzduchu, ale kolem toho prášku by poletovalo šest zázračných vos, zázračných proto, že by vydržely létat a žít v prostoru, v němž by neměly co dýchat.

A teď si představte, že tyto stálice jsou proto tak těžké, že v atomech jejich prvků se všechny mezery ztratily. Tyto atomy jsou bez mezer proto, že donuceny velkým žářem všechny oběžné elektrony od atomových jader odletěly. S i r i u s B a hvězda v a n M a a n e n o v a a ovšem i jiné podobně husté hvězdy jsou složeny jen z atomových jader. Ani jeden elektron tam nenajdete, aspoň ne v jejich vnitřku. A samozřejmě: nejsou-li mezi atomovými jádry mezery, nemůže to dopadnout jinak, než že hmota těchto hvězd je tak úžasně těžká. Nezapomeňme, že atomová jádra tvoří vlastní váhu hmoty. Elektrony jsou, jak již víme, proti atomovým jádrům tak směšně lehké, že na celkovou váhu jsou takřka bez vlivu.

Vznik oběžnic

A teď by bylo záhodno, abychom se konečně jednou také dověděli, jak vznikla i naše Země, tak si asi myslíte. Dobrá, promluvme si tedy i o tom. Vznikli jsme — vlastně naše Země, vznikla ze Slunce a s námi vznikly stejně i ostatní oběžnice čili planety.

Vyjmenujme si je podle jejich vzdálenosti od Slunce: Merkur, Venuše, Země, Mars, Asteroidy, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun a Pluto. Je jich dost, že ano, a zajímavé je, že všechny tyto planety vznikly z jediného kusu, odtrženého od Slunce, a ne tak, že by Slunce odhazovalo jako rychle se točící děvče jeden šáteček za druhým, takže by vznikla nejprve vzdálenější planeta Pluto a postupně stále bližší planety.

Zde bychom si spíše vypůjčili přirovnání z bible. Víme, jak podle vypravování bible přišla na svět Eva. Bůh vyňal Adamovi z těla žebro, oživil je a už tu byla Eva. Mysleme si, že kdosi vyňal také jakési žebro z těla Slunce a že z tohoto žebra vznikaly planety a mezi nimi naše Země tak, jako by se to žebro rozpadlo.

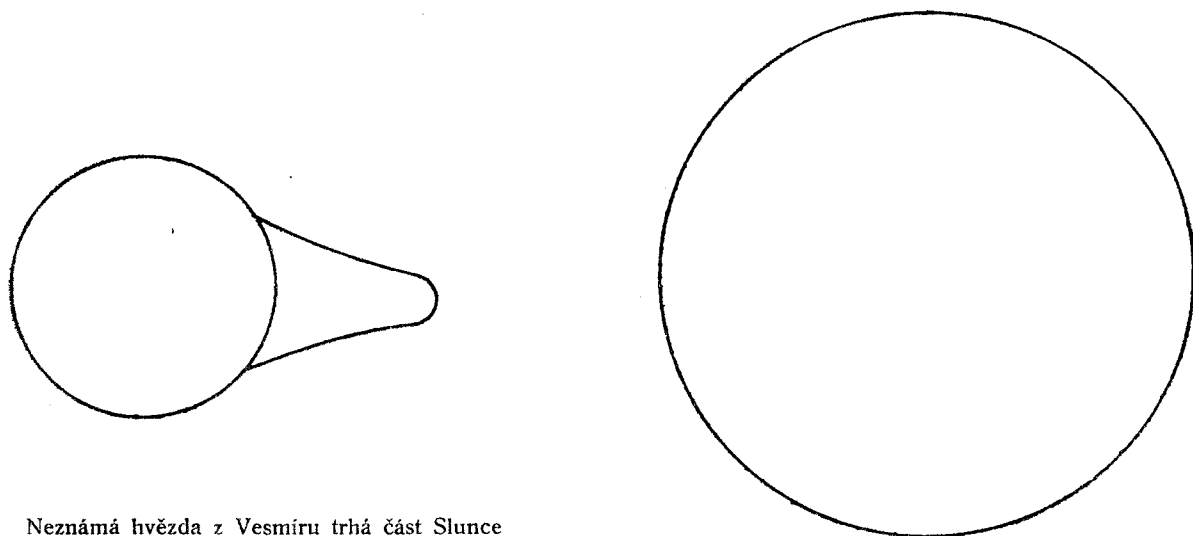
Ale kde najít sílu, která ze Slunce vytáhla planetové žebro? Hvězdáři tu sílu výborně znají: jsou to tak zvané slapové síly, jakými na sebe působí dvě hvězdy, dostanou-li se k sobě dost blízko. Je to druh přitažlivosti, jakou jedna hvězda chce k sobě přitáhnout, po případě utrhnout kus druhé hvězdy. Jakousi ukázkou toho máme na přílivu na moři. Vlnění — slapy —, které na mořské vodě vypadá skutečně tak, jako by Měsíc chtěl urvat se Země aspoň její vodu a přitáhnouti ji k sobě. Na druhé straně zase uplatňuje Země svoji přitažlivost vůči Měsíci v tom, že Měsíc je nucen obracet k Zemi stále stejnou stranu. Bohužel jednou, až se Země od Měsíce vzdálí dost daleko — a ona se stále vzdaluje, třebaže pomalu, — bude k Měsíci také obracet pouze jedinou svou stranu. Obyvatelé druhé strany zeměkoule uvidí Měsíc jen tehdy, udělají-li si výlet na stranu, kde bude lze Měsíc stále viděti. Budou musit jezdit za Měsícem asi jako my jezdíme buď na sever, chceme-li vidět polární záři, či na jih, chceme-li vidět souhvězdí Jižní kříž.

Zásah neznámé hvězdy

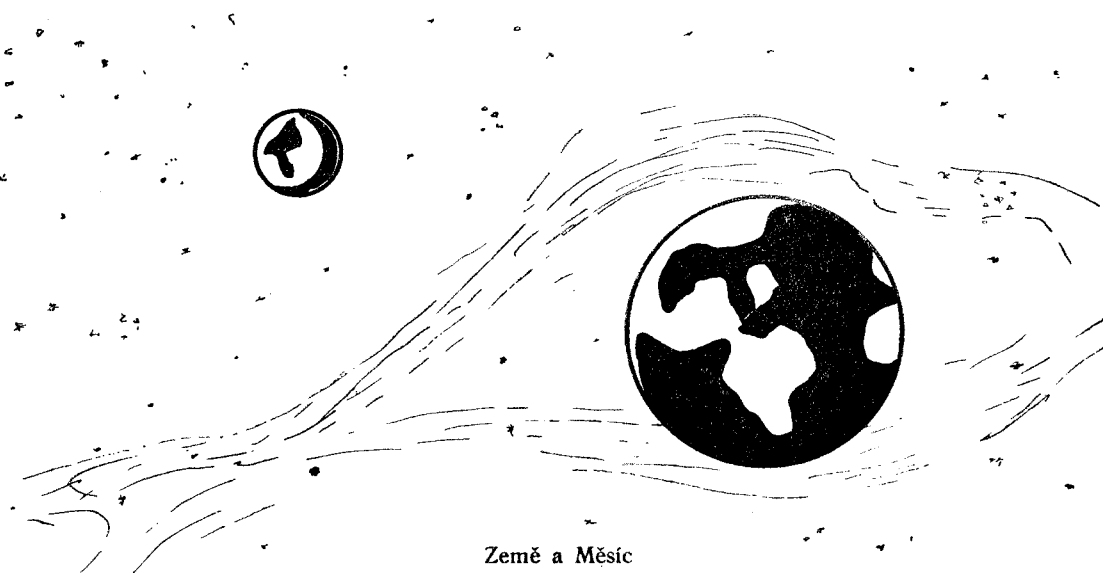
Naše Slunce se tedy otáčelo a smršťovalo v klidu jako pokojný člen Mléčné dráhy, když tu z dalekého Vesmíru se hrnula do jeho blízkosti velká hvězda. Nezapomeňme, že tehdy bylo vše ve vývoji a také hvězdy si teprve hledaly a vytvářely své dráhy.

Neznámá hvězda se sice nedostala tak blízko ke Slunci, aby na ně narazila, ale přece se jí podařilo ze Slunce aspoň něco utrhnout. Měsíc, jak víme, se dosud marně pokouší utrhnout od Země i pouhou mořskou vodu. Neznámá hvězda vytrhla zkrátka ze Slunce ono žebro, z něhož vznikly sluneční oběžnice. Jenže toto žebro mělo trochu nezvyklý tvar. Vypadalo zase jako dvojevypuklá čočka nebo možno říci také, že vypadalo jako doutník.

Zbytek Slunce se zase smršťil do podoby koule, jako by se snažil vzbudit dojem,



Neznámá hvězda z Vesmíru trhá část Slunce



Země a Měsíc

že se »nic nestalo«. Doutníkové žebro — proč bychom obě přirovnání nespojili? — bylo z počátku dost řídkým plynem jako nějaká mlhovina.

Zdá se, že je nějakou povinností mlhovin, aby se v nich tvořily zhuštění. I v tomto »doutníkovém žebře«, vytrženém ze Slunce, se začaly tvořit zhuštění. Příroda nemiluje, jak je vidět, vždy vše rozptýlené, rozběhnuté, řídké, má ráda spíše koncentraci, zhuštění, usazování ke dnu, jedná-li se o látky rozptýlené v nějaké kapalině. Proto i v mlhovinách nastává neklid vedoucí k tomu, že na některých místech se jejich hmota zhušťuje. Zhušťování nastává pak obvykle tam, kde jsou k tomu nejvhodnější podmínky.

V doutníkovém žebře, vytrženém ze Slunce, bylo nejvíce hustoty tam, kde byl ten doutník nejtlustší. Tam se mohlo soustředování, zhušťování hmoty vyplatit nejvíce. Proto tam vznikly zhuštění, z nichž se nakonec vytvořily největší planety: Jupiter a Saturn. I velká skupina Asteroidů je zbytek planety, která byla původně asi tak velká jako Saturn a později se rozpadla na více než 1000 drobných kusů, jimž dáváme společný název Asteroidy.

Vidíme, že v jistém smyslu je planeta Jupiter jakýmsi středem naší planetové rodiny, obíhající kolem Slunce. A samozřejmě se hromadila a zhušťovala hmota »doutníkového žebra« i v zúžených koncích, kde nalevo, blíže k Slunci vznikl Merkur, Venuše, Země, Mars a vpravo za Saturnem Uran, Neptun a Pluto.

Jak nám ubyl Měsíc

Planety začaly pomalu chladnout, zmenšovat svůj objem a měnit své skupenství. Z počátku byly plynnými a velmi žhavými koulemi. Postupem doby kapalněly a to tak, že nejpomaleji kapalněly největší z nich, totiž Jupiter a Saturn. A teď začaly vznikat družice čili měsíce, obíhající kolem planet.

Vznikly zcela stejným způsobem z planet, jako planety ze Slunce, to jest působením slapových sil na planety. Jenže už zase slyším vaši, možná trochu výsměšnou, otázku. Nebyla to zase nějaká neznámá hvězda, která z těch planet vytáhla »doutníkové žebro«? Nikoliv, milí přátelé, z planet vytáhla to »doutníkové žebro« naopak hvězda velmi známá a to ta, z níž planety samy vznikly, totiž Slunce. A my to dovedeme tak neomylně dokázat, že naopak právě slapový vznik družic, obíhajících kolem planet, stává se důkazem, že stejně vznikly i planety samy ze Slunce.

Musíme si uvědomit jen dvě věci: k uplatnění slapových sil je potřeba takové blízkosti větší hvězdy, aby se mohla uplatnit její přitažlivost vůči menší hvězdě a za druhé ta menší hvězda musí být ještě plynná, z kapalné totiž by to doutníkové žebro nešlo již dobře vytáhnout.

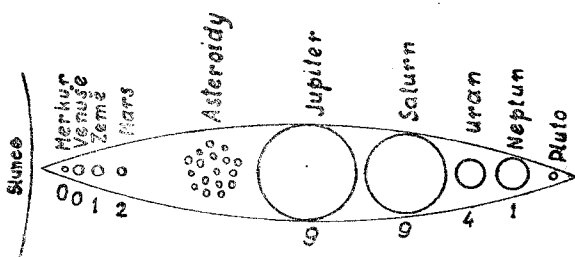
Zamyslíme-li se blíže nad vznikem družic i našeho Měsíce v tomto smyslu, vidíme, že nadpis tohoto článku »Jak nám ubyl Měsíc« je velmi oprávněn. Měsíc sice se najednou u Země objevil, ale na její účet. Byl vzat z ní a ona byla oň zmenšena. Že bychom tedy mohli právem říci, že Měsíc nám spíše »ubyl« než »přibyl«?

A teď se podívejte, co všechno dovedeme z takové představy o slapových silách vyčísti? Především nevyhnutelný závěr, že planety se s počátku otáčely kolem Slunce blíže než teď a hlavně, že teprve hledaly ustálenou dráhu. Začaly jakýmsi tápáním jako slepec, který hledá hůlkou cestu, ocitaly se patrně někdy v nebezpečné blízkosti Slunce a už to bylo hotovo. Slunce z nich vytáhlo nová »žebra«, nové doutníky, ty byly samozřejmě plynné, vznikaly v nich zhuštění hmoty a byl-li »doutník« hodně velký, vzniklo těch zhuštění více, jako u Jupitera a Saturna, z jejichž doutníků vzniklo vždy devět měsíců.

Z planet menších byly »doutníky« menší, takže vzniklo měsíců méně, na př. Uran má již jen čtyři měsíce, Mars dva, Země a Neptun po jednom a Merkur, Venuše i Pluto jsou vůbec bez měsíce.

Tenhle nedostatek měsíců nám dokazuje, že bezměsíčné planety asi velmi rychle kapalněly právě pro svoji malou velikost. Slapové síly sluneční byly již tedy na ně slabé. A tak se stalo, že tyto planety jsou bez měsíců.

Na předcházejícím obrázku máte v doutníkovém útvaru srovnány všechny planety a pod nimi je uveden počet jejich měsíců.



Vznik planet ze Slunce

Jak vznikl Saturnův prsten

Začneme Saturnem. Jeho devět měsíců je od něho vzdáleno ve více méně vzrůstajících vzdálenostech, jinými slovy: poloměry kružnice jejich oběhů nejsou stejně velké, každý měsíc obíhá po své kružnici. Ale blíže k samotnému Saturnu, než je nejbližší

měsíc, je Saturnův prsten, který se skládá z nesmírného počtu drobných tělísek, otáčejících se v podobě pásu kolem hvězdy.

Jak vznikla tato drobná tělíška? Stejně jako shluk drobných planet zvaných Asteroidy a jako meteory: rozpadem větší hvězdy. To znamená u Saturnu: rozpadem měsíce, nejbližšího k Saturnu — a u Asteroid a meteorů rozpadem nějakých oběžnic.

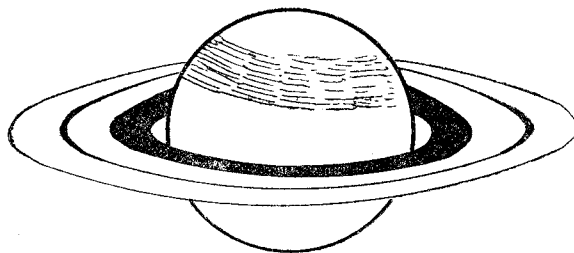
Vznik Asteroid, Saturnova prstenu a meteorů je důkazem, že je vlastně nebezpečné být velmi malým, jsme-li v blízkosti silného a velkého souseda. Je-li to skutečností v životě mezi lidmi, vypadá to tak, že se tomu lidé snad naučili od mrtvé přírody, od hvězd.

Roku 1850 hvězdář Roche vypočítal, jak nejbliže se smí přiblížit nějaká malá hvězda k velké hvězdě, která ji přitahuje: do vzdálenosti, která je 2,45 krát větší než poloměr velké hvězdy.

Dejme tomu, že taková malá hvězda — i Saturnův nejbližší měsíc — se otáčí kolem své velké hvězdy klidně dokola v kruhu. Bohužel, tento kruh se stále zmenšuje. Vypadá to tak, jako by velká hvězda stále k sobě ponenáhlu malou hvězdu přitahovala, ale ta se tomu bránila zoufalým běháním do kolečka. Jenže velká hvězda přitahuje dále, poloměr kružnice, v níž malá hvězda obíhá, je stále menší, asi jako by chlapec, točící se na místě dokola s napjatým provazem, na němž je přivázán třeba míč, stále si ovíjel při otáčení provaz kolem ruky. Samozřejmě by tak dostával míč stále blíže k sobě.

A teď by se ten míč na provaze dostal k chlapci do vzdálenosti pouze 2,45 krát větší, než je poloměr jeho těla v pase. U chlapce by to znamenalo nejvýš, že by se mu teď špatně točilo dokola, již z toho důvodu, že by měl tolik toho provazu ovinutého kolem ruky. Míči by se nestalo nic. U malé hvězdy, obíhající kolem velké hvězdy by tato malá vzdálenost znamenala zničení. Malá hvězda by se rozpadla na kusy.

Podobný osud čeká i na náš Měsíc. Bude se otáčet stále blíže k Zemi a až se dostane do nebezpečné blízkosti tohoto Rocheova čísla, rozpadne se na kusy a naše Země ztratí vlídného nočního průvodce, aby místo něho byla ozdobena věčným pásem, podobným pásu Saturnovu.



Saturn

Komety, meteory, Asteroidy

Podobně jako vznikl Saturnův pás, vznikly i Asteroidy. Byla to patrně kdysi planeta mezi Martem a Jupiterem. Jednoho krásného času, kdy planety obíhaly kolem Slunce spíše v elipsách než v kružnicích, dostala se tato planeta do nebezpečné blízkosti 2,45 k Jupiteru a ovšem to »odnesla«. Jupiter ji roztránil svou přitažlivostí na více než 1000 kusů, jenže měl konkurenci v přitažlivosti Slunce. To mu shluk Asteroidů odtáhlo na obvyklou elipsu. A tak Asteroidy jsou sice troskami planety, již zničil Jupiter, ale nad Jupiterem opět vyhrálo slunce, kolem něhož Asteroidy krouží jako shluk malinkých planet.

A podobně jako Asteroidy, velké hejno kusů z rozbité planety, vznikly i komety. I ty vznikly z nějakých oběžnic, které však pro svoji malost obíhaly kolem Slunce v elipsách. Je totiž jakýsi zákon mezi oběžnicemi, že čím je která menší, tím spíše obíhá kolem Slunce v eliptické dráze. Čím větším obrem pak je taková oběžnice, tím spíše obíhá v dráze kružnicové. Obíhaly tedy malé oběžnice kolem Slunce v eliptických drahách. V jednom ohnisku elipsy bylo Slunce. Jaký div, když taková malá oběžnice se dostala do nebezpečné blízkosti 2,45 násobného poloměru Slunce, a to se mohlo snadno stát, když oběžnice z počátku své oběžné dráhy vytvářely, že to s ní dopadlo jako s prvním měsícem Saturnovým nebo s oběžnicí, kterou roztříštil Jupiter.

Slunce zkrátka ty malé oběžnice roztříštilo na spoustu kousků, které se však stále vzájemně přitahovaly tak, že vytvořily klubko malých kusů, jež nazýváme kometou. Asteroidy jsou vlastně tedy také jakási kometa, jenže se otáčejí kolem Slunce v dráze daleko kratší a více kruhové než komety, a pak přitažlivost mezi částicemi vzniklými z oběžnice není již tak velká. Kusy v Asteroidách jsou od sebe více vzdáleny, není to již klubko, spíše hejno.

Ještě více se jedná o hejno u meteorů. Ty vznikly rozpadem jádra komet, ale i mezi nimi je ještě jakási přitažlivost, takže i meteory se vyskytují v hejnech, jenže již hodně rozběhlých a řídkých.

Pamatujte si tedy ke konci této kapitoly o vzniku Vesmíru a hvězd: čís. 2,45 je nebezpečné.

Vstupujeme do nitra hvězd

Snad vám ten nadpis připomene Verneův román »Do středu Země«. Ale u Vernea byl ten podnik klidnější a hlavně chladnější; jen nějaký ten trochu nebezpečný sestup vyhaslým kráterem a již jste se octli ve skutečném pravěku s obrovskými přesličkami, mamuty atd. Vstup do nitra hvězd bude trochu teplejší. Vedle nesmírné vzdálenosti, která nás od hvězd dělí, i tato teplota nitra hvězd vede k závěru, že je zaručeně jedna podobnost mezi Verneovým vstupem do středu Země a našim vstupem do nitra hvězd: tyto vstupy musíme obstarati jen svou fantasií. Ale fantasie moderního přírodovědce — i Verne byl v tomto ohledu důstojným prorokem a předchůdcem »cechu moderních přírodovědců« — se opírá o vědecky dokazatelné skutečnosti. My si tedy můžeme pravou »vědeckou fantasií« dobře představit, jak to vypadá v nitru hvězd.

Naše »pozemská« věda musí věnovat astronomii (hvězdářství) velmi uctivou pozornost. V mnohém našli astronomové potvrzené závěry pozemské »přízemní« vědy i ve své tak povznesené vědě, ale přišli přitom i na mnohé, v čem se pozemská věda může učit od nich.

Připomeňme si především, že se pozemská i nadzemská hvězdářská věda nakonec shodují v jednom starověkém životním názoru: »Člověk je měrou všech věcí«. A opravdu člověk stojí tak asi uprostřed mezi skoro nejmenšími věcmi — atomy — a mezi hvězdami. Jsou ovšem ještě menší věci než atomy, totiž elektrony, které jsou přibližně 2000 krát lehčí než atom vodíku, ale jsme přece jen značně »měrou všech věcí«, máme-li na mysli atomy, jak přicházejí ve hvězdách. Ty jsou daleko menší než atomy pozemské, protože nemají, jak již víme, prostě oběžné elektrony. Hvězdy se v podstatě skládají jen z atomových jader. Všechny oběžnice — elektrony — jsou od těchto jader urvány. Získá se tím mnoho místa pro seskupení atomů vedle sebe — nevzpomínáte na šest vos na velkém nádraží? — takže prostor mezi atomovými jádry a obíhajícími elektrony je daleko prázdnější než mezihvězdný prostor. A ten je již pořádně řídký a prázdný. Anglický hvězdář E d d i n g t o n soudí, že v mezihvězdném prostoru se setká jeden atom s druhým atomem jednou za rok. Vidíme podle toho, jak se s jedné strany Vesmíru hmota zhustila ve hvězdách, s druhé strany jak úžasně řídkou se stala proti původnímu stavu před vznikem mlhovin. Elektronů, prakticky nejmenších částic hmoty, odtržených od atomů, je ovšem mezi hvězdami daleko více. Proti atomům jsou to mrňaví, chudí tuláci, ale snad je to pro atom přece jen trochu veselé, setká-li se s elektronem jednou za tři dni.

Mezihvězdný prostor má tedy pranepatrnou hustotu, asi tak jednu kvadriliontou část hustoty vody. Napište si to číslo jako zlomek, dělte obyčejnou jednotku jednotkou, za níž napište 24 nul s příslušnými tečkami či čárkami, označujícími tisíce, miliony, biliony atd.

Tak teď k tomu heslu: »Člověk měrou všech věcí«. Staří učenci měli dobré tušení. Atomy se po odstranění oběžných elektronů od sebe zvlášť příliš neliší svou prostorovou velikostí, jsou to jen násobky určité základní veličiny. U hvězd je příroda ohledně jejich hmoty ještě přesnější; jejich váha se pohybuje kolem 2000 kvadrilionů tun. Představíte si to číslo, napíšete-li si za dvojku 27 nul. A teď si představte, že i člověk se skládá z jednoho tisíce kvadrilionů atomů (jednička s 27 nulami). Nutno ovšem uznat, že má přece jen blíže k atomům než k hvězdám: musili bychom mít deset tisíc kvadrilionů (jednička s 28 nulami) lidí, kdybychom z nich chtěli vytvořit útvar o velikosti hvězdy. Je pro naši skromnost skoro lépe, máme-li blíž k atomům.



Povrch Slunce

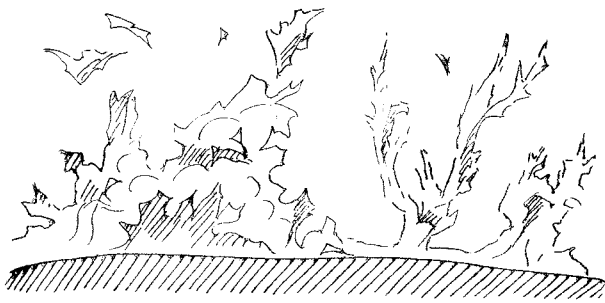
Teplota na hvězdách

Jaká je tak teplota na hvězdách? Na povrchu to ještě není tak zlé, tak nějakých 6000°C , ale čím dále do středu, tím je to ovšem horší. Předpokládejme uvnitř nejméně $40,000.000^{\circ}\text{C}$. Tak aspoň soudí E d d i n g t o n. Jiný anglický hvězdář J e a n s jde trochu výše: prý je uvnitř $50,000.000^{\circ}\text{C}$. Je to docela pěkná teplota, Jeans říká, že špendlíková hlavička, kterou bychom zahřáli na tuto teplotu, by spálila kolem sebe vše do vzdálenosti 1500 km.

Toto teplo uvnitř hvězd je pro naši pozemskou vědu velmi poučné. Nutí nás, abychom si připomněli, co vlastně je teplo, a zároveň dává naší fantasií dobrou pomůcku k představě, jak to vypadá uvnitř hvězdy. Tedy zkrátka: teplo není nic jiného, než pohyb hmotných částic. Pohybují-li se rychle, je ho dost, pohybují-li se částice pomalu, je tepla málo. Ve hvězdách je ten pohyb pořádně rychlý. Srovnajme jej s pohybem naší Země: ta se pohybuje kolem Slunce rychlostí 20 km za vteřinu. Atomy či molekuly plynů, tvořících vzduch, mají v pokoji rychlost 500 m za vteřinu, ve hvězdách při $40,000.000^{\circ}\text{C}$ létají rychlostí 100 km za vteřinu a odtržené elektrony dokonce ještě stokrát rychleji. Není to u nich ani tak mnoho, uvážíme-li, že jsou skoro 2000 krát lehčí než atomy vodíku.

Vypadá to tedy uvnitř hvězdy skvěle; šílený pohyb všeho: atomů, elektronů a krátkovlnných paprsků všeho druhu záření, jež rvou atomům s těla takřka jejich kůži, t. j. elektrony, a jdou stále výš ke kraji hvězdy. Jejich cesta je požehnaně dlouhá; může trvat až miliony let a přitom, čím jsou blíže k povrchu hvězdy, jenž je chladnější, tím se jejich vlny prodlužují, až když z hvězdy vyjdou do mezihvězdného prostoru, je jejich vlna již tak dlouhá, že paprsky se stanou viditelným světlem, jež se Země pozorujeme.

K divokému, šílenému víru atomů, elektronů a krátkovlnných paprsků v nitru hvězd přistupuje ještě gravitační přitažlivá síla, jaká působí proti tomuto pohybu, jenž vše žene nahoru k povrchu. Ani tuto gravitační sílu, jakou tíhnou hmotné částice hvězdy — atomy a elektrony — podle své váhy do středu hvězdy, nesmíme podceňovat. Tepelný pohyb vzhůru k povrchu a gravitační síla směřující proti němu jsou dvě síly, dávající hvězdám onu velikost, již jim příroda předepsala: dva tisíce kvadrilionů tun.



Sluneční protuberance

Vodíku je vstup zakázán

Teplota hvězd nám zároveň napovídá, že v nich mohou být všechny prvky — mimo vodík. Zjišťujeme tuto neúčast — či lépe vyloučení — praotce všech prvků (víme, že je přítomen v podobě ať již svých jader — protonů — či ve spojení s elektrony v podobě neutronů v jádrech všech prvků) s překvapením. Ale je tomu tak. Moderní

přírodovědec musí umět užívat počtářského uvažování. Tak zjistí na základě takové úvahy, že t. zv. i o n i s a c í, provedenou krátkovlnnými paprsky, jíž se atomy roztrhají na svá jádra a oběžné elektrony — ionisace je tedy jakési štěpení —, vznikne z jednotlivých atomů řada hmotných složek, na př. z jediného atomu hliníku by vzniklo 1 atomové jádro a 13 elektronů, tedy celkem 14 hmotných částic. Kdybychom v nějaké hvězdě nahradili na př. atomy stříbra, jež je čtyřikrát těžší než hliník, hliníkem, musili bychom dosadit za jeden atom stříbra čtyři atomy hliníku, jež by při ionisaci vydaly 4×14 , t. j. 56 hmotných částic, zatím co jeden atom stříbra se 47 oběžnými elektrony by se ionisací rozštěpil — včetně s jádrem — na 48 částic. Hliníkových částic by takto bylo o osm, t. j. o 14% více a musili bychom jim přisoudit v poměru k tomu menší rychlost a tedy i menší teplo. Všechny prvky lze tak ve hvězdách nahrazovat a nevzniknou velké obtíže pro odhadnuté teploty. Jen u vodíku by vznikla katastrofa. Místo 48 částic ze stříbra bychom zde dostali 216 částic. Zde by se závěry pro teplotu již značně rozcházely s teplotou jinak zjištěnou. Před vstupem do nitra hvězd tedy jako by byl nápis: »Vodíku je vstup zakázán«.

A konečně: jak jsou hvězdy husté? Víme o tom již něco, ale máme zde při tom ještě něco za lubem. I když mají přibližně stejně těžkou hmotu, mají různou hustotu. Některé jsou husté jen jako vzduch, jiné jako Sirius B mají hustotu 60.000 (1 cm³ váží 60 kg) a hvězda Ross 627 má hustotu dokonce 200.000 (1 cm³ váží 200 kg). To již víme stejně jako to, že tyto ohromné hustoty jsou možné jen proto, že hvězdné atomy nemají oběžných elektronů, takže se jich vejde do malého prostoru mnoho. Důležité při tom je, že jejich vzájemně malé vzdálenosti nám dovolují, abychom ten souhrn hvězdných atomů pokládali za plyn.

Cím jsou tedy hvězdy? Tuhou látkou či kapalinou? Ani jednou ani druhou věcí. Jsou plynem, třebaže velmi hustým. Důležité je, že podobným k o v o v ý m p l y n e m je patrně i žhavé jádro naší Země.

Co bychom asi dýchali na různých hvězdách

To je řečeno trochu lidově; učené bychom mohli napsati: »Jakou atmosféru — ovzduší — mají různé hvězdy«. Je to nesporně velmi zajímavá otázka, protože jejím zodpověděním zabijeme vlastně dvě mouchy jednou ranou: nedovíme se totiž pouze, jaké ovzduší mají různé hvězdy, nýbrž srovnáním tohoto ovzduší s naším zemským uvědomíme si zároveň, zda na těch různých hvězdách může být život v takovém smyslu, jako u nás, to jest život, potřebující nutně kyslíku.

Zkoumáme-li atmosféru různých hvězd, je to velmi poučné i proto, že vlastně na

hvězdách dosud známých můžeme sledovati všechny stupně, jak se ovzduší hvězd vyvíjelo. Všechny hvězdy až na malé, zcela chladné oběžnice — na př. Měsíc — mají atmosféru, jenže jejich atmosféry jsou dnes na různém stupni vývoje. Stálice s nesmírnými teplotami — 500.000 až 50.000.000° C — mají atmosféru složenou z bezhlavě se prolínajících a vířících prvků o malé atomové váze: z vodíku, dusíku a uhlíku. Stálým vyzařováním tepla do Vesmíru se stálice ovšem ochlazují, hlavně na svém povrchu, takže na př. odhadujeme teplotu slunečního povrchu asi na 6000° C. Je to sice velká teplota, ale není ničím proti teplotě jádra, které, jak již víme, je podle anglického fyzika Jeanse teplé 50.000.000° C.

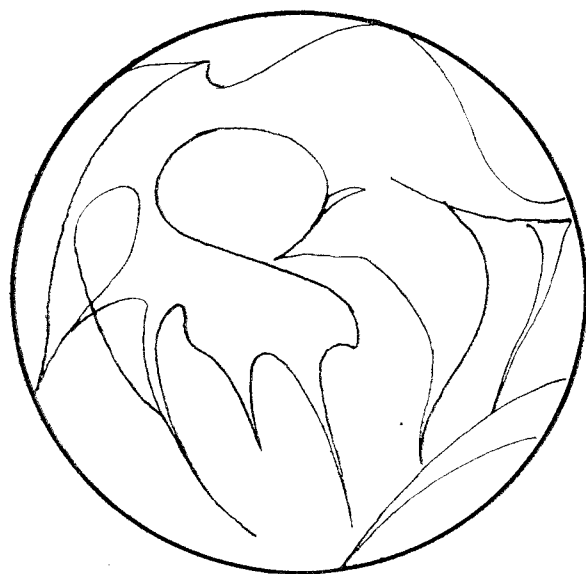
Taková žhavá nebeská tělesa pohybují se ve Vesmíru, jehož teplotu odhaduje Angličan E d d i n g t o n na $-269,8^{\circ}\text{C}$. To je zase již pořádný mráz, uvědomíme-li si, že -273°C ($0^{\circ}\text{K e l v i n ů v}$) je absolutní bod mrazu, při němž i molekuly nejneklidnějších látek — plynů — přestanou se pohybovat. Nedivme se, že ve styku s takovým mrazem je povrchová teplota stálic proti teplotě jejich jader poměrně malá. Zároveň tato nízká teplota vesmírných dálav má vliv i na atmosféru starých chladných hvězd, kde lze mluvit již jen o mracích skládajících se ze zmrzlých krystalů vodíkových, z krystalů čpavku (sloučenina vodíku s dusíkem) a methanu (sloučenina vodíku s uhlíkem).

Chápeme již, které asi okolnosti mají vliv na složení atmosféry hvězd: především je to teplota hvězd. A dodávám hned druhou okolnost, kterou jsem ostatně již naznačil při zmínce o tom, že malé planety nemají atmosféry. I velikost planet rozhoduje, má-li planeta vůbec nějakou atmosféru. Zdá se být skoro neuvěřitelné, že by zde mohla rozhodovat i velikost planety, a přece je to vlastně samozřejmé. Malé planety, vzniklé stejně jako velké odtržením od sluneční hmoty, nemají, bohužel, pro svou malost ani tolik přitažlivosti, aby u sebe udržely lehké prvky, jež by mohly tvořit jejich atmosféru, neudrží u sebe tedy ani vodík, uhlík, dusík, kyslík. Vždyť ani naše Země, patřící přece k planetám střední velikosti, nemá již tolik přitažlivosti, aby u sebe udržela ve větším množství těžší vzácné plyny — neon, argon, krypton a xenon — a musí se spokojiti atmosférou převážně dusíkovou (přibližně 78,2 objemových procent), kyslíkovou (20,8 objemových procent) a jen necelým jedním objemovým procentem vzácných plynů, mezi něž ovšem počítáme i poměrně lehké helium.

Kyanová atmosféra

První atmosféra naší Země byla k y a n (plynná jedovatá sloučenina jednoho atomu uhlíku s jedním atomem dusíku). Kyan vznikl asi nad 6000° C; tehdy bylo na Zemi ostatně všechno plynné. Kovy v podobě par tvořily jádro Země, čím větší byla jejich atomová váha, tím byly blíže k tomuto jádru, takže blíže povrchu zemskému byly již páry lehkých kovů: křemíku, hliníku, vápníku, hořčíku, sodíku a draslíku. A nad těmito hustými parami vznášely se řidší plyny: uhlík, dusík, kyslík, vodík. Je zajímavé, že kyslík se při velmi vysokých teplotách neuplatňuje, netvoří při nich totiž stálé sloučeniny. Jeho úloha nastala teprve při chladnutí Země. Tehdy se začal slučovat

s parami kovovými — vytvořil s nimi kyslíkaté horniny — a stejně se slučoval i s uhlíkem kyanu a s vodíkem v atmosféře. Toto slučování bylo velmi slavnostní: samý oheň, vždyť přece kyslík podporuje hoření. Atmosféra zemská zkrátka hořela a tím vznikaly spousty kysličníku uhličitého a vodní páry. Dusík byl dán při nižší teplotě jaksí do klatby: zůstal sám bez sloučení. Tedy po kyanové atmosféře následovala druhá zemská atmosféra: kysličník uhličitý, vodní pára a dusík. K třetí a konečné atmosféře zemské s dusíkem a kyslíkem došlo teprve tehdy, když na vychladlé Zemi se zvětralými horninami se ujal rostlinný život: rostliny vdechovaly kysličník uhličitý, tvořily z něho své tělo a vydechovaly kyslík. Tentokrát nastal opravdu konečný návrat kyslíku do atmosféry. Musíme si jen přát, aby nám v ní zůstal co nejdéle a aby se nám neztratil jako na Marsu, kde úloha kyslíku v atmosféře je skončena. Kyslík se zde totiž sloučil se vším možným na kyslíkaté sloučeniny. Aspoň hvězdáři vykládají růžovou barvu povrchu Marsu těmito kyslíkatými sloučeninami. Přesto je v řídké bezkyslíkaté atmosféře Marsu vedle kysličníku uhličitého ještě i vodní pára, jinak bychom nemohli pozorovat na jeho pólech periodické — občasné — roční tvoření a opět ztrácení se ledových pásem.



Mars

Kde mají „druhou zemskou atmosféru“

Atmosféru kyanovou, jakou kdysi měla Země, mají dodnes hvězdy, vysílající bílé světlo. Slunce prožívá teď na svém povrchu v jistém smyslu vznik druhé zemské atmosféry, zvláště — třeba jen přechodný — vznik vody, vznikající hořením vodíku. Aspoň pozorujeme při úplném slunečním zatmění v t. zv. protuberancích, viditelných mimo měsíční kotouč, zakrývající Slunce, mocné výbuchy směsí vodíku a kyslíku.

Také třetí oběžnice střední velikosti, Venuše (k oběžnicím střední velikosti počítáme ještě Zemi a Mars), prožívá právě vznik druhé zemské atmosféry, jenže způsobem daleko bližším vývoji atmosféry zemské: atmosféra Venuše je plná kysličníku uhličitého. Smíme v tom vidět slib budoucího života na této planetě? Nezapomeňme, že rostliny, jež jsou na nejnižším stupni života, jsou nemožné bez kysličníku uhličitého. Zdá se opravdu, bude-li kde život možný mimo naši Zemi, že to bude na Venuši.

Hvězdné hřbitovy

Ale teď zavítejme k velkým planetám. Je-li Venuše slibem života a Mars dnes jeho nemožností, jsou velké planety Jupiter, Saturn, Uran a Neptun hotovými hřbi-



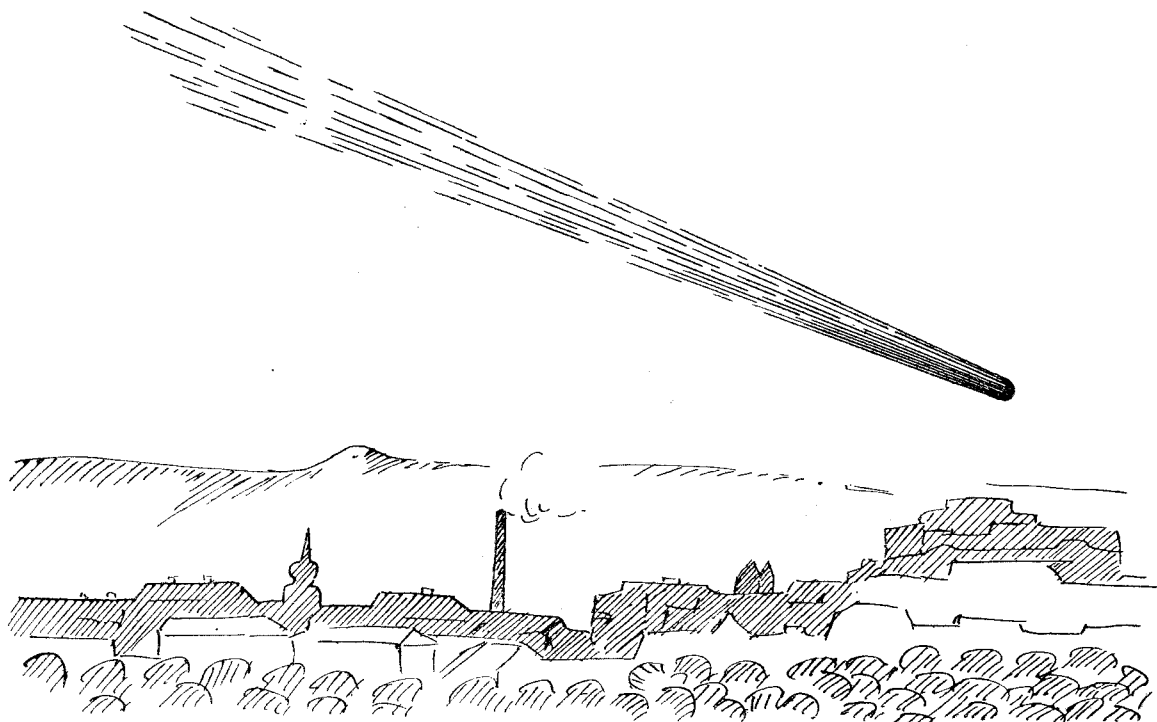
Jupiter se 4 měsíci

tovy. Především jejich teplota je velmi nízká: mezi -120 až -200°C . Pozorujeme na nich totiž pohybující se mraky zmrzlého čpavku a methanu, k jejichž zmrznutí je potřeba teplot od -120 do -200°C . U Neptunu se zdá, že by v atmosféře mohl být i zmrzlý dusík.

Je zajímavé, jak asi vznikl na těch hvězdách čpavek a methan. Při vysokém tlaku v jejich husté atmosféře, obsahující původně hlavně kysličník uhličitý a dusík, došlo k vzájemnému působení těchto plynů s vodíkem v ovzduší. Vysoký tlak skutečně podporuje toto působení a tak v husté atmosféře velkých planet nastal působením vodíku rozklad kysličníku uhličitého (sloučenina jednoho atomu uhlíku s dvěma atomy kyslíku) na methan (sloučenina jednoho atomu uhlíku a čtyř atomů vodíku) a vodu (dva atomy vodíku a jeden atom kyslíku). I dusík byl zbaven klatby, do níž byl dán na Zemi: vodík se s ním sloučil na čpavek (jeden atom dusíku a tři atomy vodíku).

Závěr: Jupiter má atmosféru ze zmrzlého čpavku (tam je ještě dost teplo, asi -120°C), Saturn má také čpavek, ale má trochu řidší atmosféru (snad asi jako — ovšem v jiném smyslu — Mars), Uran a Neptun pak mají za atmosféru zmrzlý methan, je tam také pořádně zima, methan tuhne totiž až pod -200°C .

Myslím, že nepodlehnete pokušení chtít dýchat atmosféru těchto planet. O jiných hvězdách — hlavně těch s kyanem — ani nemluví. Nám je docela dobře na Zemi s naším kyslíkem. Jen aby se nám jednou neztratil, jako na Marsu!



A teď nakonec: neřekli byste, jak tyhle atmosféry oběžnic mají vliv na jejich celkovou průměrnou hustotu. Zatím co střední planety s těžšími kyslíkatými plyny v atmosféře mají hustotu 3,3 až 5,5, mají velké planety hustoty daleko menší (zásluhou vodíkových sloučenin). Neptun má na př. hustotu 1,6 a Saturn jen 0,7. Čili plovat by na vodě, která má hustotu 1.

Něco chemického o kometách

Tyhle komety natrápily se lidí až až. Lidé v nich viděli truchlivé posly truchlivých událostí. Dnešní věda v nich vidí také posly, ne sice z nekonečného Vesmíru, ale alespoň z okruhu planet, obíhajících kolem Slunce, k němuž má čest patřit i naše Země.

I to je konečně slušná vzdálenost. Zeptejme se tedy našich poslů, jimž říkáme česky vlasatice, na jejich poselství. Mají nám opravdu co říci, ale spíše něco o minulosti než o budoucnosti. A pak ovšem nám zvěstují slávu Slunce, skvělého dárce a udržovatele života.

Co nám tedy zvěstují komety o minulosti? Podle dosavadních našich znalostí jsou komety shluky trosek, jež vznikly slapovým působením Slunce na planety, které se k němu přiblížily. Všechny planety — i naše Země — vznikly, jak již víme, stejně ze Slunce slapovým působením velké hvězdy, jež se přiblížila ke Slunci. Tato veliká hvězda vytáhla do výše část sluneční hmoty, podobně jako Měsíc vytáhne při přílivu do výše mořskou vodu v podobě vln. Vytržená hmota se od Slunce odtrhla a rozdělila se na planety.

Osiřelé planety

Chudinky planety! Jak byly s počátku popletené! Vesmír ve vývoji — a zdá se, že je vlastně stále ve vývoji — nebyl právě příkladem obdivuhodného pořádku, jaký v něm vidíme teď. Bylo to vidět již i na těch planetách. Měly doopravdy dva rodiče: Slunce a onu Neznámou, onu velkou hvězdu, jež je ze Slunce vytrhla. Planety nevěděly, koho poslouchat a proto řešily věc tak, aby byly za dobře na všechny strany; otáčely se kolem obou rodičů. Pochopíte, že takové otáčení bylo málo podobné nynější jejich vzorné eliptické dráze. Byl to vlastně skutečný nepořádek a je zcela možné, že při tom pohybu kolem dvou hvězd utrpěly planety slapovým jejich působením nové ztráty. Milí hvězdní rodičové mohli dobře utrhnout planetám slušné kusy jejich hmot a vzniklé trosky daly původ kometám, meteorům a vesmírnému prachu, pokud i tato tělesa nevznikla již slapovým působením velké Neznámé na Slunce.

Nakonec planety osiřely — aspoň jednostranně. Velká Neznámá se vzdálila a planety věděly, že mají poslouchat jen Slunce, a tak začalo jejich vzorné otáčení kolem Slunce v elipsách, jež již tak dobře známe.

Slunce začalo vládnout samo nejen nad planetami, nýbrž i nad kometami a přitahuje si občas z dálky shluky meteorů, tvořících kulové svazy, t. zv. k o m e t y , v l a s a t i c e .

Slunce vytváří ohon komet

A teď přicházíme k druhému poselství komet: k jejich opěvování slávy Slunce. Zpěvem na slávu Slunce je u komet jejich ohon. Neboť představme si, že Slunce tento ohon z komety vykouzlí samo jako nějaký kouzelník. Dokud je kometa daleko od Slunce, je ten shluk meteorů teplý stejně jako je teplý okolní vesmírný prostor. A ten má teplotu 3 až 4° absolutní teploty. Absolutní teplota začíná bodem -273°C , je to tak zvaný absolutní bod mrazu. Tedy takové 3 či 4° absolutní teploty znamenají -269 po případě -270°C . Nějak malé teplo, že ano?

Ale Slunce je mocný kouzelník. Jak se k němu kometa blíží, Slunce ji rozežhívá tak, že z milých meteorů začnou ven unikat plyny, které jsou v nich uzavřeny. A čím více se blíží kometa k Slunci, tím více se otepluje a tím více z ní těch plynů uniká. A tak vzniká ohon komety. Čím blíže je kometa u Slunce, tím je ten ohon větší a jádro menší.

Zdá se však, že si kometa svého pokladu uzavřených plynů váží. Alespoň je nepustí tak lehce ze své moci. Na rozkaz Slunce, vlastně pod nátlakem jeho tepla, pustí je trochu na svobodu, ale jakmile se začne zase od Slunce vzdalovat, pak je dovede svou přitažlivostí opět zatahnout zpět a držet je na pořádné uzdě. A my vidíme opačný vývoj: ohon se zmenšuje, jádro se zvětšuje a když se kometa dostane zase daleko od Slunce, je to zase netečný, kulový shluk meteorů, »teplý« -269 či -270°C .

Vraťme se k tomu ohonu. Proč má kometa ohon vždy odvrácený od Slunce? To všecko dělá Slunce a nazveme jeho působení světelným tlakem. Plyny, vysvobozené z jádra komety, pohlcují sluneční záření, které může mít několikery účinek. Pohlcení znamená především i náraz: molekuly plynů pohltnou světlo a zároveň jsou jím odraženy. Pohlcení znamená však i svícení: molekuly přijaly sluneční světlo a to v nich působí takové změny v umístění elektronů, obíhajících kolem atomových jader, že i tyto kometové molekuly začnou svítit vlastním světlem. A konečně: sluneční světlo dovede i roztrástit molekuly kometových plynů na jednodušší složky či přímo na atomy. A dovede je roztrástit tak důkladně, že jim dá ještě dost velkou pohybovou rychlost. A tak ty trosky z molekul se pěkně rozutíkávají na všechny strany a prakticky to vypadá potom tak, že ohon, který byl z počátku úzký, se potom začne pořádně roztahovat, dokud jej zase jádro komety, když je dál od Slunce, nepřivede k rozumu.

Snad ještě druhá a třetí otázka? Druhá: jak je ten ohon hustý. To víte, že málo: vždyť je jím vidět jiné hvězdy. Je v něm asi jedna molekula v jednom cm^3 . Ke srovnání si vzpomeňme, jak řídká je hmota mezi hvězdami, a že v 1 gramu vodíku je

3×10^{23} molekul (napište si 3 a za nimi 23 nul). Třetí otázka: jaké je asi teplo na kometě v blízkosti Slunce? Odpověď: v jádru je to směs pokojové teploty, nějakých 20°C , a 2500 až 3500°C .

Kometové plyny

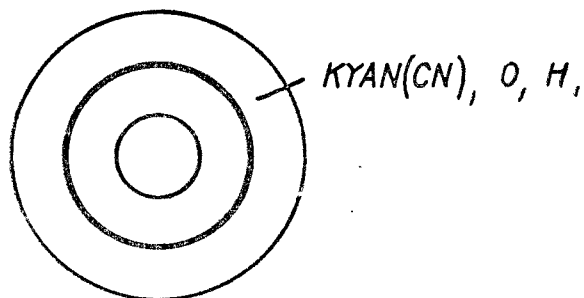
Jak jsou možné tyto různé teploty? Už je to tak a nedá se to změnit: v jádře svítí kyan a uhlík, v ohonu kysličník uhelnatý (sloučenina jednoho atomu uhlíku a jednoho atomu kyslíku) a dusík. Astronomové určí snadno tyto látky spektrální analysou pomocí trojbokého optického hranolu a dovedou určit i teplotu, při níž ty plyny svítí. A zjistili, že kyan svítí při klidné pokojové teplotě a uhlík zato při dost velkém horku.

Důvod těch různých teplot je patrně v různém chování při rozkladu látek, z nichž kometové plyny vznikly působením krátkovlnného — a proto velmi energického — slunečního záření. Kometové plyny vznikly z neznámých víceatomových sloučenin uhlíku s dusíkem, vodíkem a kyslíkem, uzavřených v jádře komety. Vzniklý kyan a uhlík jsou rozbity, po případě shoří v jádře komety, takže se do ohonu již nedostanou. **K y s l i č n í k u h e l n a t ý**, či přesněji řečeno jeho příbuzný: karbonylová skupina, jež je složena ze stejných prvků, a **d u s í k** však teplo jádra vydrží a dostanou se do ohonu.

Třetí, chemické poselství komet je tedy vlastně jejich zpráva o tom, které plyny jsou v nich obsaženy.

III. CHEMIE ZEMĚ

O začátcích Země



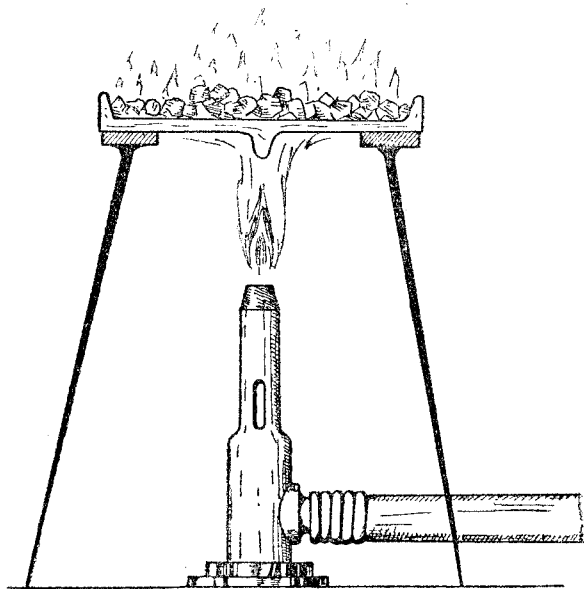
Vznik kyanu

zkrátka bez dlouhých řečí napíšme: (CN)₂. Je to plyný jed, který lze připravit a současně zneškodnit v laboratoři. Vezmeme-li je na porcelánovém víčku nad plamenem Bunsenova kahanu, budou se krystalky rozkládat na rtuť a dikyan. Ten však shoří růžově fialovým plamenem na kysličník uhličitý a uvolní se zároveň dusík.

V dějinách země má kyan velký význam. Byla to totiž první chemická sloučenina na Zemi a první ovzduší naší Země. Před ním byl každý prvek zvlášť. Tak se podívejte, čím začalo na Zemi chemické slučování a konec konců i jakýsi chemický pořádek v přírodě: jedem. Co bylo před tím jedem, to je tak trochu zahaleno závojem záhad. Jistě byl nejdříve zmatek číslo I. To bylo tehdy, když se začaly tvořit prvky z věcí, které až teprve teď odhalujeme a o nichž jsme mluvili: z fotonů, elektronů, protonů, neutronů. Jistě vznikl nejprve vodík. Jeho vznikem byl zmatek číslo I. ukončen. Je zajímavé, že již roku 1815 pokládal anglický lékař W i l i a m P r o u t vodík za

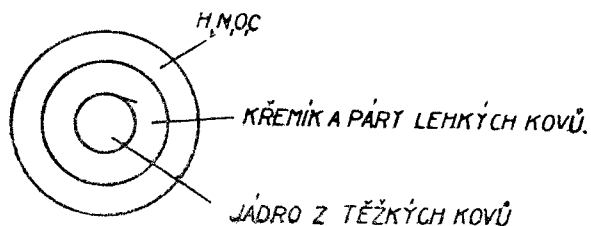
Víme již, že prvním ovzduším naší Země byl k y a n . Jenže nevznikl hned. Povězme si něco o něm. Nějak nebezpečně vám připomíná kyanovodík, velmi prudký plyný jed, třeba příjemné hořkomandlové vůně. Konečně kyan není o mnoho lepší. Vlastně bychom měli správněji říci d i k y a n , protože kyan CN, t. j. sloučenina jednoho atomu uhlíku a jednoho atomu dusíku, není v této podobě schop existence. Musí k tomu být molekuly dvě, tak je

několik krystalků kyanidu rtuťnatého a pálí-



Pálení kyanidu rtuťnatého

pralátku, za základní látku veškeré hmoty. Dnes mu dáváme za pravdu, protože vodík je v podobě protonů v jádrech všech prvků.



Zmatek se uklidňuje

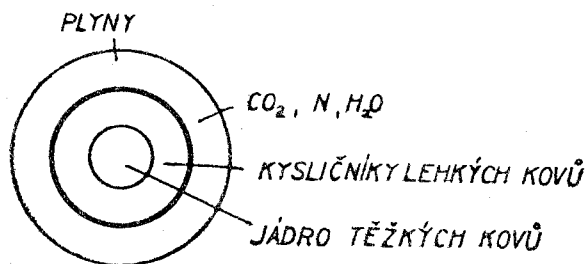
Pak začal zmatek číslo II. Vodík za spolupůsobení ostatních uvedených složek začal vytvářeti Mendělejevovu soustavu, t. j. základních 92 prvků. Rozhodně tohle všechno se dalo za velmi vysokých teplot, vyšších než 6000 stupňů C, a všechny prvky byly v podobě plynů. Ale teď už začal jakýsi fyzikální pořádek. Prvky, jež byly těžší, začaly tvořiti jádro Země, lehčí prvky, jako křemík, hliník, hořčík, vápník, stroncium, baryum, sodík, draslík, vytvořily obal kolem hutnějšího jádra. Nad Zemí pak se vznášel vodík, kyslík, dusík a páry uhlíku. Při tom teplota Země stále klesala vyzařováním do Vesmíru.

Při teplotách nad 6000° C vznikla první chemická sloučenina; kyan, který tvořil první naši atmosféru. Jiná sloučenina nemohla ani vzniknouti, protože jen dikyan je velmi stálý za nejvyšších teplot. Účinnost kyslíku vůči jiným prvkům mohla se projevit až pod 6000° C. Dokud tedy byla na Zemi teplota vyšší, než je dnes na povrchu Slunce, t. j. více než 6000° C, byl kyslík bezmocný a první a jediná sloučenina na Zemi byl kyan.

Vznikem kyanu a dalším ochlazováním Země pod 6000° C začal zmatek číslo III. Ale ten byl již daleko mírnější. Při něm se slučovaly prvky mezi sebou a vznikaly rudy. Jejich vznik byl vlastně velkolepým požárem. Vše hořelo, t. j. slučovalo se s kyslíkem. Jenže to hoření neznamenaló zkázu hmoty, nýbrž vznik nových látek. Shořelo ovšem pouze to, co bylo nahoře, k čemu měl kyslík ze vzduchu snadný přístup. Prvky, které pro svou tíhu zůstaly v nitru Země, zůstaly vlastně stále plynné, jejich atomy jsou dodnes na sebe hustě namačkány a bez oběžných elektronů, docela stejně, jak je tomu v nitru hvězd. Ostatně i v povrchových vrstvách všechny kovy neshořely, jinak bychom nenalézali zlatá zrna, žíly rtuti, mědi atd.

Vznik kysličníku uhličitého a vody

Pro život na Zemi mělo největší význam hoření kyanu. Nastalo také při teplotách pod 6000° C, vznikl při tom plynný kysličník uhličitý a uvolnil se opět dusík. Jestliže zkusíte pálení kyanidu rtuťnatého, budete v malém napodobit toto pravěké hoření kyanu nad Zemí. S hořením kyanu se svezl i vodík. Shořel také a vznikla vodní pára, dokonce mnoho vodní páry, která oba-

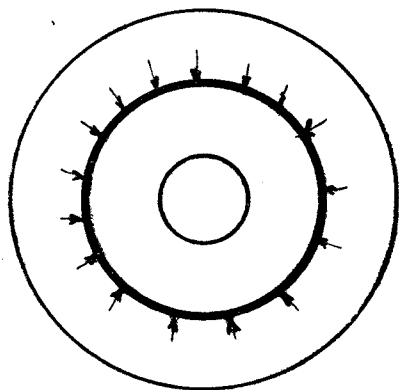


Požár atmosféry

lovala naši Zemi velmi důkladně; Slunce se marně namáhalo prorazit tento obal svými paprsky.

A Země zatím stále chladla. Na jejím povrchu měly srazivší se kyslíkaté sloučeniny lehkých a lehčích kovů podobu strusky, tedy jakéhosi skla, jak dosud vyhlíží i povrch Měsíce. Tak to trvalo až do doby, kdy teplota Země klesla na 374°C . Je to tak zv. kritická teplota vody, t. j. teplota, při níž může vodní pára již kapalněti, panuje-li současně t. zv. kritický tlak, který je pro vodu 217 atmosfér (technicky přibližně mluveno, je to tlak $217\text{ kg na }1\text{ cm}^2$). Je to pořádný tlak, ale tehdá nebyl žádnou vzácností. Ovzduší, v němž byla spousta kysličníku uhličitého, jeden a půlkrát těžšího než vzduch, a spousta vodní páry, vážilo přirozeně pořádně. Kyslíku v té době v ovzduší nebylo, všechn byl vázán, sloučen: v zemi s kovy, v ovzduší s uhlíkem a vodíkem.

Horké průtrže mračen



Horký vodní déšť

Teplota 374°C je důležitým mezníkem. Při ní začaly nesmírné lijavce. Lijavce horké, lijavce ze samé »kysibelky«. Neboť voda, která se řítí na zem, rozpouštěla v sobě kysličník uhličitý, a co jiného je voda, obsahující v sobě hodně kysličníku uhličitého, než kyselka, minerálka? Chemicky bychom ji nazvali kyselinou uhličitou. Sklovitý povrch Země neodolal tomuto útoku kyselky. Kysličník uhličitý v ní obsažený rozpouštěl kovové prvky ze sklovitého povrchu na kyselé uhličitany, hlavně vápenatý a hořečnatý. Na štěstí nebyli — a nemohli býti — tehdá ještě na Zemi lidé,

a nebyly tedy ani továrny. Jinak by se bývali strojníci k smrti uzlobili nad touto vodou, kdyby jí měli používat do parních kotlů. Prosím vás, představte si, jak ta voda byla tvrdá, když v ní bylo rozpuštěno tolik solí! To by bylo bývalo kotelního kamene! Konečně si ty sole daly říci. Usadily se později na povrchu Země a vytvořily různé horniny.

Voda vnikala stále hlouběji do nitra Země, ale dodnes ještě nepronikla zvláště hluboko. Soudíme to podle toho, že nejmladší nerosty, zvláště láva, vyvrhovaná sopkami, mají ráz zásaditý. Je v nich totiž zásaditá skupina hydroxylová OH, nesporně vzniklá působením vody H_2O , kterou někdy píšeme dokonce HHO . Naproti tomu staré nerosty, vzniklé právě zpracováním struskových rud horkou vodou, obsahující kysličník uhličitý, mají ráz kyselý, protože v nich bývá dost sloučenin kyseliny uhličité. Dodnes vlastně vniká voda nejsnáze do Země v území sopek, jež stojí jaksi na puklinách pevného zemského obalu.

stupujícím ochlazováním Země, protože přitom bude vnikati stále hlouběji dovnitř Země. To je jedno z řady nebezpečí, ohrožujících život na Zemi.

Ale to vše patří ještě do daleké budoucnosti. Zatím se zamysleme jen nad tím, že první chemickou sloučeninou na Zemi byl kyan, jed, a že z toho jedu vznikl nakonec život. Máme v tom vidět důvod pro škarohlídství nebo naopak potvrzení víry, že vše se obrací k dobrému? Doporučuji vám to druhé: věřte, že i zlo se obrací v dobré.

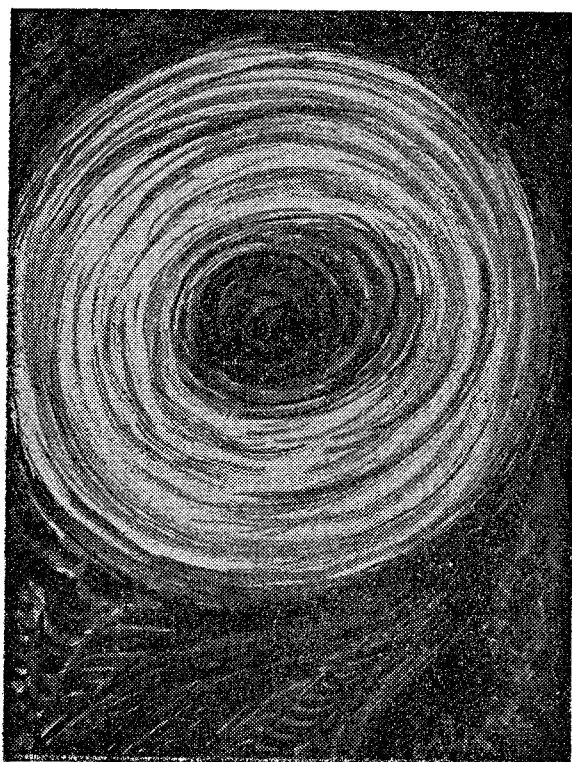
Jak je Země stará?

Byla by to možná velmi hlučná hádka, kdybychom si představili jednotlivé přírodní vědy: fyziku, chemii, geologii (nauku o složení Země), paleontologii (nauku o praveku Země) atd. jako živé osoby, hovořící o stáří Země.

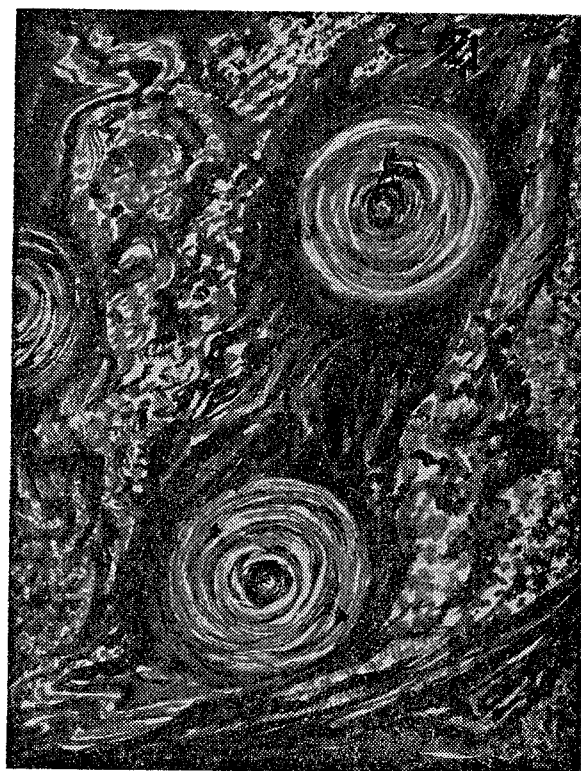
Nejjednodušším pokusem o určení stáří Země zdá se být fyzikální metoda lorda Kelvina (před povýšením do stavu lordského známého anglického fyzikálního chemika W. Thomsona). Kelvin usuzoval, že Země s počáteční své teploty 1000°C stálým vypařováním tepla do Vesmíru chladla (Edington, jak víme, odhaduje teplotu Vesmíru na $-269,8^{\circ}\text{C}$) a na základě tohoto postupného ochlazování vypočetl stáří Země na 22 milionů let. Jenže jeho výpočet měl dvě chyby: 1. Zdá se rozhodně, že je nutno počítati s daleko větší počáteční teplotou Země, když na př. při výkladu vzniku zemského ovzduší počítáme se vznikem plynného kyanu nad 6000°C . 2. Kelvin ještě nevěděl, že stálým zdrojem tepla Země je též trvalý rozpad radioaktivních prvků v horninách, což by znamenalo, že výpočet stáří Země na základě vyzařování jejího tepla do Vesmíru je neúplný. Nesmíme totiž zapomínat i na toto teplo, které se uvolňuje při rozpadu radioaktivních prvků. Obráceně tedy: počítáme-li s tímto teplem a přijmeme-li Kelvinův názor o zákonitosti ve vyzařování zemského tepla do Vesmíru za zásadně správný, dojdeme ke stáří Země několik set milionů let.

Sůl v moři a stáří Země

Trochu zdoluhavější zdá se býti proti Kelvinovu postupu myšlenka, s kterou vystoupil roku 1715 hvězdář Halley. Usuzoval vtipně, že řeky dopravují do moře kuchyňskou sůl a že lze dopravované množství vyjádřiti v průměrných ročních hodnotách. Z nynějšího obsahu soli v moři, děleného touto průměrnou roční hodnotou, bylo by tedy možno vypočísti stáří Země (podotýkáme: ovšem s předpokladem, že moře nemohla vzniknouti dříve, dokud teplota Země neklesla pod 100°C , takže bychom k vypočtenému číslu musili připočíst i dobu, po kterou Země chladla až k této teplotě). Rozhodně ani myšlenka Halleyova nebyla v polstátě špatná, ale určuje stáří Země podobně nízko jako Kelvin, pouze na mnoho set milionů let.



Zvětšeno 140×



Zvětšeno 60×

Nyní se ujímá slova geologie. Ta nám říká o stáří Země ovšem mnoho zajímavého. S uznáním přijímá i pomoc chemie, o jejíž účasti na této debatě si povíme ke konci článku. Abych dlouho nenapínal vaši trpělivost: geologie odhaduje, po uvážení všech okolností, stáří Země na dvě miliardy let. Z toho počítá 500 milionů let, jež uplynuly od odtržení Země od Slunce až k vytvoření tuhé slupky na Zemi, jako jakýsi dětský věk Země. Jako přípravu k ústrojnému životu na Zemi počítá 1000 milionů let, do této doby spadá t. zv. prekambrien, skládající se z archeozoika, eozoika a proterozoika. Po této jedné miliardě let nastupuje již historická — prozkoumaná — doba Země, začínající kambriem a vyznačující se hlavně ústrojným životem. V této historické době Země rozeznáváme jakýsi starověk (paleozoikum, prvohory), středověk (mesozoikum, druhohory) a novověk (kenozoikum). Celkem trvá tato historická doba Země 500 milionů let.

Také jednotlivým těmto věkům přidělují geologové dosti přesné doby trvání: tak starověku 330 milionů let, středověku 110 milionů let a novověku 60 milionů let. Spory o přesnější časový přiděl nejsou tak závažné, geologové navrhuji poměr milionů let, přidělených jednotlivým věkům, buď 5 : 2 : 1 (uvedený případ 330 milionů : 110 : 60), nebo 7,5 : 2,5 : 1, či 8,3 : 2,7 : 1, při čemž ovšem přidělují více milionů pravěku, takže celkové trvání historické doby Země odhadují pak až na

822 milionů let. Vidíte, jak pojem přesnosti je jen poměrný; ale jistě s obdivem všimnete si té dvojky na konci čísla 822. Jaká to přesnost, tahle dvojka, a přece tu jde »jen« o dva miliony let. (!)

Čeho se všimá geologie

Geologie odhaduje trvání jednotlivých věků jednak podle rychlosti, jakou voda z dosud existující pevniny odplavuje tuhé látky, jednak podle usazování hmot na dně mořském. Anglický fysik J e a n s praví, že na př. Temže odplaví ročně jeden až dva miliony tun anglické hlíny do moře a ptá se s obavou, jak dlouho Anglie při tomto tempu zůstane ještě Anglií.

Hlavní usazeniny, vzniklé z pevniny, jsou pískovec, jíl a vápenec. Zde přiskakuje na pomoc chemie: pískovec, složený z nejtěžších částic, klade se v moři blízko břehů, jílovité usazeniny v podobě břidlic a pod. vznikají již dál v moři elektrolytickým — rozpouštěcím — účinkem slané vody, a konečně biologickými — živočišnými — pochody, spolupůsobením živočichů, vzniká vápenec (vápenaté škeble mořských živočichů).

Německý geolog K o r n vidí v usazeninách na dně mořském i vliv slunečních skvrn, na př. ve spodním karbonu thuringském nalézá různě výrazné vrstvy, odpovídající době 11,4 let (v této době se sluneční skvrny vracejí) a vypočítává z toho roční usazeniny v tloušťce 1,7—2,08—2,76 mm. Čísla odpovídají postupně pískovci, břidlicím a vápenci.

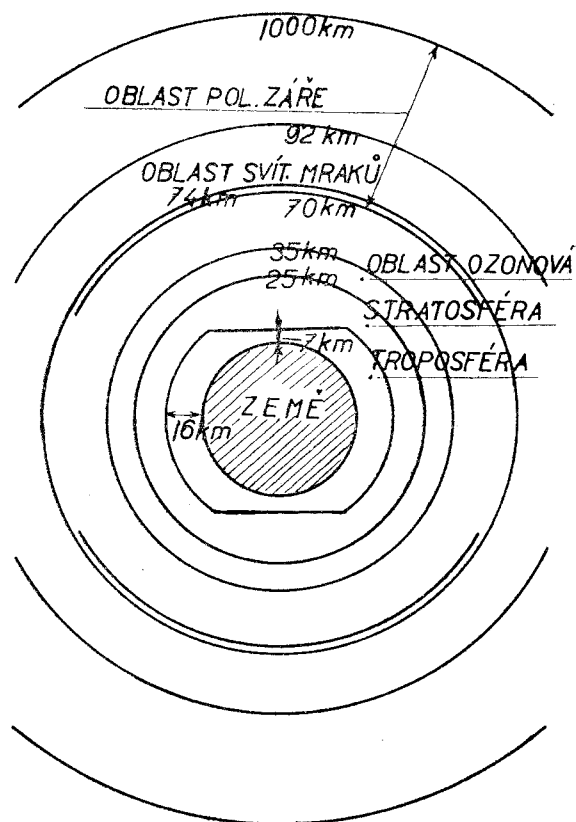
Ale nejzajímavější snad je poznatek v o n B u b n o f f a, který tvrdí, že světová moře mění střídavě své osy. Směřuje-li osa moří místo od severu k jihu od severozápadu k jihovýchodu (vidíme zde posun proti směru hodinových ručiček), nastávají potopy, směruje-li tato osa od západu k východu, moře se naopak smršťují a nastává velké prohlubování moří, na druhé straně pak vznik vysokých pohoří. B u b n o f f rozeznává na základě toho šest období, v nichž se poloha os mění, a určuje i dobu jejich trvání.

Co říká radiologie?

Nakonec se přihlásí i radiologie (nauka o radioaktivních látkách). Ta vám vypočte stáří Země buď na základě množství helia, jež se v radioaktivních nerostech nahromadí rozkladem radioaktivních prvků, nebo na základě množství olova, v něž se mění radioaktivní prvek uran či thorium. Tyto druhy (víme již, že se nazývají isotopy) olova nejsou obyčejným olovem, jež má atomovou váhu 207,2. Takové olovo, jež vznikne z uranu, má atomovou váhu 206, a to, jež vznikne z thoria, má atomovou váhu 208. Konečně se v různých rudách najdou i zrnečka radioaktivních nerostů, jež vysílají částice alfa (vlastně atomy helia), které vytvoří kruhová zbarvení nerostů

kolem těchto zrůček. (Viz dva obrázky na str. 71.) Z poloměru těchto kruhů (jedná se o několik setin milimetru) lze změřit dosah částic alfa (kam až doběhnou). Tedy radiologie, třebaže mluví až nakonec, udává sama tři cesty k určení stáří nerostů a tím i Země, a geologie užívá jejích služeb s uznáním a zdarem.

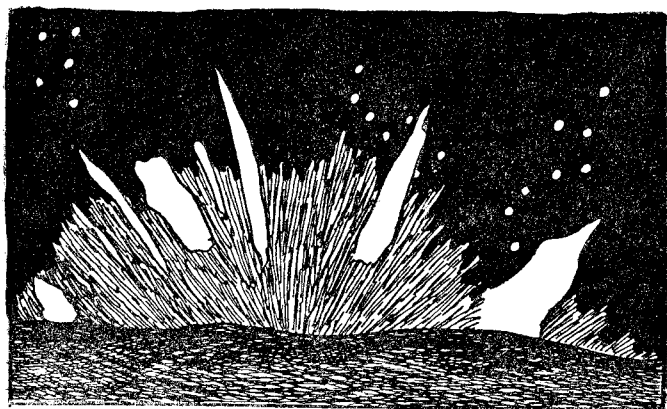
Rozhovor se odbyl na štěstí v klidu. Zvítězila radiologie, která opravila odhady geologie: Země je stará 3 miliardy, 350 milionů let. Za toto číslo děkujeme Američanům Nierovi a Holmesovi.



Kde přestává vláda Země

Když se tak zamyslíme nad tím, kam až sahá vliv naší zeměkoule, můžeme říci, že lze rozeznávat dvojí pásmo jejího vlivu. Bližší je tam, kde Země dovede kolem sebe udržeti ještě ovzduší, vzdálenější pak tam, kam až sahá vůbec její přitažlivost. Řekněme, že sahá až na Měsíc (asi 384.400 km daleko), ten je jaksi ještě — kdybychom mluvili politicky — pod zemským protektorátem. Ale přímá vláda Země sahá do mnohem menší vzdálenosti. Měřítkem pro ni je polární záře. Ta byla zjištěna dost vysoko ve výši 70 až 1000 km nad Zemí, ale to je snad nejzazší hranice, kde skutečně lze mluvit o přímé vládě Země.

V této výši totiž ještě Země drží u sebe mraky zmrzlého dusíku asi při teplotě — 235,5° C; zmrzlý dusík je bombardován záporně nabitými elektrony, jež vysílá Slunce do Vesmíru ze svých žhavých atomů. Elektrony sluneční mohou se k Zemi přiblížiti — skoro k ní sklouznouti — jen na zemských pólech, kde ze Země vystupují magnetické siločáry zemské kolmo do světového prostoru. Po těchto siločarách sluneční elektro-



POLÁRNÍ ZÁŘE V LEDNU 1938

kde Země skutečně vládne, o jejím ovzduší, o její atmosféře? To je přece skutečná říše Země. Dobrá; tedy tato skutečná říše Země skládá se ze dvou sfér, chcete-li ze dvou pater. Nižší patro — či sféra — je jaksi pro nás ještě dychatelná. Ve vyšším patře — čili opět sféře — je to pro nás již trochu horší (aspoň s dýcháním), toto patro nazýváme *stratosférou*. Názvy jsou vhodně volené: *sféra* je koule, *tropo* je řecký výraz pro slovo obracím, protože se zde vše obrací — hlavně větry; *stratum* je vrstva (zde klidná vrstva).

Bouřlivé území troposférické

V troposféře je vlada Země naprostá. Představte si, že Země tuto sféru dokonce i vytápí, ne ovšem vlastním teplem, které je příliš nepatrné (50 kalorií na 1 cm^2 za rok), nýbrž teplem, jež jí sáláním dalo Slunce. A to je ovšem již jiný chlapík: dává Zemi za 1 minutu na každý 1 cm^2 průměrně 1,94 kalorií.

Vedle vytápění dává Země troposféře i vodu, která se v ní pak potuluje v podobě mraků. Nejvýš položené mraky, složené již jen z ledových krystalků, jsou ve výši 7—11 km, mají podobu jemných ptačích per, vznášejících se na modré obloze. Je to tak dost protimyslné: představte si, že kolikrát se za krásného teplého počasí ohříváte na plovárně a díváte se snivě na bílé perovité obláčky nad sebou. Jistě si sotva uvědomíte, že jsou nad vámi »jenom« nějakých 7 až 11 km, a že jsou to docela pěkné krystalky ledu. Vy dole v žáru Slunce a nad vámi led.

To jsou právě dvě špatné věci — pro nás — v troposféře: 1. že v ní do výšky ubývá teplo a 2. řídne vzduch a zároveň s tím ubývá kyslík. Zde si nejlépe uvědomujeme, jak do výšky vliv Země slábne. Země nestačí topit do nekonečna a tak stoupáním vždy o 100 m klesne teplota ovzduší o $0,7^\circ\text{C}$, a to ještě troposféra vrací Zemi aspoň částečně, co od ní přijala. Kdyby ve vyšších polohách nad Zemí vodní pára nekapalnila a nevydávala při tom skupenské teplo zkapalňovací, které troposféru přece tak trochu vytápí, bylo by to s teplem vysoko nad Zemí ještě hůře. A teď ta smůla s řidším vzduchem.

Vzduch v nižších polohách má toto objemové složení: asi 79⁰/₀ dusíku, 20⁰/₀ kyslíku, 0,94 argonu, vodní páru a vzácné plyny; ve vyšších polohách vzduch řidne a ubývá těžší kyslík, přibývá lehčí dusík a hlavně nejlehčí vodík. Řídnutí vzduchu si vysvětlujeme tím, že přitažlivost Země nedovede u sebe udržeti již ani stále stejné množství — zvláště těžších — plynů svého ovzduší.

První sféra je neklidná, je to neukázněné území. Vše nás v něm zneklidňuje. Je-li vzduch na některých místech Země teplejší, a tím i lehčí, stoupá nahoru, ale místo něho hrne se na teplejší místa při Zemi opět těžký chladnější vzduch z míst chladnějších, vznikají větry, přinášející nám mraky, nabitě elektřinou, vznikají bouřky, zkrátka až na několik rajských končin na Zemi, kde vládne trvale klidné počasí vysokého tlaku, t. j. těžšího vzduchu, má Země a lidé s ní s troposférou jen kříž.

Klidnější stratosféra

Snad že by ta stratosféra byla hodnější než troposféra? Takovou nesmělou otázku vidím ve vašich očích. Opravdu je skoro hodnější, rozhodně je nesrovnatelně klidnější než troposféra. V stratosféře vládne v jistém smyslu stálá pohoda, není tam stoupání vzduchu z hlubin do výše; jediné, co je tam v pohybu, jsou její hranice, dělící ji od troposféry, a pak vzduch, proudící od pólů k rovníku. Představte si, že na př. tatáž stratosféra začíná nad póly ve výši 7 km, nad rovníkem až v 16 km, její hranice se mění i podle ročních období: ve střední Evropě začíná na př. v březnu ve výši 9,4 km, v srpnu v 11,3 km; jako průměr bereme, že začíná ve střední Evropě ve výši 10 km. Nadhodil jsem dvě důležité okolnosti: 1. že v ní není svislé stoupání vzduchu, nýbrž 2. jen vodorovné proudění vzduchu, ovšem již velmi řídkého, od točen k rovníku.

Vysvětleme si tyto dvě vlastnosti. Proč v stratosféře nestoupá vzduch do výše? Protože je v ní stálá průměrná teplota —30° C. Není to příliš velké teplo, ale je to teplo proti chladu, jímž končí troposféra. Jak vysoko sahá tato stálá teplota? Všeobecně řečeno: asi do výšek, v nichž nejniž byla pozorována severní záře, zdá se, že nejvýš do 80 km. A proč je v stratosféře stálá teplota, takže tam není svislých vzdušných proudů? Protože se zde zřejmě aspoň trochu uplatňuje topení Země, v podstatě ovšem teplo Slunce. Zatím co v troposféře vodní oblaka pohlcují dlouhovlnné tepelné záření, vycházející ze Země, ohřáté Sluncem, není v stratosféře již mraků a tedy ničeho, čím by bylo teplo pohlcováno. Ve vyšších polohách stratosféry ovšem nastupuje zchlazující vliv okolního vesmírného mrazu, jež Eddington odhaduje na —269,8° C.

A teď: proč jsou v stratosféře vodorovné vzdušné proudy a dokonce od točen k rovníku, jako by v ní nad točnami bylo tepleji? Vždyť přece v troposféře je to obráceně: tam ubývá teploty od rovníku k točnám. Správně, obě ty věci spolu souvisí. Nad točnami začíná stratosféra mnohem níže než nad rovníkem, proto je i teplejší: čím výše nad Zemi začíná, tím je studenější. Z toho chápete, že by se docela dobře mohlo v stratosféře létat po větru, a to na severní polokouli od severu k jihu, na jižní obráceně.

Ale i stratosféra dovede být neklidná

Přes to, že stratosféra je klidná, odehrávají se tam přece občas děje, působící nezákonitostí v počasí. Někdy chladný vzduch stratosférický stlačí troposféru, ale troposféra, žárlivá na své hranice, posílá tam hned svůj vzduch, aby stratosféru odkázal do jejích mezí, někdy vnikne do stratosféry kosmický prach z rozpadlých meteoritů, které opět vznikly z komet; je nabíjen záporně slunečními elektrony a působí jednak odrazem slunečního záření světelné pruhy ve výšce 100 až 390 km, jednak jako elektricky vodivá vrstva poruchy v radiofonii, podle jejíchž zákonů mají se elektromagnetické vlny odrážet normálně na t. zv. Heavisideově vrstvě, která je nad Zemí ve výši 80—1000 km a skládá se z ionisovaných atomů vzdušných plynů, t. j. z atomů, od nichž byly odštěpeny elektrony slunečním zářením.

Jinak je ve stratosféře opravdu velký pořádek; zdá se jisto, že plyny ji tvořící, nejsou promíchány, ale leží nad sebou v rovnoběžných vrstvách podle své specifické váhy. Aspoň tomu tak je do určité výšky. Celkem odhadujeme složení stratosféry v 15 km z 80 objemových procent dusíku a 20⁰/₀ kyslíku, v 50 km z 88⁰/₀ dusíku, 10⁰/₀ kyslíku a 2,9⁰/₀ vodíku (normálně je v troposféře 0,01⁰/₀ vodíku), ve 100 km ze 3⁰/₀ dusíku a 96,4⁰/₀ vodíku.

Z plynných vrstev v stratosféře jest zajímavá vrstva ozonu*) asi ve výši 25—35 km. Pohlcuje silně ultrafialové záření sluneční, které by nás jinak na Zemi svým silným působením zabilo.

Celkem můžeme končiti chválou stratosféry. Není to zlé tam, kde končí vláda Země. Je tam mnoho obdivuhodného (polární záře, světelné pruhy, Heavisideova vrstva) a též mnoho užitečného pro náš život (ozon zachycující ultrafialové paprsky). Čili: je to ve Vesmíru i na Zemi zařízeno přece jen podivuhodně.

Svítilí mraky na obloze

Na noční obloze ukazují se občas svítilí mraky, viditelné po západu Slunce po celou noc a neviditelné ve dne. Tvaru jsou obyčejně jemně perovitého asi jako perovité mraky, vytvořené z ledové mlhy, jež se vznášejí ve výšce 7—11 km. Tyto »jedenáctikilometrové« mraky jsou normálně našimi nejvyš se vznášejícími mraky. Ale svítilí mraky je zahanbí: ty se vznášejí ve výšce 74—92 km. To znamená, že jsou již v t. zv. stratosféře, která začíná asi ve výši 7—16 km nad Zemí, v níž proudí vzduch pouze vodorovně a ve které se teplota jen málo mění. Tuto stratosféru chtějí jednou obsadit letci pro bezpečné a rychlé létání. Víme totiž, že je to takřka zázračné území bez bou-

*) Ozon je nestálý druh (modifikace) kyslíku, vznikající z obyčejného kyslíku elektrickým výbojem, tedy zvláště při bouřkách.

řek, bez mlh a bez mraků — až na tyto občasně svítící mraky, takže létání by zde bylo bezpečné. Troposféra, sahající do sedmi až šestnácti kilometrů, kde je »teple« asi -50°C , je proti stratosféře se svými mraky a vystupujícími či klesajícími ohřátými či ochlazenými vrstvami vzduchu pro létání územím v podstatě nespolehlivým.

Vzhled svítících mraků

Svítící mraky se lesknou kovově jako stříbro, jejich lesk přechází někdy až do modra, chvílemi pozorujeme na nich zlatožlutou barvu. Jakou práci dalo zjištění, z čeho jsou složeny! Fysikové se tím namáhali již od roku 1883, kdy si jich po prvé začali všimnout. Tehdá se tyto mraky ukázaly po výbuších sopky Krakatau na Sundském moři. Všimněme si této jejich souvislosti se sopečnou činností; brzy se k ní vrátíme. Zjistili, že hmota mraků je z velmi jemné látky a že mraky nesvítí vlastním světlem, nýbrž odraženým světlem slunečním asi jako Měsíc. A pak již studovali mraky soustavně. Zjistili, že velmi mnoho takových mraků bylo vidět zvláště roku 1886, 1887, 1908, 1914, 1922, konečně byla hlášena četná pozorování i od roku 1932. Mraky je vidět nejčastěji v pásmu mezi 45° a 60° zeměpisné šířky mezi koncem května a začátkem srpna.

Dílo meteorů či zemských sopek?

Jemná hmota, z níž jsou mraky nesporně vytvořeny, sváděla fysiky a hvězdáře k tomu, aby jejich vznik připisovali i kometám, které se občas ukázaly v blízkosti Země. Ale zdá se, že většina přece jen soudila, že hmota mraků je vytvořena z prachu rozpadlých meteorů. Aspoň tato většina se zálibou i vírou hledala spojitost mezi těmito mraky a meteory. Stačil i pád jediného meteoru v Sibiři roku 1908 a objevení se svítících mraků na obloze v tomto roce, aby opět byla zdůrazněna oprávněnost domněnky o vzniku mraků z meteorů. Ale nám se nakonec zdá, že svítící mraky vytvořila přece jen Země sama, a to zásluhou svých sopek.

Mohou sopky tak vysoko soptit?

Především z čeho jsou tyto mraky, jestliže jsou vytvořeny sopkami? Nemohou být z jiného materiálu, než ony perovité »jedenáctikilometrové« mraky z ledové mlhy, jimž se trochu podobají. Jinak kdyby byly vytvořeny zásluhou meteorů, skládaly by se jen ze suchého nerostného prachu, na nějž se meteory rozpadly. Jsou to tedy zase jen ledové krystalky zmrzlé vody. Ale jak se dostaly tak vysoko? Sopky by jistě ty krystalky tak vysoko nevyhodily, ale stačí, vyhodí-li dost vysoko svůj popel, o němž je zjištěno, že obsahuje mnoho vodní páry a vodíku.

Raketový let do výše

A právě o této vodní páře a o vodíku soudíme podle nejnovější domněnky, že žhavý popel sopečný ve výšce rozkládá vodní páru opět ve vodík, který s kyslíkem působí další výbuchy, vynášející vzniklou tak páru až do výše 92 km. Bylo by tu opravdu něco podobného jako při zamýšlených raketových letech do Vesmíru. Zdá se ovšem, že tím musíme opravit trochu i svou dosavadní představu o stratosféře, k čemuž nás vede

ostatně i ozonová vrstva, objevená ve výši 25—35 km. Tato vrstva pohlcuje silně sluneční teplo a má teplotu 30—40° C. Pro raketovou cestu vodní páry ze sopek do výše až 92 km je pochopitelně toto nečekané skutečné teplo velkou posilou. A tak by nad 35 km byla vlastně »troposféra čís. 2« se stoupajícím i klesajícím již pouhým dusíkem, ohříváným ozonovou vrstvou. Na jejích hranicích by byly opět perovité svítící mraky, podobně jako jim podobné »jedenáctikilometrové« mraky zakončují i »troposféru č. 1«.

Což lety ve stratosféře?

A poučení pro lidské lety, o nichž jsem se zmínil na začátku? Stratosféra by byla pro ně bezpečná vlastně jen do výšky 25 km. Mezi 25--35 km bychom se patrně ohřáli v ozonu, jenže nad 35 km bychom byli zase asi v napodobeninně nebezpečné »troposféry č. 1« s klesajícími a stoupajícími proudy dusíku.

Země a Vesmír si vzájemně pomáhají

Nebudu dlouho napínat vaši zvědavost a řeknu to raději hned, kde se to děje. Pomáhají si v troposféře.

Zdá se, jako by jejich vzájemná pomoc měla jediný hlavní účel: vyrábět kolem Země elektřinu. Při té výrobě elektřiny kolem Země, o níž víme, že je nabita elektricky záporně, je dost činna i chemie. Napadne nás, že by to bylo druhé uplatnění chemie v elektřině. Prvním jejím uplatněním by totiž byly galvanické články a akumulátory, při nichž užíváme rozpustných chemických sloučenin jako vodivého spojení pro proud elektronů, postupujících od záporné elektrody (katody) ke kladné elektrodě (anodě). A skutečně tomu tak nějak je.

Vznešenost zemské chemické pomoci

Jenže jak daleko vznešenější je tahle chemická pomoc, když celá Země vyrábí s Vesmírem elektřinu v zemském ovzduší. Dejte mně pokoj s články i akumulátory a s jejich tak obyčejnými pomocníky: kyselinou sírovou v akumulátorech a v Grenetových člancích či s takovým roztokem salmiaku (chloridu amonného) v Leclanchéových člancích atd. atd. Pomalu bychom se styděli za tak obyčejné látky, když si pomyslíme na vznešené chemické výrobce vzduchové elektřiny. Neboť zatajte dech a připravte se

na ohromující odhalení: chemičtí výrobci vzduchové elektřiny jsou králové mezi prvky, jsou to tak zvané radioaktivní prvky radium, thorium, aktinium.

Ale musím být bohužel velmi upřímným chemikem. Vedle těchto královských výrobců vzduchové elektřiny má zemská chemie při výrobě této elektřiny i velkou řadu ubohých pomocníků — skoro bychom řekli nádeníků — ostatně tak tomu bývá i ve světě a v životě. Vedle králů jsou i nádeníci. Jenže ve světě a v životě bychom mohli často říci, že králové se bez nádeníků neobejdou, kdežto zde v této královské »elektrárně« můžeme říci, že chemičtí nádeníci by mohli být dobře zbyteční. Ale už vám je musím představit: jsou to saze, hrubší součástky kouře, utíkajícího z vašich komínů, a částčky prachu všeho druhu, vylétajícího od Země do výše. Ať jsou to již nejjemnější zrnčka nějaké mastnoty či jídla, ulétající z našich kuchyní, nebo zrnčka z řezaného dříví, odletující od pil atd.

Průbojnost Vesmíru

Ale to víte, že se Vesmír nemůže nechat zahanbit ani těmi královskými zemskými výrobci. Vesmír, že by snesl takovou vyzývavost, aby ubohé zemské zrnko — ničím jiným není naše Země vůči ohromnému Vesmíru — si troufalo něco vyrábět a dokonce i poroučet trochu dál od zemských hranic? A tak milý Vesmír zakročí. Především dokáže celé slavné Zemi i s jejími královskými výrobci jejich směšnou ubohost. Královští výrobci vzduchové elektřiny totiž stačí se svými silami právě tak do výšky jednoho kilometru. Dále jejich síla nesahá.

A teď přichází z výše Vesmír se svým kosmickým zářením, vznikajícím patrně v hlubinách Vesmíru při vzniku helia, ale snad i kyslíku, křemíku a železa z jader vodíkových atomů (protonů) a z elektronů. Pro takové kosmické záření je hračkou dostat se do vodních hlubin na Zemi a tak nezbyvá našim zemským královským výrobcům, než aby zahanbeně sklopili své hlavy a drželi se raději jen při Zemi. Co je to platné: dál než do výšky jednoho kilometru »s dechem nevystačí«.

I vesmírový královský výrobce má své chemické nádeníky. Vypadají sice trochu vznešeněji než ti zemští nádeníci — prach, kouř, saze — ale jinak je jejich účel stejný, jak si brzy povíme. I jejich vznik je velmi podobný vzniku těch zemských nádeníků. Zatím co zemští nádeníci vznikají jakýmsi ohňovým způsobem, při spalování paliva, vznikají i vesmírní nádeníci trochu ohňově: při bouřkách působením blesku a snad i působením ultrafialového slunečního záření. Jsou to molekuly peroxydu vodíku, kyslíčků dusíku, dusičnanů, vznikajících hlavně při bouřkách.

Královští výrobci a pomoc nádeníků

Nezdá se vám to divným úkolem jenom h y n o u t? Ale tihle zemští královští výrobci nehynou — jako nic na světě — nadarmo. Jako zaseté zrní zahyne, aby vydalo ze sebe klas, tak i takové radium sice hyne a rozpadá se, ale vysílá léčivé — někdy

ovšem i ničivé — záření, vyrábí elektřinu kolem Země a nakonec z něho zbude ještě olovo. A podobně je tomu s hynutím thoria a aktinia.

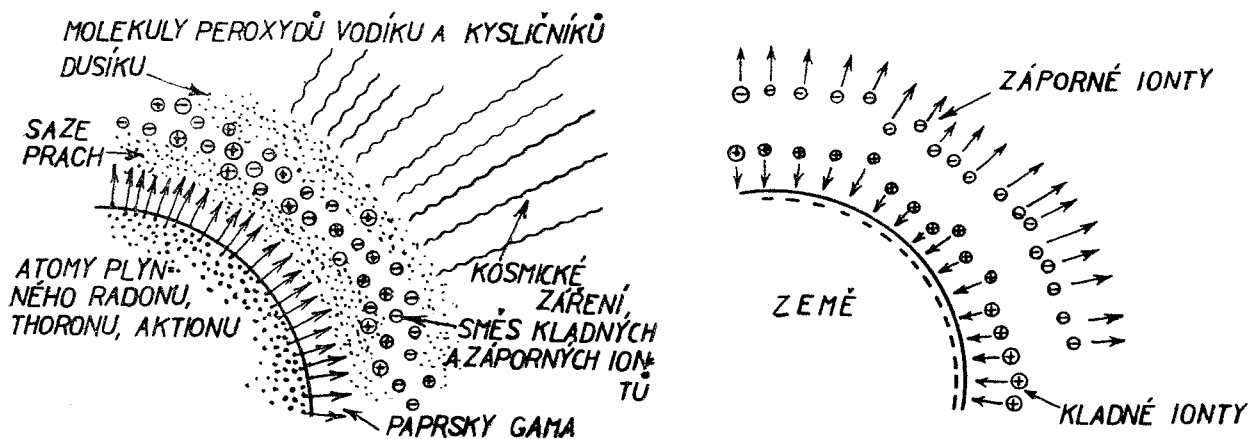
Víme, že tyto radioaktivní prvky se rozpadají v částice alfa (atomy helia), beta (elektrony), a záření gama (elektromagnetické vlny). A právě toto záření gama — podobně jako jeho vesmírový konkurent kosmické záření — vyrábí elektřinu. Vyráží elektrony, obíhající dokola v atomech kyslíku a dusíku, z těchto atomů a tak vzniknou kladné částice — atomy zbavené elektronů — a záporné částice — odtržené elektrony. A tyto různě nabitě složky se přichytí molekul plynů a prachu ve vzduchu — to jsou ti nádeníci — a vzniká elektřina ovzduší: souhra kladně a záporně nabitých částic.

Všude najdete krále i chudáky

Aha, teď tomu již rozumíme, vydechnete s ulehčením. Teď již víme, proč by to šlo jen s králi a bez chudáků a nádeníků. Přece by stačilo jen rozbití atomů na kladně nabitě zbytky a záporné elektrony, kladné zbytky by se patrně držely více u Země, která by je jako opačně — záporně — nabitá hmota přitahovala, a lehké elektrony by mohly vesele létat do vzduchu. Vskutku by také mohly létat, což nejsou na to dost lehké a neodpuzovala by je kromě toho záporná Země od sebe?

Ale co je to platné: všude najdete krále i chudáky. Především na Zemi. Představte si, že takové radium, aktinium a thorium najdete vlastně všude. Je zkrátka v hlíně, ovšem ne již ve své skutečné podobě, ale trochu změněné. Z jeho paprsků g a m a vznikne plyn radon (z thoria thoron, z aktinia aktinon). A právě tyto plyny najdete v hlíně i v horninách, nejvíce v žule. Jenže i tyto plyny nejsou posledním stupněm »zhynutí« radioaktivních prvků. Mění se dál, přitom vysílají nové krátkovlnnější záření g a m a, které právě bombarduje atomy ve vzduchu a dělá elektřinu kolem Země, a nakonec se z milých plynů stane olovo.

Nečekejte, že toho radonu, thoronu či aktinonu najdete v hlíně či žule mnoho. V jednom cm^3 vzduchu, jež byste vyssáli z hlíny, byla by asi jedna desítibiliontina



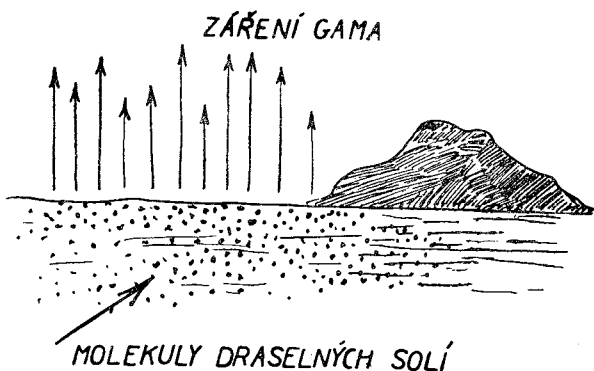
curie*) radonu. Musili byste si tuto číslici napsat jako nulu, desetinnou čárku, za ní dvanáct nul a na třináctém místě by byla jednička: 0,000 000 000000 1 curie. Curie je množství radonu, které by vzniklo z 1 gramu radia, vidíte tedy, že toho radonu je v Zemi opravdu málo. Ale stačí k výrobě elektřiny kolem Země. Jenže, jak jsme řekli, celé to zemské »královské« záření se dostane nejvýš tak do výšky jednoho kilometru. Již hlína ho hodně pohlcuje a vzduch také.

Málo »králů« najdete v mořské vodě, ta je na radium stokrát chudší než hlína či žula. A ovšem vzduch nad mořem proto bude méně elektrický. Jenže budete překvapeni. Zatím co byste čekali, že nad mořem bude té elektřiny také stokrát méně než nad pevninou, najdete jí tam jen d e s e t k r á t méně. Tohle jsou nějak divné počty, zlobíte se. Jsou to opravdu divné počty, ale když ta chemie je nevyzpytatelná. Prosím vás: nařídila a zařídila to tak, aby v mořské vodě bylo nejen hodně solí sodných, ale i d r a s e l n ý c h a hrůza — ten draslík t a k é dělá elektřinu (!)

Je totiž také radioaktivní, vysílá též záření gama a to vesele doráží na atomy plynů ve vzduchu a podle junáckého hesla, známého ze všech jen trochu pěkných pohádek »Všem hlavy dolů«, uráží od atomů elektrony a už tady máte zase elektřinu: kladné atomy a záporné elektrony. A vidíte, že to junácký draslík dovede. To přece není maličkost zvýšit elektrické »bohatství« nad mořem z jedné setiny na jednu desetinu. I to je sice vyložená chudoba proti pevné Zemi, ale přece ne již tak do nebe volající.

A ovšem všude najdete i ty naše chudé. Též nad mořem. Je zajímavé, že kladné zbytky atomů a záporné elektrony nerady zůstávají samy. Přichytí-li se molekul plynů ve vzduchu, vzniknou t. zv. l e h k é i o n t y, buď záporné nebo kladné, přichytí-li se t. zv. kondenzačních**) jader (saze, prach, kysličníky dusíku, dusičnany, peroxid vodíku, kapky vody), vzniknou t ě ž k é i o n t y.

Tak vidíte, jak vzniká elektřina kolem Země. Ale nezdá se vám, že si přitom Země a Vesmír nejen pomáhají, nýbrž že spolu i trochu soupeří? Patrně je tomu tak. Je to jakoby přírodní zákon. Ale i v životě to může být dobrý zákon: pomáhat a soupeřit — v d o b r é m . Čím více dobrého vykonáme, tím lepšími chlapíky jsme.



*) Curie čti »kyri«. Název je utvořen podle francouzského objevitele radia Curie.

**) Kondenzační = zhušťovací.

Firma „Slunce a voda“, výroba zemské a atmosférické elektřiny

Podívejme se na tu zemskou elektřinu ještě s jiné strany a uvažujme i o vzniku její sestry, elektřiny ovzduší čili elektřiny atmosférické.

Nejprve si řekněme, jak nám moderní věda vykládá dvojí elektřinu: kladnou a zápornou. Francouz Dirac nám to vysvětluje tak, že elektřina je vlastně spoustou hustě na sebe natlučených elektronů. Víme o nich, že jsou záporné. Vnikne-li do této hradby elektronů nějaký paprsek na př. z kosmického záření či paprsek gama s pořádně velkou energií (musí být dvojnásobná a kladná vůči energii, jakou má záporný elektron), je záporný elektron zničen a na jeho místě vznikne mezera, obdařená stejně velkou energií, jakou měl sám, ale s opačným chováním a tedy i znaménkem a to je ten *positron*. Jenže chudák je skutečným sirotečkem. Prosím vás, copak může takový sirotek dělat v té spouště elektronů, které se všechny chovají opačně. Vždyť jim také dáváme záporné znaménko. Tedy takový záporný elektron vrhne se na osamělého sirotečka — *positron* — a udělá mu hned konec. Jejich opačné energie se totiž ruší, ale záporný elektron při tom také zahyne. Nedivte se teď, že je těch *positronů* tak málo.

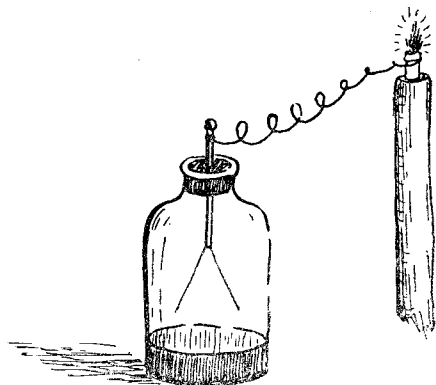
Při této výrobě elektřiny zemské a atmosférické, o níž si dnes trochu pohovoříme, budeme rozeznávat také dvojí elektřinu. Ale mohly by nám zde stačit i samotné záporné elektrony. Budeme totiž mluvit na př. o záporných či kladných kapkách vody. Záporné by mohly být ty, v nichž se nahromadila spousta uvolněných elektronů, kladné ty, kde atomy, hlavně asi vodíku, od nichž elektrony byly odtrženy, staly se přebytkem kladných nábojů svého jádra kladnými ionty, přirozeně mnohem těžšími než záporné odtržené elektrony.

Víme již, že elektrony od atomů odtrhují radioaktivní paprsky ze Země a kosmické paprsky. Ale patrně zde též pomáhá mechanický účinek větru, jenž zvedá teplý vzduch do výšky, v níž vodní pára ve vzduchu obsažená kapalní v kapky vody. A při tom spěchu do výšky se asi nějaký ten elektron také utrhne.

A teď si proti sobě postavme tu dvojí elektřinu: zemskou a atmosférickou. Výsledkem všech těch dějů, jež končí výrobou elektřiny kladné i záporné, je, že Země je nabitá elektřinou zápornou a ovzduší — atmosféra — elektřinou kladnou. Země jest skvělý vodič. Záporné náboje jsou na ní tak stejnoměrně rozděleny, že látky, které nejsou od Země odděleny nějakou izolací a v nichž jsou elektrony podobně stejnoměrně rozděleny, nazýváme neelektrickými. Je to také správné, protože električnost si můžeme vykládat jako nestejnoměrnost v rozdělení elektronů. Tím vzniká i možnost jejich proudění s míst většího nahromadění na místa nahromadění menšího.

Současné nabíjení Země a atmosféry

Země ovšem není neelektrická, nýbrž je elektrická a to záporně. Není to malá úloha nabíjení ji záporně a hlavně udržovat i ten záporný náboj. Při tvoření elektric-



kých nábojů to vyhlíží tak, jako by se náboje rodily v podobě dvojčat, která hned při vzniku do sebe odskočí: jedno se chová tak, tedy to bude náboj kladný, druhé se chová opak, tedy to bude náboj záporný. A tak i při nabíjení Země elektřinou zápornou nabíjí se současně ovzduší, atmosféra, elektřinou kladnou. Obojí jde souběžně. Napětí — potenciál — vzrůstá, čím víc se vzdalujeme od Země. (Lístky v elektroskopu spojeném drátem se svíčkou na tyči zvedané do výše se stále více rozestupují.)

Vysvětlujeme si to především stálým ubýváním tlaku vzdušného a tedy větší řídkostí vzduchu. V tomto řídkším vzduchu mohou se lépe pohybovat nosiči nábojů, hlavně elektrony, kromě toho čím výše, tím více působí ionisačně kosmické záření (t. j. odtrhuje od atomů prvků vzduchových elektrony a dělá z nich tak ionty, které ovšem jsouce kladně nabitý, nosí též elektrické náboje), dále v stále větší výšce ubývají kondenzační jádra. Kondenzačními jádry jsou, jak již víme, částičky prachu, volné elektrony a ionty, kolem nichž se srážejí kapičky vody; nedostatek kondenzačních jader znamená tedy zase větší řídkost vzduchu. Potenciální rozdíl připadající na výškovou vzdálenost 1 m (t. zv. gradient), kolísá mezi 50 až 800 volty, v zimě je větší, totiž 150 voltů, v létě 60 voltů, při bouřkách bývá až 10.000 voltů. Musíme si při tom uvědomit, že pro výboje elektrické je volt veličinou příliš malou; sám se rovná $\frac{1}{300}$ ergů (1 erg je práce vykonaná silou 1 dyny po dráze 1 cm). Aby vznikla mezi dvěma izolovanými vodiči (t. zv. svodiči, konduktory) jiskra dlouhá 1 mm, musí být mezi nimi potenciálový rozdíl 4800 voltů.

Je jistě podivuhodné, že přes stálé vzájemné vybíjení elektřiny zemské a atmosférické, hlavně při bouřkách, Země zůstává trvale záporně elektrickou a ovzduší pochopitelně trvale kladně elektrickým. Jsou na to dva výklady: jeden je jaksi kosmický, vesmírný, druhý čistě zemský. Myslíme, že vystačíme s trvalou zemskou dodávkou elektřiny, již dodává firma »Slunce a voda«. Kosmická dodávka vyhlíží trochu romanticky: z Vesmíru by k nám na Zem proniklo tělískové (korpuskulární) záření dvojího druhu. Hmotnější, kladné, by zůstalo ve vyšších vrstvách atmosféry. Lehčí záření záporné by proniklo až k Zemi a nabíjelo by ji záporně. Snad bychom si mohli pod tím kladným zářením mysliti jádra vodíkových atomů, t. zv. protony, pod záporným zářením si pak můžeme mysliti staré známé — elektrony.

Stromy ssají elektřinu

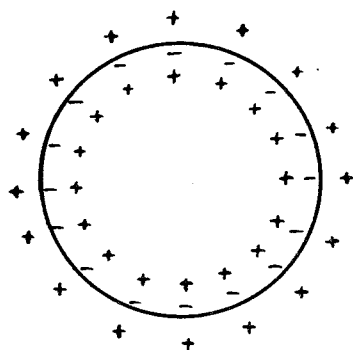
Ale co bychom hledali pomoc u nějakých neznámých »strýčků z Ameriky«, někde v neznámém Vesmíru? Učenci, studující bouřky, shledali, že gradient, o němž jsme již mluvili, má v určité denní době nejvyšší hodnoty a že právě v té době bývá v tropických krajinách nejvíce bouřek. Od tohoto pozorování nemáme již daleko k závěru, že

trvalý záporný náboj Země a kladný náboj atmosféry si obstarává Země sama, a to z území atmosférických poruch čili z bouřek. Jak vidíte, jdou ty náboje odněkud z tropů k nám velmi rychle, když lze mluvit o současnosti denního maximálního gradientu a bouřek v tropech. Angličan Wormell dělal četné pokusy s izolovaným hrotem, jímž ssál z ovzduší elektřinu do Země (v jižní Africe si za tím účelem Schonland vypěstoval izolovaný strom — také hrot) a vypočítal, že za rok vám takový hrot nassaje pro 1 km² náboj 100 coulombů (coulomb jsou tři miliardy ergů), tedy dost pořádné množství, že ano? A představte si, kolik takových hrotů (na př. stromů) na Zemi je. Ty už mohou přece něco nassáti.

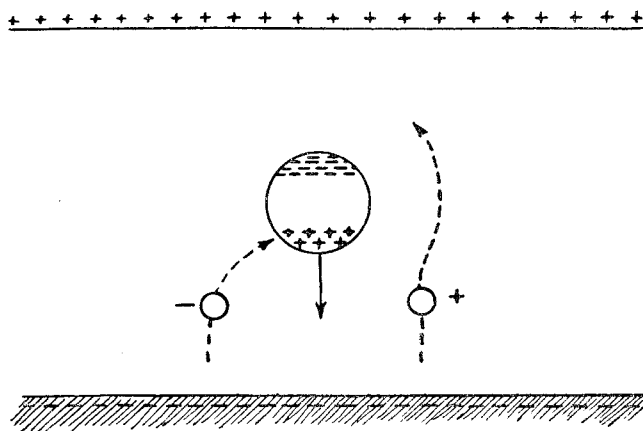
Těch bouřek je konečně také dost, aby dovedly zásobit elektrickým nábojem Zemi i ovzduší. Počítáme, že za rok je jich na Zemi šestnáct milionů, takže na jeden den jich připadne 44.000, současně jich na Zemi zuří 1800 a za vteřinu uhodí sto blesků.

Výroba bouřek

A teď se podívejte, jak vznikají ty bouřky, jež vás zásobují elektřinou. Bouřky jsou opravdu výrobkem firmy »Slunce a voda«. Jak jste viděli na počtu bouřek, pracuje továrna těchto dvou společníků rekordním tempem. Ale skoro bychom řekli, že voda je jen trpným, přihlízejícím společníkem, protože všechno spočívá na bedrech Slunce. Tomu ovšem patří všechna čest! Především dovede přeměnit vodu v páry a současně otepluje vzduch. Teplý vzduch stoupá do výšky a chladný vzduch, který se hrne na jeho místo, mu při tom pomáhá, stal se totiž z něho vítr. Ve vyšších chladnějších polohách pára, v teplém vzduchu obsažená, zkapalní na kapky vody a ty se stanou indukci (t. j. vzbuzením) stykem s kladně nabitým vzduchem elektrickými: na povrchu — na bližším konci — záporně (vůči vzduchu nesouhlasně, elektřina vázaná), uvnitř pak — na vzdálenějším konci — kladně (elektřina volná). S tímto nábojovým rozdělením setkáváme se i u vodních kapek u vodopádů. Kapky se ovšem mohou rozpadnouti na zápornou a kladnou část a máme postaráno o dodávání kladných a záporných nábojů.



NABÍJENÍ VODNÍ KAPKY
V Kladném VZDUCHU



Ale při vzniku nábojů v kapkách vody musíme počítati nejen s indukcí, nýbrž i s energičtějším pohybem vzduchu, jaký bývá před bouřkami, a s mechanickým třením vzduchu, jímž jsou kapky zelectrovány. C. P. R. W i l s o n říká, že taková kapka se při tom stane na konci bližším k Zemi kladně, na vzdálenějším konci záporně elektrickou. Kapky padají k Zemi, ale setkávají se po cestě s ionty plynů ze vzduchu. Reagují s nimi nárazovitě, kladná dolní část kapek spojuje se se zápornými ionty, záporná hořejší s kladnými, nastává točení kapek, měnění polohy nábojů, takže záporné se dostanou dolů, kladné nahoru, kapky tvoří mrak rovněž o dvojm náboji, v němž se vše točí jako induktor (vnitřní prsten v dynamu, ovinutý drátem) mezi elektromagnety v dynamu. Zesiluje se tím náboj mraku tak dalece, až dojde k vybití bleskem mezi oběma různě nabitými částmi mraku. K dodávání elektřiny Zemi i atmosféře může dojiti konečně i tak, že elektrony, jichž spousty, jak jsme již uvedli, stále vznikají v ovzduší, přichytí se atomů plynů ve vzduchu a vytvoří z nich záporné ionty, zatím co dole zbudou z atomů, od nichž byly odtrženy radioaktivním či kosmickým zářením, ionty kladné. Volné elektrony putují do stále větších výšek, zatím co kladné ionty jimi opuštěné vytvářejí kladný náboj ovzduší. Záporné ionty mohou zase nabíjeti Zemi.

Blesky

Občasná výměna elektřiny mezi mrakem a Zemí se děje bleskem. Takový blesk může vzniknouti mezi různě nabitými částmi mraků, mezi kladným mrakem a zápornou Zemí. V tomto posledním případě vzniká kladný náboj na Zemi pod záporným mrakem indukcí. (W i l s o n říká, že si určitý náboj v ovzduší vytvoří v Zemi jakýsi zrcadlový obraz, nabitý ovšem opačnou elektřinou.) Všechny tyto výboje bleskové mají společný jeden zjev: rozvětvují se jako strom, jehož kmen i větve jako by rostly z kladné elektřiny a vzrůstaly do záporné. A vskutku jsou ony oslnivé větve bleskových stromů vlastně kanálky, jimiž blesk sbírá ze záporné elektřiny elektrony, jako skutečný strom svými větvemi sbírá světlo, vzduch i vodu.

Blýskání na časy není odleskem dalekých blesků, nýbrž plošným výbojem vysoko položených mraků proti sobě nebo do vodivé vrstvy nad atmosférou. (Troposféra sahá do výše sedmi až šestnácti kilometrů; v této výšce je potenciál ovzduší stálý, gradient se rovná nule.) Plošný útvar těchto výškových blesků je pochopitelný proto, že se dějí v řídkém vzduchu.

Zmínil jsem se o stromech jako o hrotech ssajících elektřinu. Ssají ji opravdu značně při bouřkách, takže ony hlavně sbírají z dešťových mraků zápornou elektřinu pro Zemi. Nejsou to vděčné dcery Země, jež je zplodila? A tak vidíme v přírodě krásnou spolupráci. Slunce uvede do pohybu vše, čím může vzniknout zemská či atmosférická elektřina: ohřívá vzduch, proměňuje vodu v páry, ty opět kapalní, stávají se elektrickými. Zemská přitažlivost se již postará o jejich dopad dolů na Zem, stromy sbírají z kapek elektřinu pro Zemi. A konečně bouřková území dodáváním potřebných množství elektřiny Zemi i ovzduší vytvářejí v jiných částech Země území pěkného počasí, t. j. území rovnovážných poměrů elektrických na Zemi a v ovzduší.

A ještě o bouřkách a blescích

Fysikové mohou mít radost: jejich »školskému« zájmu o bouřky a blesky dostává se v poslední době skvělého praktického zadostučinění. I praktičtí elektrotechnikové studují bouřky a blesky, jenže si jaksi rozdělili práci; zatím co Američané, Rusové a Angličané v jižní Africe studují blesky a bouřky v přírodě, studují Němci blesky spíše v laboratořích. Je však nesporno, že i tyto laboratorní studie mají velký význam pro praxi.

Amerika je při tomto studiu šťastná, Američané mohou totiž studovati při nesmírných rozměrech své vlasti, jak se vyvíjejí bouřky v údolích, zda mají vésti dálková elektrická vedení v údolí či spíše po jeho svazích, vždyť mají k dispozici ideálně dlouhé údolí, jako je údolí řeky Colorado. Pochopitelně i závěry z výsledků amerických studií hodí se nejlépe opět na samotnou Ameriku, kde zase i dálková vedení jsou »americky« dlouhá.

Mraky a blesky

Blesk je výtvozem bouřek. Je to elektrický světelný úkaz, jímž se vybíjejí opačné elektriny, nahromaděné buď jen v mracích či v mracích a v Zemi. Tento druhý případ má pro praktického elektrotechnika ovšem větší význam. Země se uplatňuje při bleskovém výboji jen za určité podmínky, jež je dána dvěma či třemi okolnostmi: jak je v e l k á č á s t bouřkového m r a k u , z něhož bude nejvíc přšet a šlehat nejvíc blesků, a jak z n a č n ě je tato část v z d á l e n a o d Z e m ě . Je-li »elektricky silná« část mraku m a l o u vůči vzdálenosti od Země, nemá Země vliv na výboj, je-li však »silná« část ve srovnání s touto vzdáleností rozsáhlá, uplatní se Země při výboji. Zdá se však, že při »přitažlivosti« blesku Zemí hraje úlohu i vodivost půdy.

Rekl jsem, že u mraků můžeme rozeznávat část silnější, více se uplatňující, než je zbytek mraku. Je tomu skutečně tak: v jednom mraku mohou být i nesouhlasné elektriny a jejich náboje mohou být různě rozděleny. Aspoň obrázek (str. 87) nám názorně ukazuje, jak z jednoho mraku sjel blesk ze záporné elektrické části mraku (blesk vpravo) a za ním po půl minutě následoval blesk či vlastně skoro tři blesky (dva více napravo jsou slabé) z kladné části mraku. Meteorologové*) pak odhadnou snadno, která část blízcího se mraku se při bouřce nejvíc uplatní. A pak lze také podle rozměrů této části, posouditi, jak se podle uvedené již podmínky uplatní při blízké bouřce i Země.

Zásluhy jižní Afriky o studium blesků

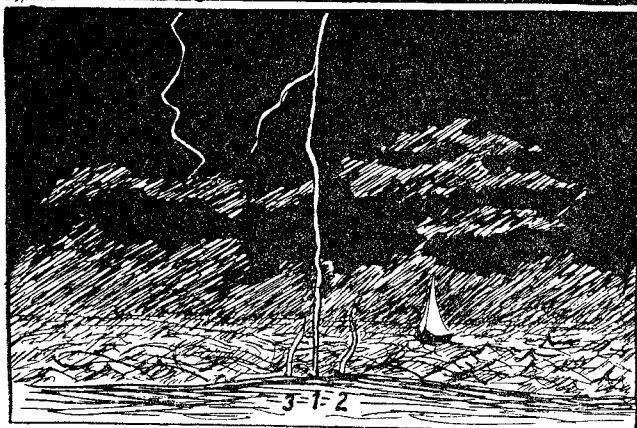
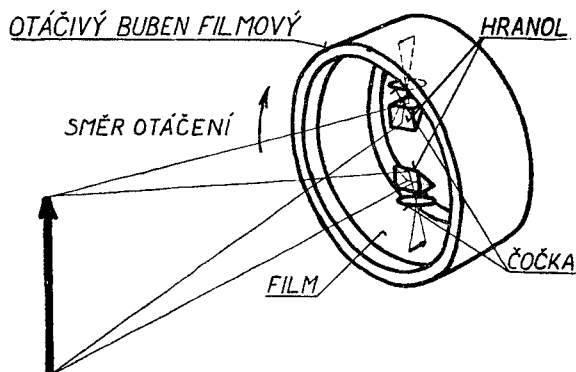
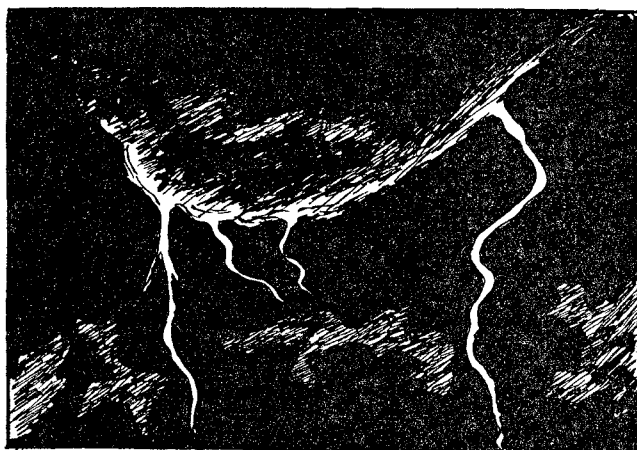
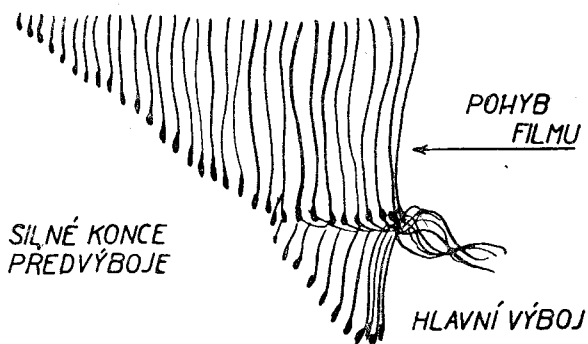
Blesky jsou tedy výbojem dvou opačných elektřin v mracích či mezi mraky a Zemí. O mrakové elektřině pak víme, že vznikla kondensací (zkapalněním) vodních par v ovzduší. Hrozivým tvůrcem blesků je bouřkový mrak ohromných rozměrů. Vypadá jako nesmírné horstvo, vytvořené z drobounkých kapiček vody, které mají průměr asi větší než 0,02 mm. (Jakmile jejich průměr vzroste na 0,5 mm, začnou již padat dolů jako déšť.)

*) Meteorologie je nauka o počasí.

V jižní Africe a pak v Americe fotografovali důmyslně sestrojeným přístrojem Boysovým, jak vlastně blesk vzniká. Obrázek vlevo dole na této straně nám znázorňuje takový přístroj. Vidíme, že se skládá ze dvou čočkových systémů, jež zachycují blesk na filmový pás, obíhající dokola velkou rychlostí. Přístroj může pracovat i obráceně: film je nehybný a obíhají čočky. Je-li film nehybný, dostaneme celkový, jediný obraz blesku, kdežto, je-li pohyblivý, dostaneme blesk rozložený na řadu obrázků, jejichž součet tvoří celkový výboj.

Blesk je složitý zjev

Pomoc Boysova přístroje při studiu blesků ukázala se velmi cennou. Schonland a Collens totiž poznali na základě obrázků, vytvořených pohyblivým filmem, že v bleskovém výboji nutno rozeznávat dvě hlavní složky: předvýboj a hlavní výboj. Předvýboj je jakýmsi paprskem, jenž připravuje cestu hlavnímu výboji. Ale i tento předvýboj je vlastně složen z více »šípů«, jakýchsi to vyzvědačů, jež



následují za sebou v intervalech několika desetitisícin vteřiny. A tyto výzvědné a zároveň přípravné šípy jsou postupně stále delší. Blesk jako by předem opravdu ohledával ovzduší, aby poznal, jak snadno jím bude moci proletět až k Zemi. První výzvědný šíp je dlouhý nejméně 50 m, další jsou stále delší a od vyletění prvního šípu z mraku až k dopadu posledního šípu na zem uplyne 0,01 vteřiny. Obrázek (str. 87) nám znázorňuje jednotlivé výzvědné, předvýbojové šípy, zakončené zesílenými konci, některé rozvětvené, a nakonec i hlavní výboj, jak je zachytil pohyblivý film.

Možná, že se otážete udiveně, k čemu tolik šípů. Patrně ze dvou důvodů: šípy jaksí sbírají elektrické náboje, rozdělené v mraku a sbíhající se v místě, kde výboj z mraku vychází, a pak ty náboje rozdělují po cestě ovzduším a ionisují*) atomy plynů ve vzduchu, odnímající či přidávající jim elektrony a činíce je stále vodivými. Nezapomeňme, že teprve ionisovaný plyn je vodivý pro elektrinu. A tato přeměna původně nevodivého prostředí na vodivé děje se pochopitelně postupně, opakovanými útoky šípů a vyžaduje čas.

Jiné poučení, jež nám dal Boysův přístroj. Země odpovídá již na předvýboj silným zábleskem, jakmile poslední šíp k ní dorazil. Tímto zábleskem odpovídá i jednotlivým větvím předvýboje. A tím více odpovídá zábleskem hlavnímu výboji; hlavní výboj sám dosáhne délky rovnající se asi $\frac{3}{4}$ výšky mraku nad zemí. Obrázek (str. 87) podle snímku na mořském břehu ukazuje, jak od Země vybíhají vůči blesku (1) záblesky, označené číslicemi 2 a 3. Jsou vysoké 1,8—2 m, proti hlavnímu výboji (1) vyběhl ovšem záblesk delší. Snímky, učiněné Boysovým přístrojem, nás učí konečně tomu, že asi 95% všech bleskových výbojů, pochází ze záporně nabitých částí mraku. Lze jimi určit i rozměry výbojů, jimiž Země odpovídá předvýbojům z mraku. Tyto zemské výboje mají jádro o průměru 1—2 cm a jejich silně ionisované okolí má průměr více metrů.

Jaké praktické závěry z toho učinili Američané?

Američané udělali praktické závěry aspoň ve zkušebním údolí coloradském. Bouřky tam šly jen po délce údolí a nevšimaly si svahů. Ejhle: Američané poznali, že tam, kde bouřky se omezují na údolí, je lépe instalovat vedení na svazích. Obratme to na naše poměry, kde zase často vznikají bouře na horských svazích či ve vyšších polohách vůbec ochlazením teplých vrstev vzduchu. Zde by se zase spíše vyplatilo vést vedení v údolích či vůbec v nižších polohách.

Chemie blesku a hromu

Vše kolem nás je elektrické. Země, po níž chodíme, je elektrická a její náboj je záporný, Vzduch, do něhož vztyčujeme jako páni tvorstva svou vzpřímenou postavu,

*) Ionisace, jak víme, je štěpení atomů plynu na částičky kladně a záporně nabitě, t. řeč. ionty. Plyn není vodičem elektriny, ionisovaný plyn elektrinu vede.

je také elektrický. A skoro můžeme podle výšky své postavy tvrdit, že čím jsme vyšší, tím do silnějšího elektrického pole vrůstáme. A samozřejmě bude to pole ještě silnější, budeme-li vystupovat do vyšších poloh.

Říkáme, že potenciál čili napětí elektrického pole je tím vyšší, čím výše vystupujeme a protože rozdíl napětí měříme pomocí voltů, udáváme potenciální rozdíl, připadající na jeden výškový metr, ve voltech a nazýváme jej *g r a d i e n t e m*. Tento gradient, jak již víme z článku o firmě »Slunce a voda«, činí kolem rovníku na hladině mořské 120 voltů na jeden metr výšky, nad pevninou bývá ještě větší. Kromě toho bývá větší v zimě než v létě.

Svíčka vyrábí elektřinu

Chcete se přesvědčit o tom, že ovzduší je elektrické, i je-li v klidu? Že ve státě vzdušném je cosi elektrického za bouřky, dokazují nám totiž blesky. Vyzkoušejme tedy vzdušný stát v době míru.

Je to lehké. Probereme si jen trochu důkladněji pokus se svíčkou z článku o firmě »Slunce a voda«. Vezměte dřevěnou tyčku, řekněme aspoň jeden metr dlouhou, a jděte s ní trochu na volný vzduch s malým elektroskopem, drátem a svíčkou v aktovce.

Zopakujme si, co máme vědět o elektroskopu. Je to v podstatě skleněná láhev, jejímž hrdlem prochází kovová tyčinka, izolovaná na př. ebonitem a jantarem, zakončená na horním konci kovovou kuličkou a na spodním konci v láhvi dvěma pozlátkovými úzkými lístky nebo proužky barevného papíru.

Někde trochu dál od budov — je to dobré již proto, že budete mít méně diváků — vytáhněte obsah aktovky, připevněte svíčkuna tyčku, oviňte kolem svíčky drát spirálovitě a jeho konec ať se pak přímo octne v plamenu svíčky, až ji zapálíte. Druhý konec drátu oviňte kolem tyčinky elektroskopu, který postavíte na zem, pak svíčku na tyčce zapalte a zvedejte tuto pokusnou pochodň, přivázanou jaksi k elektroskopu, do výšky. Čím více ji vyzvednete, tím více se rozestoupí lístky elektroskopu: důkaz, že skutečně tam výše je elektřina opravdu nějak silnější, čili že potenciál je vyšší.

Ta svíčka však není pouhou pokusnou pochodní, ona je přímo *v ý r o b n í* pochodní. Její plamen působí jaksi ničivě na molekuly plynů ve vzduchu, pomalu tak jako lampa za večera spálí důvěřivé můry, které se kolem ní sletují. Zde je svíčka trochu slabá na spálení plynů, na to stačí tak blesk, ale přece něco dokáže i ona, jako každý oheň. Rozštěpí molekuly plynů — dusíku, kyslíku, i jiných — na záporné elektrony, obíhající v nich kolem atomů, a na kladné zbytky. Říkáme tomuto rozbíjení atomů či molekul plynů ionisace, jak již víme.

A tak svíčka vyrobila elektřinu, vzduch kolem ní se stal vodivým a stal se též součástí elektrického pole v této výši. A samozřejmě přijal i výšku jeho napětí, stejně ji přijal i hrot drátu v plameni, celý drát i elektroskop. Vzdálenost, na jakou se lístky v elektroskopu rozestoupí, nám potom udává potenciální rozdíl mezi Zemí a tím místem ve vzduchu, kde je plamen.

Ale netěšte se, že ten potenciální rozdíl bude růst do nekonečna. Ve vyšších polohách klesá a ve vysokých polohách, na příklad 80 km nad Zemí nebudete již pozorovat žádný vzrůst elektrického napětí. Od určité výše nad Zemí bude stále stejné.

Vznik blesku

Jestliže potenciální rozdíl mezi mraky samotnými anebo mezi nimi a Zemí nabude velkých hodnot, řekněme aspoň 10 milionů voltů, ale může být takový rozdíl až 400 milionů voltů, vybijí se nesouhlasné elektřiny mezi mraky nebo mezi mrakem a Zemí bleskem. Aby tak nesmírný potenciální rozdíl nad Zemí mohl vzniknout, musí ve vzduchu vzniknout nové těleso — mrak — jež by bylo nositelem silných elektrických nábojů.

Mrak je pořádné »tělísko« z vodních kapek, váží průměrně 300.000 tun. Mívá náboje kladné a záporné a vyrábí je v něm z vodních kapek vítr. Ten roztrhává kapky na lehčí částice — elektrony — záporně nabitě, které mohou letět větší rychlostí kupředu, a na těžší kladné zbytky, které zůstanou vzadu. Je tedy přední část mraku letícího kupředu záporná a zadní část kladná.

Má-li vzniknout blesk, vypadá to podobně, jako když se lidé z namačkaného sálu hrnou ven úzkými dveřmi. Kladné i záporné částice — ionty — hrnou se překotně směrem elektrického pole, t. j. od kladného mraku k zápornému nebo od kladného mraku k záporné Zemi. Nastanou »dveře«, t. j. snížení elektrického pole. V nich se udrží masivnější kladné ionty, které projdou vítězně od záporného mraku či jdou k záporné Zemi, vytvářejíce blesk — třeba i rozvětvený — ve směru svého postupu. Záporné elektrony, odražené od »dveří«, vrátí se zpět do kladné části mraku a vytvoří tam lehké záporné ionty s molekulami plynů či s vodními kapkami.

Chemie bleskového světla a hromu

Chápete, že tohle hrnutí kladných iontů s elektrickými náboji nenechá plyny ve vzduchu na pokoji. Elektrony v jejich atomech začnou skákat dál od atomových jader a zase nazpátek a při tom vysílají záblesky, jejichž souhrn vytváří bleskové světlo. Tak svítí v blesku nejvíce dusík, méně již kyslík, vodík, který vznikl rozkladem vody, a ještě méně vzácné plyny, jako na př. argon.

A hřmění? Je to zjev zvukový, záležející v prudkém šíření zvukových vln, ale jeho původ je chemický. Víme, že elektrický výboj vytváří z obyčejného kyslíku, jehož molekula je dvojjadrová, ozon, jehož molekula je trojjadrová, ale při bouřkách vznikají molekuly s ještě více atomy: kyslík i dusík se čtyřmi až šesti atomy v molekulách. Jejich vznikem — vlastně je to zhuštění hmoty — vzniknou v dráze kladných iontů ve vzduchu mezery, do nichž se hrne okolní vzduch, jenže za chvíli je s pořádnou hanbou vyhnán. Víceatomové molekuly kyslíku a dusíku mají totiž jepičí život. Za chvíli se prudce rozpadnou jako nějaká třaskavina a odhodí molekuly vzduchu od sebe. Tady máte první ostré zahřmění a další dunění je již způsobeno útekem a narážením na sebe dalších molekul vzduchu, které vyhnané molekuly uvedly do pohybu.

Kulový blesk

Zajímavá je chemie kulového blesku. Je to svítící koule o průměru několika centimetrů až decimetrů. Trvá až přes minutu, běhá, kudy jej napadne, skáče, odráží se od předmětů jako pružný míč. Tedy je na něm dost nápadných věcí.

Vysvětleme si je. Nejjednodušeji to vše objasníme, jestliže si připomeneme podobný zjev, třebaže se vám to zdá na první pohled velmi vzdálené: kutálející se kuličku vody na žhavé plotně nebo kuličku rtuti v prachu. Tyto kapaliny přijmou podobu kuličky vlivem tak zvaného povrchového napětí, jímž se brání kapalina proti vniknutí cizího tělesa i proti rozprchnutí vlastních molekul.

U kulového blesku je něco podobného. Při jeho vzniku se za vhodných podmínek ony čtyř- až šestiatomové molekuly kyslíku a dusíku, jejichž prudký rozklad vytvoří hrom, nerozloží, nýbrž sbalí se jako kapalina do podoby koule. Jako kapička vody na žhavé plotně je obalena tenkou vrstvičkou páry, která tvoří kolem ní tepelnou izolaci, chrání jí poměrně dlouhou dobu před vypařením, tak je obalena blesková koule vrstvičkou ohřátého vzduchu, jež s sebou strhla, a ta vrstvička je opravdu pružná jako míč.

Kulový blesk může skákat a odrážet se od všeho. Nakonec ovšem jeho sláva zajde stejně jako sláva vodní kapky, běžající pyšně po žhavé plotně a myslící si patrně, že zdolá útok tepla zdola. Jenže to ji pomalu vypařuje a vypařuje, vzniklá pára chvíli kapku obaluje, aby pak prchla do vzduchu, kapka se stále zmenšuje, až se všechna rozplyne v páru.

A stejně to dopadne s kulovým bleskem. Jediný rozdíl proti kuličce vody je ten, že na kuličku vody útočí zespodu z plotny teplo, kdežto na kulový blesk útočí okolní, poměrně chladný vzduch. A tak se nakonec blesková koule roztrhne někdy tišeji, někdy s velkým rachotem a nadělá při tom dost škody. Rozbije všecko. Chcete vědět, při jaké teplotě se rozpadne? Děje se to při 515° C.

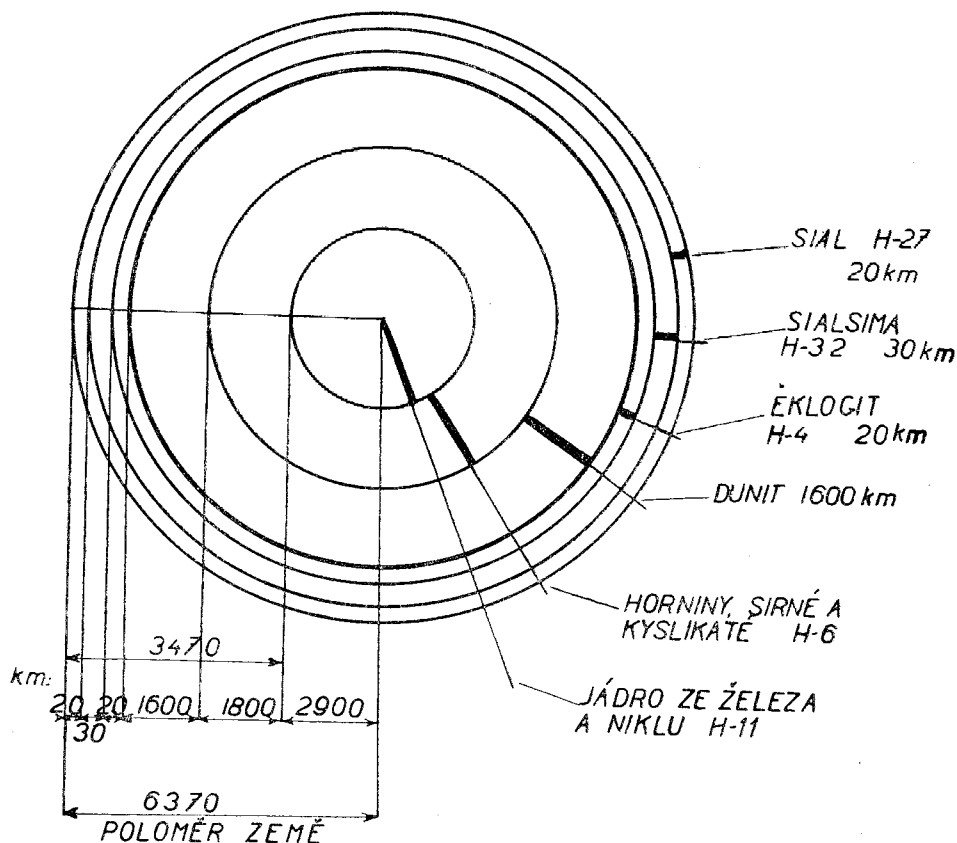
Něco o průřezu Země a o naftě

Představme si, že bychom naši zeměkouli rozřízli na dvě poloviny jako nějaké jablko. Viděli bychom na průřezu dost dobře znatelné různé vrstvy, které by nás sváděly nějak k představě, abychom Zemi spíše přirovnávali k nějaké cibuli, v níž jedna slupka — vrstva — leží na druhé, nebo k atomu, jež s jeho elektronovými slupkami, jak víme, lze přirovnat také k cibuli.

Co vás zásadně zarazí na průřezu Země, jejíž poloměr je 6370 km, je poměrně malá tloušťka vzduchu kolem Země. I kdybychom připustili, že její větší přitažlivost sahá až do oblasti, vzdáleně od Země třeba 1000 km, kde ještě vzniká polární záře, vidíme, že tloušťka zemské atmosféry, která je pro svou řídkost nedýchateľná již ve výšce 8 km nad Zemí, je povážlivě malá.

Verneův román „Do vnitra země“

Těžko dnes napodobit Vernea a myslit si, že se kráterem nějaké vyhaslé sopky na Islandu dostaneme do kouzelně uzavřeného pravěkého světa pod zemským povrchem s mamuty, s pravěkými obrovskými přesličkami, z nichž vzniklo budoucí uhlí, i s pravěkým člověkem, jenž je ozbrojen kyjem.



Jako když jsme vstupovali do vnitra hvězd, musíme to dělati i u Země, v myšlenkách, musíme si to pouze umět představit. Ale máme ke své představě právo na základě četných zkušeností. Představme si svůj vstup do vnitra Země tak, jako bychom se do ní provrtávali či prokopávali, pokud to totiž půjde, stále hlouběji. Tloušťku pevné zemské kůry odhadujeme na 50 km čili 50.000 metrů. Nezdá se vám, že i takový nejvyšší himalajský vrchol je s nějakými 8882 metry výšky ve srovnání s touto tloušťkou něčím méněcenným? K tomu si představte, že takových 50 km je jen jedna stodvacetisedmina ($\frac{1}{127}$) zemského poloměru.

Když jsme již v té pevné zemské kůře, promluvmě si o ní trochu chemicky. Učenci ji rozdělují na dvě vrstvy, z nichž hořejší, silnou asi 20 km, nazývají »Sial« a spodní, silnou asi 30 km, »Sialsima«.

Jsou to výstižné zkratky mezinárodních názvů prvků, jejichž sloučeniny vytvářejí tyto části zemské kůry. »Sial«, po němž chodíme, v němž i dolujeme na rudy, na uhlí a vrtáme na naftu, je složen ze sloučenin křemíku (Silicium) a hliníku (Aluminium). Chemicky bychom řekli, že jsou v něm nejvíce křemičitany hliníku, ale ovšem i jiných kovů.

»Sialsima« naznačuje, že v té vrstvě je toho křemíku trochu »na kvadrát«, to jest ještě víc, vždyť v samotném názvu se setkáváme dvakrát s jeho zkratkou. Novým přírůstkem je »ma«, t. j. hořčík (Magnesium).

Zemský „pečetní vosk“

Teď si myslíme, že jsme se prokopali skrze »Sial« a »Sialsima«. Čím hlouběji kope me či vrtáme, tím tepleji nám zaručeně bude. Máme totiž příliš četnými zkouškami zjištěno, že při každém sestupu o 33 m hlouběji do zemského vnitřa stoupne teplota o 1°C. Kdybychom se tedy prokousali zemskou kůrou do hloubky 50 km, měli bychom tam teplotu přes 1500°C.

Teď bychom přišli do zajímavého území, hlubokého nějakých 20 km. Nezávám je sférou eklogitovou a pod ní je sféra dunitová, která je již pořádně tlustá, sahá totiž do hloubky 1600 km, takže její tloušťka činí nějakých 1530 km. (Pod dunitem je pásmo hornin kyslíkatosirných do hloubky 3470 km a pak je železoničnaté jádro zemské.) Dunit je vrstva, kterou bychom mohli nazvat zemským »pečetním voskem« a které máme co děkovat za to, že máme hory a že nafta, technicky důležitá směs kapalných i tuhých sloučenin uhlíku a vodíku, je ráda ve vyšších polohách. Tato vrstva se totiž chová opravdu jako tuhý pečetní vosk. Udeřte na pečetní vosk krátkým úderem a rozbijete jej na kousky, tlačte na něj delší dobu a poteče vám, jako »tekou« ledovce s hor do údolí. Víme, že dovedou proklouznout — protéci — i nejužšími soutěskami. Dunit je zkrátka v jakémsi tvárném, plastickém, skelném stavu pod vlivem vysokého tlaku, jakým na něj působí horniny nad ním uložené. Eklogit se od něho liší jen tím, že skelný beztvárný stav se přeměnil v krystalický.

Tento dunit k nám přichází na povrch sopkami a má-li »dole« pod eklogitem podobu tuhého skla, myslíte si, že blíže povrchu zemského za malého tlaku, začne téci jako řídká láva.

Teď si představte, že nad eklogitem vznikly horniny původu jednak dunitového, sopečného, jednak usazovacího, sedimentačního. Látky rozpuštěné v pravěkých vodách se usazovaly v podobě vrstev. Vrstvy byly z počátku vodorovné, ale když se dunit v pravěku nějak více »vzpínal« — maně zde vzpomínáme na vařící se mléko, které vytváří na povrchu hrbolatý škráloup — vynesl při tom vzpínání na četných místech vrstvy do výšky a vznikly hory a pokud byly ty vyzdvížené vrstvy nasáklé naftou, dostala se i nafta do vyšších poloh aspoň na jejich svazích, protože jako lehká kapalina nemohla zůstat v nižších polohách. Proto naftu hledáme spíše ve vyšších horninových ohybech, i když se k nim musíme shora prokopávat. A nepotvrzuje to vrtání? Všecko podle specifické váhy: nejvýš ve vyšších polohách, i když jsou zaneseny naplaveninami, jsou naftové plýny, pod nimi nafta a pod ní nejtěžší součást naftové směsi, voda.

Co nám vypravuje nafta o horninách?

Především to, že horniny, v nichž se dostala do vyšších poloh, jsou pórovité. Je dost takových pórovitých hornin, patří k nim i vápenec a neřekli byste, že jimi může protékat nejen nafta a voda, nýbrž i různé rudy, pokud v době, kdy Země teprve chladla a tuhla, mohly se protlačovati těmi póry nahoru. Jinak nelze vysvětlit, že některé rudy nalézáme takřka nasáklé do různých hornin a musíme je z nich dobývat a pak zpracovávat velkými oklikami. Vzpomeňme jen na př. na pyrit (železný kyz) ve

směsi s křemenem či také na ostatní rudy. Nevypadá to doopravdy tak, jako by »proklouzly« těmi horninami a pak teprve v jejich pórech vykryštovaly?

Také nafta dovedla proklouznout pórovitými horninami a v těch ji také hledáme. Bohužel byla nalezena jako jakýsi opuštěný trosečník i v nepórovitých horninách, které nám na zemský povrch kdysi chrlily sopky. Dostala se tam omylem. Je totiž zajímavé, že vrstvy, skládající »Sial« a »Sialsima« se jen ohýbají a obyčejně se nemají lámat. Ale je vidět, že v takových rozměrech, o jakých se jedná u naší Země, se může stát, že se někdy nedopatřením i taková vrstva zlomí a nafta proteče vzniklou mezerou do sousedství sopečných hornin, které se usadily nad spodními vrstvami teprve dodatečně.

A proč se vlastně ty vrstvy lámou nedopatřením?

To bychom si musili takový vrstevnatý zemský obal představit jako balíček karet. Vezměte si takový balíček a ohněte jej v polovině. Karty se vám pěkně ohnou, můžete klidně zachytit v ruce teď oba jejich konce a zároveň máte před sebou obraz takové vrstevnaté zemské vypukliny, v níž nafta miluje raději vyšší polohy. Na obrázku (str. 95) máte nakresleny takové ohnuté vrstvy s naftou, vyznačenou černě. Je to průřez vrstev, nasycených naftou, na jednom místě v Kalifornii. Obrázek je poučný s dvojí stránkou: jednak vám dokazuje, že ty vyšší polohy, v nichž se nafta ráda drží, mohou být i hluboko pod zemským povrchem. Jen si všimněte vodorovné čárky v levém rohu dole. Ta znamená hloubku 2960 m.

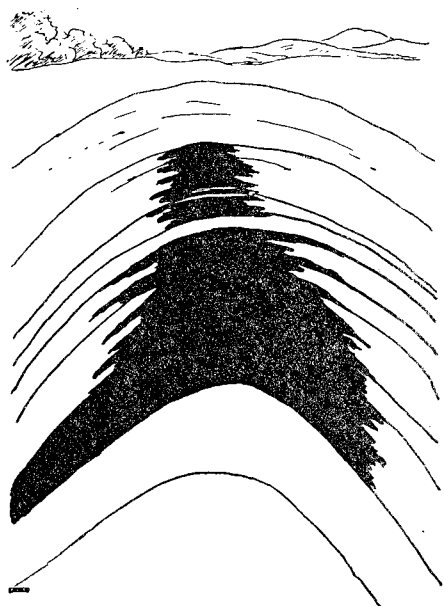
Obrázek je však poučný i s druhé strany. Ukazuje vám, jak nafta může putovat zespodu nahoru. Můžeme si to představit tak, jako bychom někde na stole udělali vydatnou inkoustovou kaňku a chtěli ji vysát haldou pijáků, které bychom na ni přitiskli. Inkoust prosákne všemi pijáky až nahoru, ale na každý výše položený piják se ho dostane stále méně. Něco podobného je u nafty, jenže úlohu pijáků zde hrají ohnuté pórovité horniny.

Uznáváte jistě, že je to docela zajímavé, ale, jak vidím, upozorňujete mne na to, že jsem ještě neodpověděl na otázku, proč se horninové vrstvy lámou jen nedopatřením. Odpověď: podívejte se znovu na ten balíček karet, s kterým jsme začali. Ohne se pouze a nezlomí, poněvadž každá karta je příliš tenká, aby se zlomila. Každá zvlášť dokáže se pouze ohnout. Ale dokáže-li to každá zvlášť, dokáže to i celek, celý balíček. Podobně je tomu s horninovými vrstvami. Jsou poměrně příliš tenké, aby se zlomily. Ohnou se tedy prostě:

Ale kdybyste místo balíčku, složeného z jednotlivých karet, použili stejně silného papírového špalíčku nebo kdyby podobně i »Sial« a »Sialsima« byly z jednoho horninového celku, bylo by po ohýbání a pravidlem by bylo lámání. Zlomil by se i papírový špalíček a také povrch naší Země by byl na více místech trochu ostřejší než je.

Vznikla nafta jako acetylen?

Snad ten nešťastný nález nafty v sousedství sopečných hornin vzbudil v hlavách některých chemiků i obdivuhodného Mendělejeva nápad, že nafta vznikla podobně jako acetylen, t. j. působením vody na žhavé kovové karbidy. Ty vznikly podle jejich názoru v žhavější části zemské, snad v dunitu, a když jim sopky pomohly trochu výše



a karbidy se setkaly s vodou, proč by z nich nemohla vzniknout směs uhlovodíků (sloučenin uhlíku a vodíku)? Což netvoří uhlovodíky i podstatu nafty a nepatří mezi ně i acetylen, sloučenina dvou atomů uhlíku a dvou atomů vodíku?

Přáli bychom rádi těmto chemikům vítězství jejich nápadu. Bohužel nápad je nemožností. V naftě byly nalezeny i sloučeniny, dokazující neomylně, že vznikla z rostlin a ze živočichů. Bývají v ní totiž látky, které zaručeně vznikly jen rozkladem zeleně listové — chlorofylu — či červeného krevního barviva — heminu — nebo cukernatých látek.

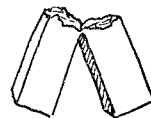
Nafta má nějak ráda elipsy

Přejdeme od karbidové theorie — tak nazýváme tento čistě chemický názor o vzniku nafty — zase k našim »zemským kartám«, to jest k ohnutým horninovým vrstvám, v jejichž »vyšších poschodích« se naftě nějak zalíbilo.

Když už mluvíme o jejím vkusu, nezapomeňme připomenout, že se jí zřejmě líbí i elipsy. Správně mluveno: ona za to vlastně nemůže. Tu její lásku k elipse jí vnutily vlastně ohnuté »zemské karty«. Musíme si je teď nahradit — řekněme — svazkem polotvrdých, dobře naškrobených kapesníků. Strčíme-li do nich doprostřed ze spodu prst, vznikne nám kuželovitá vypuklina. Kdybychom ji shora odstříhli, dostaneme jistě vrstevnatě vedle sebe uložené okruhy eliptického průřezu. Každý okruh patří ovšem určité »zemské kartě« čili vrstvě a je-li v ní nafta, je samozřejmě rozložena v elipse. Odtud tedy její »eliptická láska«.

Tato láska nafty k elipse souvisí ještě s jinou teorií, s níž se u hledačů nafty setkáváme: s teorií antiklinální. (Anti - řecky - znamená pro ti, klino - řecky - je ohýbat i se). Je to výtečná theorie. A znamená tolik, že najdou-li vrtači naftu v určité poloze, dovedou vyměřit podle zjištěného ohybu vrstvy, v níž naftu našli, vzdálenost, kde se bude na druhé straně v opačném, protichůdném směru — proto to slovo a n t i k l i n a — ohýbati zase dolů druhá polovina »zemské karty« čili vrstvy, a vrtají tam najisto. Bude ovšem dobře připomenout zde, je-li vedle naftové elipsy zase nějaká pórovitá »zemská karta«, že nafta si dovede nalézti jejími póry i vodo-

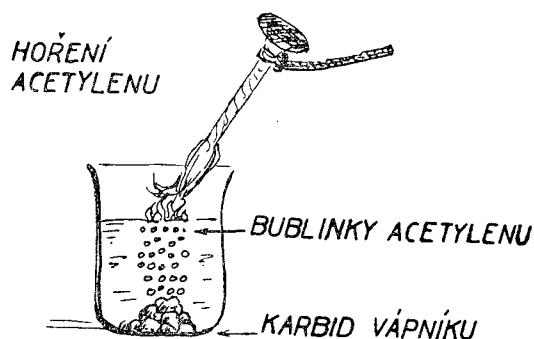
ZLOMENÝ ŠPALÍČEK PAPIŘU



SEŘÍZNUTÝ VRCHOL

rovnou cestu, takže může prosakovati i ve vodorovném směru na všechny strany.

Ale při svém putování »zemskými kartami« se nafta dost mění, tak při stoupání do vyšších vrstev prodělává vlastně filtraci a nechává barevné, obyčejně tmavé sloučeniny v pórech hornin, jimiž se prosakuje nahoru, takže ve vyšších vrstvách mívá světlejší barvu. Na druhé straně čím blíže má nafta k zemskému povrchu, tím spíše se může okysličit na asfalt, který, jak víme, je černý. Okysličení může způsobit nejen vzdušný kyslík, který se také může dostat do hornin zvláště zásluhou prosakující dešťové vody, která jej v sobě rozpustila, ale i kyslík sloučený čili vázaný v podobě uhlíčanových či síranových solí, rozpuštěných ve vodě.



O horninách a o moři

Víme, že všechny horniny nevznikly stejnou cestou. Některé vznikly prostým usazením — sedimentací — látek rozpuštěných v mořské vodě. Tak vznikly na př. usazeniny kuchyňské soli a sádrovce.

Případ sádrovce — síranu vápenatého — je zvláště velmi zajímavý. Patří totiž sádrovec k nerostům, jež bychom opět srovnali s pečetním voskem nebo s ledovcem. Má velkou schopnost pod působením trvalého tlaku »téci«, to jest přizpůsobovati se překážkám a uhýbati se před tlakem. Je to látka, která dovede být ideálně vrstevnatá. Vezměte si jenom do rukou jednu jeho odrůdu »mariánské sklo«: je nejen dosti průsvitné, je-li ho silnější vrstva, a průhledné, tvoří-li tenkou vrstvu, ale dá se i pěkně ohýbat jako ohebná »karta«, k níž lze vrstevnaté horniny přirovnati.

Jiné horniny, jako vápenec (uhlíčan vápenatý), dolomit (uhlíčan vápenatohorečnatý) i četné křemičitany jsou vlastně z největší části látkami, jež ze sebe vyloučily drobní živočichové.

Horniny učí dějinám Země

Dovedeme pochopit již z toho, co jsme uvedli, že horniny nás mohou naučit mnohému z dějin. Nečekejte ovšem, že vám budou vypravovat o nějakých bitvách a vítězných králích či podobných nepřátelích, ale dovedou vám vypravovat, jak asi kdysi bývávalo na místě, kde právě jsou.

Tak usazeniny soli kuchyňské či sádrovce, které se usadily z mořské vody, dokazují vlastně, že v těch končinách bývalo kdysi dost teplo a sucho, skoro bychom řekli »tropicky« teplo a sucho. Chápete přece, že k tomu bylo potřeba jistě dost tepla, aby se vypařila všechna voda z nějakého moře a nechala po sobě jen kuchyňskou sůl a sá-

drovec. To se vám zdá samozřejmé, ale začnete trochu nedůvěřivě kroutit hlavou nad tou »tropičností« tepla, připomenu-li vám, že tedy takové tropické teplo bylo kdysi i nad bývalou Podkarpatskou Rusí či severním svahem Karpat nebo severozápadně od Lipska u města Stassfurthu v Německu.

Ano, drazí přátelé, tak tomu skutečně bylo. I tam byly kdysi tropické končiny naší Země. Pak vás již nepřekvapí, řeknou-li vám dnes učenci, že vlastně žijeme zase v jakési době ledové, jaká už kdysi na Zemi byla. Patrně je tato ledová doba mírnější, než byla minulá, protože ledovce od točen nesahají již tak daleko k rovníku jako kdysi. Ale přesto je na točnách i na vrcholcích velehor věčný led. Není to tedy vskutku ledová doba?

Ostatně i naše vápencové horniny jako pozůstatky skořápek, v nichž žili různí drobní živočichové, na př. koráli, či rostliny, jako různé řasy, o nichž víme, že dovedou žít jen v trvale vlažné vodě — tak nad 20° C — nám dokazují, že u nás kdysi bývalo tepleji.

Jak bývávalo v mořích

Věřte, že stejně jako léta, t. j. kruhové pásy, o něž stromy každoročně přibývají, nám dovedou vypravovat o tom, jak bývávalo v různých létech i v jednotlivých ročních obdobích, dovedou nám i horninové vrstvy, usazené z moří, vypravovati totéž o mořích vůbec i o tom, jak v nich bývávalo v jednotlivých ročních obdobích.

Tak na př. lze soudit podle r o v n o b ě ž n ý c h usazených vrstev, že moře bylo klidné. I různé zjevy v jednotlivých ročních obdobích lze podle usazenin z bývalých moří a řek posoudit: na př. že na jaře bývalo mnoho vody a proto i více usazenin z ní, že na podzim, kdy mnoho drobného živočišstva i rostlinstva (různých bakterií) odumíralo, bylo na dně mnoho ústrojné organické hmoty, po níž zbyly prázdné skořápky.

Lze i podle zkamenělin zjistit, že v zimě, kdy pod ledem bylo ve vodě málo kyslíku, mohli žít ve vodě jen živočichové, kteří se dovedli obejít bez kyslíku.

Ostatně usazeniny a zkameněliny v nich dovedou nám vypravovat i o tom, zda vznikly opravdu jen z moří, či zda nevznikly ze sladkovodních řek, po případě, zda nevznikly z tak zvané vody b r a k i c k é . To je totiž směs slané vody mořské a sladké říční, jak se s ní setkáváme na př. u vtoku řek do moře.

Chápete jistě snadno, že to není živočišstvu ani rostlinstvu jedno, žítí v kterémkoli z těchto tří druhů vody. My to vidíme pak dodatečně na různých zkamenělinách z těchto tří druhů vod. Po stránce chemické je zajímavé, že vápenaté skořápky živočichů v mořské vodě bývají tlustší nežli ve vodě brakické. Patrně jsou vody brakické bohatší na kysličník uhličitý, který ruku v ruce s vodou vápenec ze skořápek rozpouští.

Není sůl jako sůl

Ale nesmíte si myslit, že všechna slaná voda a usazeniny ze živočišstva i rostlinstva z ní je původu čistě mořského. Jsou slaná jezera na př. Kaspické moře nebo jezera v Rumunsku, která soustředila — zkoncentrovala — slanou vodu z řek. Mělo to

za následek, že v nich vzniklo opět jiné živočišstvo a rostlinstvo než v mořské vodě a jeví se to i při vrtbách na naftu, na př. v blízkosti Vídně, kde se najdou zbytky úplně jiného živočišstva, než jaké žije v mořské vodě.

Co nám usazeniny vypravují o kyslíku

Usazené horniny dovedou vyprávět též mnoho o tom, jak vody, z nichž vznikly, byly bohaté na kyslík. Nenačnete-li při vrtání na naftu v některé vrstvě žádnou zkamenělinu, můžete na to vzít jed, že ve vodě bylo málo kyslíku. Živočišstvo bez něho nemůže vůbec žít a z rostlin bez něho vydrží jen některé bakterie. Zkrátka: nebyl kyslík, nebyli vyšší živočiši a nejsou tedy po nich žádné zkameněliny.

Ale při zkoumání usazenin se nám stane, že tam přece najdeme nějaké zkameněliny. Nesmíme předčasně jásat, že je to přece jen důkaz kyslíku ve vodě. Jistě je, ale může to znamenat také jen důkaz přítomnosti kyslíku ve vrstvách přímo pod hladinou. Jako jsme již řekli: »Není sůl jako sůl«, tak můžeme také říci: »Není zkamenělina jako zkamenělina«. Byl-li totiž kyslík pouze v nejhořejších vrstvách vody, žili tam jen plovající či vířící živočichové a my najdeme v usazeninách jen zkameněliny živočichů, kteří dovedou žít pouze nahoře ve vodě a ne u dna.

Najdeme-li však zkameněliny »spodních« živočichů, t. j. takových, kteří jsou schopni žít u dna, je to pro nás především důkaz, že ve vodě bylo dost kyslíku i nade dnem, a za druhé je to pro nás vysvětlením, jak se ztratily organické látky ze živočichů, po nichž nám v usazeninách zbyly jen skořápky. Vysvětlení je toto: jednak je sežrali ti »spodní« živočiši, jednak se ztratily zásluhou kyslíku, jehož přítomnost ve spodní vodě tyto spodní živočiši zřejmě dokazují. Organické čili ústrojné látky jsou sloučeniny hlavně uhlíku, vodíku, kyslíku, dusíku, fosforu a síry. Kyslík je pán velmi nenechavý, slučuje se s těmi prvky a vytváří s nimi plynné kyslíkaté sloučeniny, které samozřejmě zmizí do výšky a mohou po případě i vůbec zmizet z vody do vzduchu. Uveďme si jen za příklad, že z uhlíku tak vznikne kysličník uhličitý, z vodíku voda (mohli bychom říci: kysličník vodný), z dusíku kysličník dusíku, z fosforu kysličník fosforečný a ze síry kysličník siřičitý.

Takovému rozkladu za spolupůsobení kyslíku říkáme t l e n í.

Jak to vypadá „dole“ bez kyslíku

Nemá-li spodní vodní svět nade dnem kyslíku, je tam zkrátka mrtvo. Jen shora tam padají mrtvolky »hořejších« živočichů či rostlin a vytvářejí kal, o nějž se však nikdo nestará. Dole není nikoho, kdo by žral organické látky, obalené skořápkami, není tam kyslíku, který by je proměňoval v plyny, buď se ve vodě rozpouštějící nebo z ní unikající do vzduchu.

Zkrátka dole je hřbitov, v němž jako nějací hrobaři pracují jen bakterie, které dovedou žít bez kyslíku. Tento »hřbitov« je poněkud mazlavý, jedním slovem je to kal jemuž říkáme sapropel (sapro - řecky znamená shnilý, hnilobný; pelos - řecky - je kal), vznikne tedy h n i l o b n ý k a l. A my si zároveň uvědomujeme, že rozkladnou činnost, kterou bakterie rozkládají, přeměňují organické látky bez spolupůsobení kyslíku, nazýváme h n i t í m.

Rostliny zprostředkovatelkami života v moři

Již při líčení, jak se vše vyvíjelo na Zemi od doby jejího vzniku, jsem upozornil na to, že nejprve mohly vzniknout z kysličníku uhličitého, kterým tehdy ovzduší naší Země přímo oplývalo, jen rostliny, jenže na příslušném obrázku jsem to naznačil obrysy keřů a stromů. Teď se k věci vracíme při hovoru o moři a o vodě vůbec.

Upozorním především na dvě věci: jednak na to, že si pod názvem rostlin—zvláště ve vodě — musíme umět představit nejmenší rostliny — bakterie a řasy — a za druhé, že rostliny jsou skutečně nejméně náročnými udržovatelkami života. Dovedli byste žít jenom z kysličníku uhličitého a z vody? Samozřejmě nikoliv a nedokáže to vůbec žádný ze živočichů. Ale rostliny to dokáží — ovšem působením světla.

Zase světlo. Na začátku knihy jsme si o něm vykládali, že z něho vznikla hmota, teď o něm slyšíme, že je vlastně dárce života. Je jím skutečně jak v moři tak na pevnině. Bez něho by nemohly rostliny vytvářet svá těla, živočichové by neměli co k jídlu. Zkrátka světlo je dárce nebo aspoň nástroj k vytváření života a rostliny jsou jeho zprostředkovatelkami a udržovatelkami.

Světlo a život ve vodě

Kdybychom vstoupili do ponorky a klesali v ní v moři do hlubin, začala by v hloubce 200 metrů již vlastně skutečná noc, třebaže bychom mohli zjistit poslední stopy světla ještě v hloubce 400 metrů. Tomuto ubývání světla odpovídá i ubývání rostlin ve vodě. Jak vidíte na vedlejším obrázku, je nejvíce rostlin do hloubky 100 m, málo je jich mezi 200 až 400 metry a níže již vlastně chybí dárce života a proto i rostlinný život.

Ale ani rostliny nedokáží žít jenom ze vzduchu a vody, potřebují také dusíku a fosforu, a mnohé potřebují také kovových sloučenin k vytvoření své kostry, jako vápna a kyseliny křemičité, po případě i kovů, které jsou spíše jen pouhými pomocníky života, jako železa, zinku, mědi a molybdenu. Dostávají tyto látky z pevniny a jejich dodávání podporuje vítr, vane-li od břehu. Žene totiž horní vrstvy vody dále do moře a místo nich pak nastupují odspodu chladné vodní vrstvy.

Skoro bychom tedy neměli zapomenout vedle zásluhy Slunce, kysličníku uhličitého a vody o život ve vodě také na zásluhu pevniny, která dodává rostlinám na hladině ostatní výživu. Dá se to poznati již na vzhledu vody: u břehu je voda zelená, protože je zde na hladině plno rostlinstva, dále pak od břehu je modrá.

Také vzestup spodní vody na hladinu dodává vlastně rostlinám potravu dusíkatou, fosforečnou i jinou. Což nemá kal na dně moře, vytvořený odumřelými rostlinami i živočichy, spadnuvšími shora, v sobě dost těchto látek?



Chemické záhady moře

Moře je zásadně záhadná veličina, jíž značná část smrtelníků dost nerada svě-
řuje své životy, i když se octnou na lodi. Mají strach před jeho záhadností, kterou by-
chom nazvali *d y n a m i c k o u* (pohybovou). Moře se vzbouří a vy máte před jeho
bouřemi strach, i když si je jenom v mysli představíte.

Nemám v úmyslu budít ve vás hrůzu před touto dynamickou, nevypočitatelnou
záhadností moře. Nechám vás sedět v klidu ve vašich židlích či křeslech a budu vám
vypravovat o záhadnosti, jež vás ani zdaleka nemusí zneklidňovat. Tak je klidná
a s t a t i c k á. Je to *c h e m i c k á* záhadnost moře.

Chci vám především vypravovat o tom, proč je mnoho *p l a n k t o n u* na severu a
ne v tropickém moři. Plankton jsou mikroorganismy čili drobné bytosti rostlinné i ži-
vočišné, jimiž se živí ryby. Nakonec i z toho planktonu a ze živočichů v něm žijících
vznikne nafta.

Životu v moři svědčí více chlad

Můžeme tak říci aspoň s hlediska planktonu, který je nejdůležitější a původní po-
travou ryb i mořských ssavců, jako velryb. Zdá se to na první pohled nemožné. Jak to?
V teplé vodě tropických moří že je mikroorganismů méně než někde ve studené vodě
polárních končin? Bohužel, je tomu tak, aspoň to potvrzují rybáři a lovci velryb.

A proč vlastně říkám to slovo bohužel? Protože tato zkušenost rybářů je něčím,
co nás ohromuje. Vždyť staví na hlavu ustálené představy, že jen teplo podporuje roz-
voj života. A teď abychom šli hledat prapůvod života v moři pomalu až na točnu.

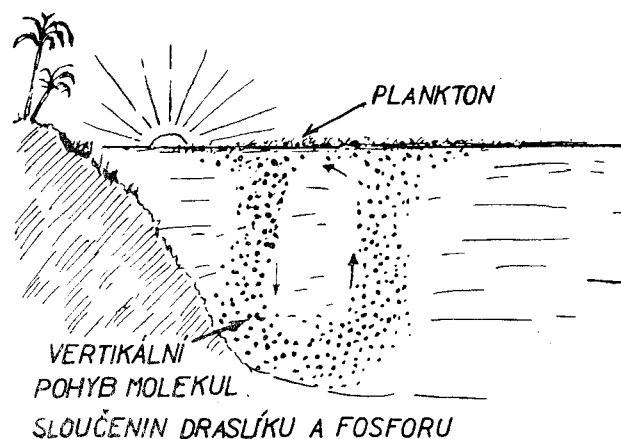
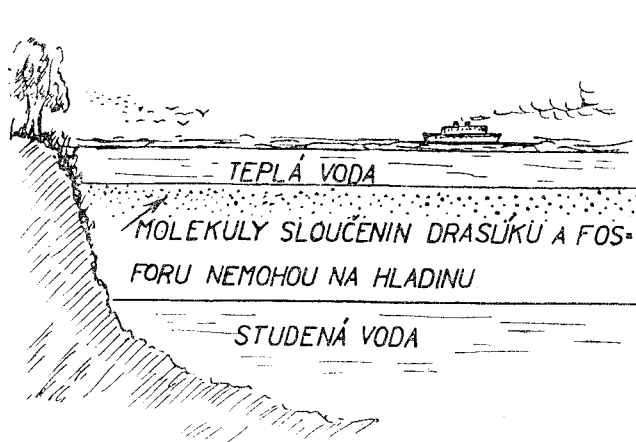
Vysvětlení této ohromující zkušenosti je prosté. Je tím vinen dusík a fosfor a po-
tom — právě ta větší zima na severu. Především tedy ten dusík a fosfor. Sloučeniny
těchto prvků jsou totiž výživou všech těch — zvláště rostlinných — organismů (řas),
které tvoří plankton. Tyto sloučeniny jsou v dosti značném množství obsaženy ve
spodní vodě mořských hlubin bez rozdílu: ať na severu či na rovníku.

Jenže teď přijde velký rozdíl: na rovníku se z hlubin na povrch nedostanou a na
severu ano.

Slunce vězní dusík a fosfor v tropech

Jaké pak věznění? ptáme se udiveně. Vysvětlím vám to jednoduše. Aby se dusí-
kové a fosforové sloučeniny dostaly z hlubin na povrch, kde by z nich mohl plankton
žít, je zapotřebí jisté cirkulace, jistého oběhu vertikálního, čili svislého proudění vo-
dy: stoupání spodní mořské vody nahoru a klesání svrchní vody dolů. A tato verti-
kální cirkulace je v studeném pásmu daleko větší než v tropech.

Představte si, že v tropech Slunce svým žářem ohřeje svrchní mořskou vodu tak
silně a zároveň zvětší tím její objem a udělá ji lehčí v takové míře, že teplá voda zůstane
ležet na povrchu hladiny takřka jako lehký olej na těžké vodě. Je prakticky nemož-
né, aby tak teplá a lehká voda mohla klesati dolů a vyměnila si dole místo s chlad-
nými vrstvami vodními.



Můžete si to představit, vzpomenete-li si na koupání v rybníce, samozřejmě v létě. Tam vlastně také neexistuje vertikální výměna teplé vody na povrchu s chladnou spodní vodou, takže při koupání cítíte teplo na horní části těla a zebe vás to v nohách. Jinak je tomu, není-li příliš horký den; tu máme dojem, že ta vertikální cirkulace vody postupuje nějak lépe.

A podobně asi je tomu na severu. Seběmenší možnost snadnějšího výstupu spodní mořské vody, i když jenom s nějakými málo setinami miligramu sloučenin dusíku a fosforu v litru na povrch mořské vody, pomáhá dusíku a fosforu nahoru a výsledek je — vznik planktonu.

Slunce, jinak štědrý dárcce života, dává zřejmě umírněnějším rozdávaním své štědrosti na severu spíše vznik životu na povrchu moře než v tropech. Na severu se dusík a fosfor přece dostanou na povrch vody, v tropech zůstanou uvězněny pod lehkým a horkým povlakem, jež slunce hýřivým rozdávaním svého žáru vytvořilo na povrchu moře.

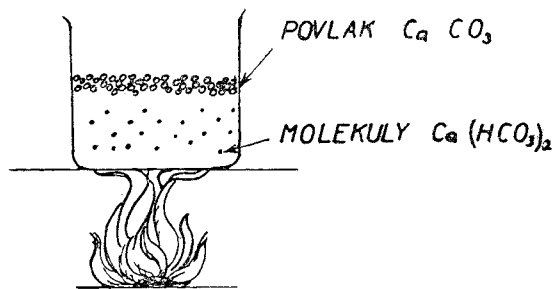
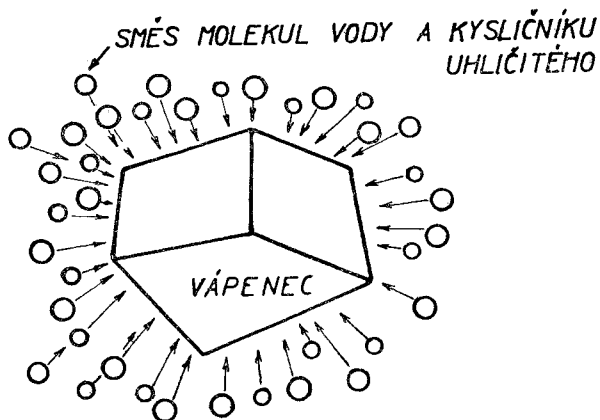
Proč je dno hlubokých moří červené?

S povrchu moře spustíme se — myslíme si, že třeba v chystaném *P i c c a r d o v ě* podmořském člunu — zase do mořských hlubin a dokonce na samo mořské dno. Ale opravdu raději hlouběji: aspoň takhle do hloubky 3000 až 4000 m.

Kalu tam najdeme dost, je v něm i mnoho skořápek či obalů zahynulých mikroorganismů, které žily na povrchu moře v planktonu. Když zahynuly a jejich organické tělo se rozložilo, klesly jejich anorganické — neústrojné — skořápky ke dnu. Měli bychom lépe říci, že tyto skořápky začaly klesat ke dnu, ale ve skutečnosti se jich spousta cestou ztratila. Řešeno jednoduše: rozpustila je voda. Podotýkám, že ty skořápky jsou hlavně z vápence. Tedy v mořském kalu v hloubce nějakých 3000 až 4000 m nenajdete vápencových skořápek, ale pod kalem najdete červenou křemičitou hlínu, jako by mořské dno bylo prostým pokračováním křemičitého červeného pobřeží.

Vidíte, že bychom se tedy mohli ptáti i jinak: ne »proč je mořské dno červené?«, nýbrž také »proč není vápencové?« Obě otázky si dávají současně odpověď.

Ovšem každého by mohlo zajímat, jak to ta voda dokáže, aby se vápenec čili uhli-



čitan vápenatý rozpustil. Mořská voda zde dělá totéž, co i naše říční voda, když vytváří tak zvanou *dočasnostvody* při protékání vápencovou horninou. Pomocníkem vody, jež rozpouští a ničí vápencové horniny, je kysličník uhličitý, plyn, vznikající ve vodě tlením organických látek. Naše říční voda udělá pomocí kysličníku uhličitého z nerozpustné vápencové horniny rozpustný kyselý uhličitan vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, jež se při zahřívání či vaření vody rozloží opět na nerozpustný, t. zv. normální uhličitan vápenatý za současného uvolnění kysliče. uhličitého. Vzpomeňte si zde jenom na vznik povlaku na zahřívané vodě či na hojnost usazenin na dnech hrnců, v nichž hospodyně vodu ohřívá, či na kotelní kámen. Podobně to udělá mořská voda opět pomocí kysličníku uhličitého s vápencovými skořápkami mikroorganismy.

Proto tedy není dno hlubokých moří vápencové, ale křemičité, červené. Snad bych zde mohl ještě uvést, že mořská voda u jižní točny je bohatší na kysličník uhličitý než voda na severu. Čili to znamená, že se v ní skořápky rychleji rozpouštějí.

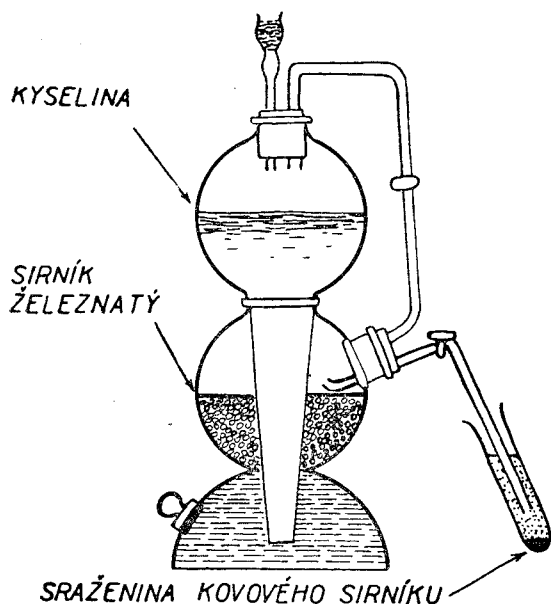
Kyslíkové ventily v moři

Ještě jiný plyn se dostává do mořských hlubin. Je to kyslík, který se tam ovšem nedostane z ústrojných látek jako kysličník uhličitý, nýbrž ze vzduchu. Je to kyslík *vdůšný*, který mořská voda pohltila, absorbovala.

Zajímavé je, že tato absorpce se děje jen v úzkých pásech a že je opět nejsilnější na severu: jižně od Grónska. Kyslíkové pásy v spodní vodě zvané »ventily« a vzniklé opět vertikálním prouděním v chladných končinách, táhnou se od severu přes rovník až k jihu. Kyslík v těchto ventilech nám koná detektivní službu: umožňuje nám totiž poznání spodních mořských proudů. — Že vás ty chemické záhady moře nepolekaly?

Moře, dárce nafty

Od kyslíkových ventilů vrátíme se zase do méně příjemné mořské oblasti, tam, kde v nehybných hlubinách hníje náš starý známý — sapropel — vytvořený odumřelým planktonem a živočišstvím, které v planktonu žije. Vrátime se tam, kde vzniká — i teď — nafta.



Stálý vznik nafty byl dokázán studiem kalu na dně Černého moře. Toto moře je velmi zajímavé po té stránce, že je rozděleno krymským poloostrovem na dvě poloviny, v nichž je voda v kruhovém proudění, ale v prostředním dělicím pásmu je klid, nedostatek kyslíku. Již v hloubce 100 metrů na volném moři je voda bez kyslíku, zato však je plna sirovodíku, který vznikl rozkladem sapropelu na dně.

Skoro jako by byl v Černém moři Kippův přístroj

Tento sirovodík také způsobuje, že sapropel se stává bohatým shromaždištěm cenných kovů. Nad sapropel se totiž odehrávají podobné pochody jako v nějaké chemické laboratoři, když z Kippova přístroje uvádíme sirovodík do zkoumavek,

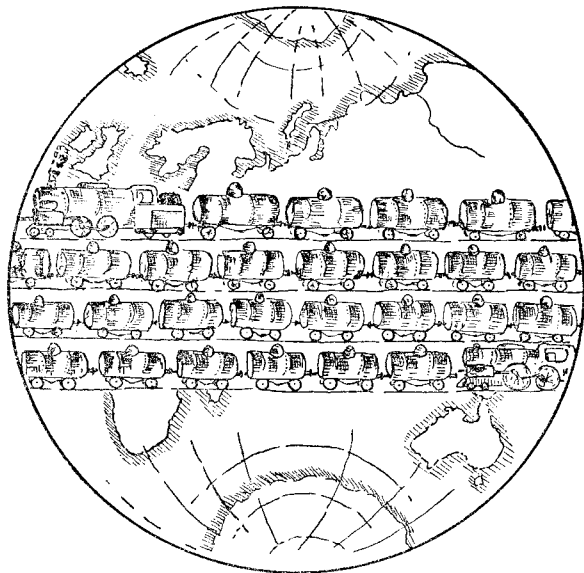
obsahujících roztoky kovových solí. Ve zkoumavkách se nám vysrážejí různobarevné sírníky kovů, na př. žlutý sírník kademnatý, pleťově zbarvený sírník manganatý atd.

Také v Černém moři »Kippův přístroj«, vyrábějící sirovodík z hniějících bílkovin, srazí dolů do sapropelu sírníky četných kovů: vanadia, molybdenu, niklu, mědi a železa. A kde se vzaly nahore ty kovy? Doufám, že jste nezapomněli na to, že ty kovy se dostávají do moře z pevniny. Vidíte, jak velkým napodobením chemické laboratoře, vyrábějící kovové sírníky pomocí mořského »Kippova přístroje« je takové Černé moře a patrně i zátoky v jiných mořích, v nichž voda stojí takřka nehybně.

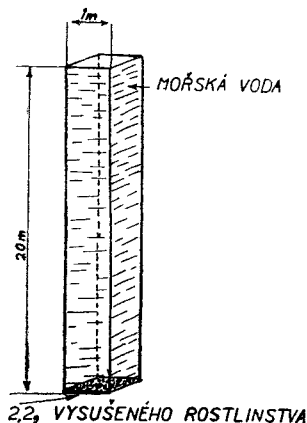
Konečně bude dobře uvést ještě jeden neústrojný dar moře, který provází naftu. Je to s ů l k u c h y ň s k á , která se vyskytuje v blízkosti nafty. Nelze se tomu v podstatě divit, uvážíme-li, že i sapropel je usazenina ze s l a n é h o m o ř e .

Ponenáhlý vznik nafty

Nám, netrpělivým lidem, se zdá, že spousty nafty, jaké jsou v Zemi uloženy, mohly vzniknout pouze najednou, jen nějakou pohromou, katastrofou spousty rostlin či živočichů, snad potopených mořem. Spousty nafty v Zemi jsou opravdu ohromné: představme si na př., že roku 1934 jí bylo dobyto ze Země tolik, že vozy jí naložené by vytvořily vlak, kterým by byl zem-



ský rovník čtyřikrát ovinut. Ale je zbytečno utíkat se k takové pohromě. Drobných řas, vznášejících se na hladině moře v místech vhodných k tomu, aby tam vznikl sapropel, je dost, aby z nich mohly vzniknout spousty nafty. V kielském zálivu v Německu si dali práci s počítáním a vážením rostlinstva ve vodě a zjistili, že ve vodním sloupci vysokém 20 m o průřezu 1 m² je 2,2 g vysušených drobných mořských rostlin. Za rok to znamená 70 g suché organické látky na 1 m³, a z té látky může vzniknout nafta. Uvážíme-li, že tato výroba a odumírání povrchových mořských rostlin trvá na Zemi celá tisíciletí — přirozeně blíže břehu a v klidné bezkyslíkové vodě — dovedeme jistě pochopit, že to stačí k vytvoření obrovských zásob nafty.



Boj o slanou vodu

O všechno, co se týkalo a týká nafty, býval a je mezi učenci boj jako je o samotnou naftu i mezi státy. Nafta z uhlí nebo nafta zvlášť a uhlí zvlášť, to jsou příklady takových »bojovných« otázek, které jsme již probírali. Přicházíme k další »bojovné« otázce: kde se vzala slaná voda. Již jsem se o vodě ve spojení s naftou zmínil, když jsem mluvil o tom, že v »zemských kartách« — horninových vrstvách — je nejspodněji voda, nad ní lehčí nafta a nejvýše zcela lehký plyn. Jenže tehdy jsem neuvedl, že ta voda je slaná.

Snad právě slanost vody svedla řadu učenců k tomu, že se na tuto vodu dívali jako na pravěkou mořskou vodu, kterou horninové vrstvy uzavřely a zachovaly. Proti tomu však mluví skutečnost, že tato voda byla nalezena i v sousedství nafty, jež vznikla ze sladkovodního sapropelu, na př. v Rumunsku. V této vodě je vedle kuchyňské soli dost jodu, bromu, boru i draslíku.

Co si tedy máme o té vodě myslit? Tedy především to, že to není původní mořská voda uzavřená v horninách. Ale původu mořského je rozhodně, jenže spíše nepřímé. Pochází totiž z těl mořských živočichů a rostlin, z nichž vznikl sapropel. A nemyslete si, že v těchto věcech je vody málo. Vždyť my sami — lidé — máme ve svém těle $\frac{3}{4}$ celé váhy vodu, vodní rostliny jí mají 80—90% a rostliny na povrchu moří až 99%. Tato voda se přirozeně při rozkladu těla, ať již živočišného či rostlinného, vyloučí a smísí s vodou, která vznikla tlením, t. j. oxidací, z vodíku v těle živočichů či zvířat.

A teď pochopitelně, protože ti živočišové či rostliny žili z mořské slané vody, byla v jejich těle ve větším množství i kuchyňská sůl a látky, které v mořské vodě přicházejí ve větších množstvích, jako draslík atd. Některé látky, které se uvolnily až při rozkladu těl živočichů a rostlin, jako jod a brom, dostanou se do takové vody ovšem také.

Dobře, řeknete, ale jak se dostala ta slaná voda do usazenin (na př. v Rumunsku), které vznikly jistě jen ze sladkovodních jezer? Odpověď: cestováním nafty, o němž jsme již také mluvili. Jako nafta dovede putovat do výšky do výše položených hornin,

tak může putovat i ve vodorovném směru, jen když horniny, jimiž putuje, jsou pórovité. Někde se dostane taková voda pro svou větší pohyblivost dokonce ještě dále dopředu než nafta. A ovšem, je-li nafta blízko pod povrchem, může být naftová voda promíšena i povrchovou vodou dešťového původu.

Z kterých sloučenin vznikla nafta?

Podle dosavadního líčení jsme pochopili, že nafta vznikla ze živočichů a rostlin, žijících na hladině moře. Ale věděli bychom teď rádi, z kterých sloučenin, z nichž se tyto bytosti skládají, nafta vznikla. Víme, že mořské bytosti sestávají z největší části z bílkovin, uhlohydrátů a tuků, a to v tomto poměru: 45⁰/₀ bílkovin, 45⁰/₀ uhlohydrátů a 5—10⁰/₀ tuků. Rozhodně tedy nafta vznikla z těchto sloučenin, ale jistě ne hlavně pouze z tuků, což můžeme klidně tvrdit již na základě toho, že v dnešních mořských usazeninách, z nichž nakonec vznikne také nafta, je ze všech organických látek pouze 1⁰/₀ tuků.

Také teplotu a tlak, při jakých nafta vznikla, můžeme určit podle sloučenin, jejichž zbytky se nám v naftě zachovaly, zvláště podle zbytků z krevního barviva. Poněvadž by se tyto zbytky určitě rozložily při teplotě nad 250° C, soudíme, že nafta mohla vzniknout jen v hlubině, kde postupným přibýváním tepla panovala teplota 100—200° C za tlaku 500 až 1000 atmosfér, to jest 500 až 1000 kg na 1 cm².

Hlavní zásluhu o rozklad látek, z nichž vzniká nafta, mají bakterie, které na mořském dně dovedou žít bez kyslíku. Ty se dávají do práce takřka okamžitě, jakmile směs hladinových živočichů i rostlin klesne ke dnu. Důkazem toho je opět Černé moře, v jehož střední bezkyslíkové, nehybné části v hlubinách byl dokázán stálý vznik olejovitých, vaserinových látek.

Hydrační továrna na mořském dně

Při bakteriálním rozkladu sloučenin v sapropelu vznikají sloučeniny jednodušší, které se slučují s jinými nebo jiné zase rozkládají, ale výsledek je ten, že uhlíku poměrně přibývá, vodík v některých látkách ubude, v jiných přibude. Ty, v nichž vodík ubude, nazývají se nenasycené a slučují se zase s těmi, které mají vodíku nadbytek. Je zcela možné, že i uvolněný vodík sám se slučuje s nenasycenými sloučeninami a vzniknou tak konečně uhlovodíky nasycené čili parafinové, jejichž směs nazýváme naftou.

Bylo by to opět napodobování něčeho, co děláme v průmyslu při t. zv. hydrování uhlí, kdy nenasyceným sloučeninám vnucujeme vodík za spolupůsobení katalysátorů (budičů reakce). Zajímavá shoda je v tom, že v sapropelu jsou též ony kovy, jakých užíváme na zemském povrchu při hydrování uhlí: nikl, vanadium, molybden, měď. A snad i jod urychluje tento průběh.

Tak se podívejte: není to skutečná hydrační továrna na dně mořském?

Voda a nafta

To je trochu široký nadpis. Co si pod ním máme myslit? Že nafta je odjakživa lehčí než voda, takže bude věčně na vodě plovat? Nebo si máme myslit zase něco o slané vodě, která doprovází naftu? Nebudu napínat vaši zvědavost.

Zabrousíme chemicky zase do jiné vody, do vody povrchové, která z dešťů pro-
sákla do spodních vrstev a začala dělat revoluci v naftě. To že by ta voda dokázala?,
ptáte se v ustrnutí. Ba ano, a to tím, že je spojencem kyslíku. Kyslík je, jak známo,
nebezpečný nepřítel, ale taková povrchová voda je nepřítel nafty v každém ohledu.
Bud' na ni útočí kyslíkem, který v ní je přímo rozpuštěn, nebo na ni útočí i kyslíkem
vázaným, přítomným v uhličitanech, síranech a dusičnanech, které jsou v ní rozpuš-
těny. Zkrátka s kyslíkem je to vždycky zlé: mění všechno v naftě, i když je volný nebo
když je vázaný.

Výsledek je ten, že povrchová voda okysličuje naftu tak, že čím blíže k zemskému
povrchu, tím více obsahuje asfaltu, jenž vlastně vzniká okysličením naftových uhlo-
vodíků.

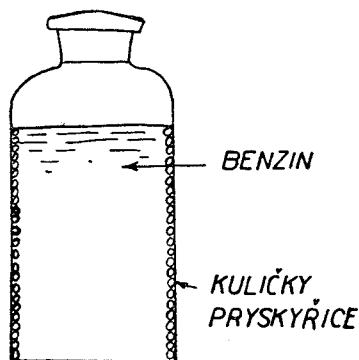
Naftová voda, která vznikne smíšením původní vody z mrtvých organismů s po-
vrchovou vodou, je bohatá na chloridy. Jsou to sloučeniny velmi snadno rozpustné,
takže naftová voda je vlastně soustředěním samých chloridů: chloridu sodného, dra-
selného, vápenatého a hořečnatého. Nemohu si pomoci, musím uvést i organické kyse-
liny, které najdete v naftové vodě. Nejsou to žádné tuhé kyseliny jako palmitová
a stearová, jsou to jen ubohé kapaliny: kyselina máselná a valerová. Náhodou ani
jedna ani druhá nevoní příjemně.

Slyšeli jsme již, že taková naftová voda dovede být velmi čilá; což nepředběhne
dokonce naftu v jejím putování kupředu? Jiná čilost této vody jeví se v tom, že si po-
číná jako nějaký kouzelný eskamotér s různými kartami. Jak totiž postupuje hlinou,
která se usadila nad naftou, bere si z hlíny vápník a hořčík a protože přirozeně nemůže
vše shltout sama, dává hlíně za výměnu sodík a draslík.

Co proměňuje voda v naftě

Musím dodržet slovo až do konce. To by bylo trochu málo, kdyby taková povr-
chová voda nedovedla nic jiného než dělat z vody asfalt. Je to konečně také dost zají-
mavé, ale povrchová voda, má-li v sobě kyslík rozpuštěný, dovede udělat na př. ze sir-
níku železičitého (pyritu) — vzpomeňme si na takřka »Kippův přístroj« v Černém mo-
ři, kde sirovodík sráží kovy v podobě siričků — hnědel (hydroxyd železitý). Z orga-
nických látek dovede dělat něco podobného, co z nich vzniká působením kyslíku při
tak zvaném tlení, tedy kyseliny, pryskyřice, kysličník uhličitý a opět vodu.

Povrchová voda může však prodělávat i opačný pochod. Nemá-li v sobě rozpuš-
těný kyslík, může být sama — či lépe: kys-
líkaté sloučeniny v ní — odkysličena
působením bakterií nenávidících kyslík. A
tak se mohou na př. stát z kyslíkatých sí-
ranů bezkyslíkaté siričky. Nakonec tyto slo-
žité pochody okysličování, odkysličování a
štěpení složitějších látek na jednodušší kon-
čí tím, že se kyslík i síra ze vzniklých slou-
čenin uplatní jako jakési »lepidlo«. Slepí
nebo aspoň dají popud k slepení jedno-

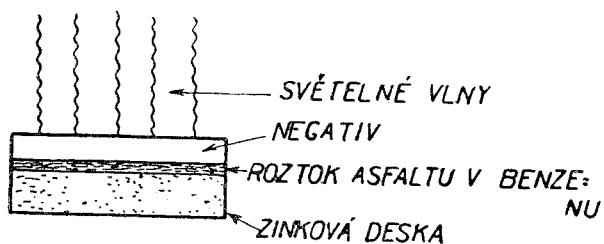


dušších látek na látky složitější, pryskyřičnaté. Můžeme to pozorovat na př. na nádobkách, v nichž delší dobu přechováváme benzin. Na stěnách nádobky se vytvoří působením vzdušného kyslíku skutečně tuhé kapky pryskyřice.

Podobně je tomu v přírodě. Tam katalytickým - povzbuzovacím - účinkem kyslíku z vody, ve které je rozpuštěn, vznikají z nafty až několik set kilometrů pod zemským povrchem těžší a větší molekuly, které nazýváme parafinem nebo zemním voskem (ozokeritem). Až do takových hlubin se voda dostane.

Co dokáže kyslík i v hlubinách

Styk kyslíku ve vodě s naftou je tak důležitý, že můžeme dokonce rozpoznávat, jak dlouho na naftu působil, podle toho, jaké uhlovodíky jsou v ní přítomny. Tak lze s určitostí říci, kde nebyla nafta dlouho pod působením kyslíku, že tam z molekul uhlo-



vodíků parafinových, jejichž molekuly lze srovnat s lomenými, ozubenými tyčemi, vznikly uhlovodíky řady benzenové. Základem této řady je benzenové (benzolové) jádro, které má podobu pravidelného šestiúhelníku, v jehož každém rohu je vždy jeden atom uhlíku s jedním atomem vodíku, tedy skupina CH.

Jestliže kyslík působil na naftu delší dobu, vznikly v ní nafteny opět s molekulami, uzavřenými jako benzenový šestiúhelník, jenže v jeho rozích jsou skupiny CH₃. Vznikly slepením benzenových — aromatických — uhlovodíků s uhlovodíky parafinovými. Při velmi dlouhém působení kyslíku pak vzniknou v naftě oleje, hodící se dobře k mazání ložisek.

Zdá se dokonce podle nejnovějších výzkumů, že známý pomocník při chemických reakcích, kysličník vanadičný, který pomáhá také při výrobě kyseliny sírové, uplatňuje se též v případě při vzniku asfaltu z nafty. Aspoň ho bylo v asfaltu nalezeno dost velké množství.

Pomalou to vypadá tak, jako by se fotografovalo i pod zemí

Tvrdý asfalt vzniká již blíže k povrchu zemskému nejen působením kyslíku, nýbrž i světla. Je zajímavé, jak nám praktické zkušenosti potvrzují, že asfalt světlem tvrdne. Dokonce toho užíváme při tak zvané a s f a l t o t y p i i, t. j. tisku pomocí asfaltu. Nalejeme na př. na zinkovou desku roztok asfaltu v benzenu a osvětlíme pod negativem, připraveném ať již na skle či na celuloidu. Osvětlená místa ztvrdnou, protože světelné fotony slepí dohromady menší molekuly na větší, hutnější a tvrdší. Tento ztvrdlý asfalt je nerozpustný v ustalovacím roztoku, kterým zde je terpentínový olej.

Připomeňme si zde ustalování při obyčejném fotografování. Ustalujeme sirnatem sodným, který rozpouští bromid či chlorid stříbrný na neosvětlených místech na rozpustný sirnatan sodno-stříbrný, kdežto osvětlená sůl stříbrná je nerozpustná. Podobně je tomu u téhle fotografie, provedené v přirozeném asfaltu. Osvětlený asfalt ztvrdne, protože se v něm vytvoří větší tvrdé molekuly, a takový asfalt se již neroz-

pouští v terpentinovém oleji, jehož užíváme jako ustalovače. Nerozpuštěný asfalt tvoří hrbolky, jimiž lze tisknout.

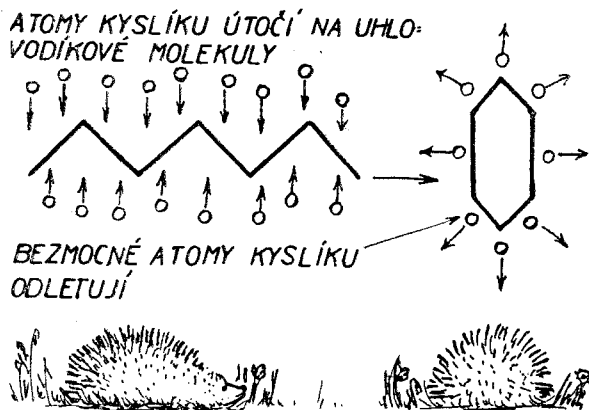
Mazací oleje

V naftách, obsahujících více naftenových uhlovodíků a které nazýváme asfaltovými oleji, vznikají i mazací oleje. Tvoří se déletrvajícím působením poměrně menších množství kyslíku. Podstatou mazacích olejů jsou nesoiměrné čili polární molekuly, které mají schopnost přilnout k povrchu kovů či jiných tuhých látek.

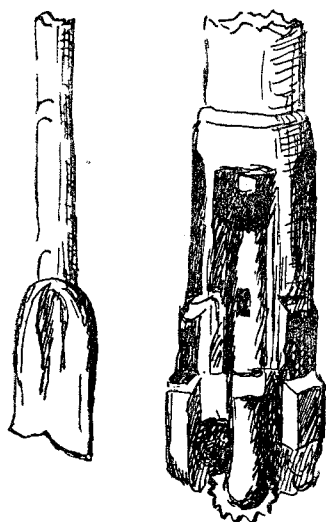
Můžeme z asfaltovité nafty dokonce takřka do omrzení vyrábět mazací oleje za pomoci dvou pomocníků: kovového dna a vzduchu. Necháme-li totiž protékat naftu přes kovový podklad, zachytí se na něm molekuly mazacích olejů asi podobně jako se zachytí atomy zlata z rozemleté kaše horniny, obsahující zlato na rtuti, kterou vylijeme na měděnou desku. Zlato s rtutí vytvoří zlatý amalgam, jež seškrabeme a oddělíme z něho rtuť od zlata destilací. Podobně se nám zachytí na kovu i molekuly mazacích olejů a my je můžeme odškrabat.

Ostatní »nemazací« molekuly odteku podobně jako kal zlaté horniny, zbavený zlata. Lidé jsou však chytráci, hledí dostat mazací oleje i z odtékajícího oleje, nechají jej zkrátka stát na vzduchu a vzdušný kyslík obstará již »slepování« molekul zadarmo.

Kyslík je opravdu jakýsi nebezpečný nepřítel. Nevypadá to tak, jako by kratší uhlovodíkové molekuly se cítily před ním slabé a proto se raději spojovaly, »slepovaly« ve větší celky, které by mu dovedly lépe vzdorovat? Ba, dokonce to vypadá i tak, jako by se molekuly svinovaly do klubíčka jako ježek, chce-li se ubránit útoku z vnějšku. Vskutku z tyčkových molekul vzniknou uzavřené šestiúhelníkové benzenové molekuly.



Parafin a asfalt



Jsou to dvě tuhé látky, ale jaký je mezi nimi rozdíl! Parafin - skvoucí bílá látka, z níž děláme svíčky, a asfalt - černá látka, již užíváme k úpravě silnic a jež má černou barvu od vyloučeného uhlíku. Je mezi nimi rozdíl též ve způsobu, jak vznikly. Ale je zajímavé, že něco je při jejich vzniku společného: útoky kyslíku. Zaútočí-li na tyčkové molekuly uhlovodíkové blízko pod povrchem zemským atomy kyslíkové náhle, vzniknou v naftě další tyčkové molekuly, jež mají v sobě nejméně 15 atomů uhlíkových. Je to tak zvaný parafin, směs tuhých uhlovodíků, která tedy vznikne,

jestliže nafta, prosakující odspodu, octne se najednou ke svému největšímu překvapení před povrchovou vodou, která ji zaplaví bombardováním kyslíkových atomů, jež jsou v ní rozpuštěny. Nebo vznikne přímo zemní vosk, o z o k e r i t.

Jestliže však nafta, obsahující uhlovodíky benzenové a naftenové, se stýká delší dobu s kyslíkem, vznikne asfalt. Celostranný náčrtek (na str. 110) nám vysvětluje, jak nakonec může vzniknout z parafinu či ozokeritu i z asfaltu tuha (grafit), která však může vzniknout v hlubinách Země i — z uhlí.

Jak dnes dobýváme naftu

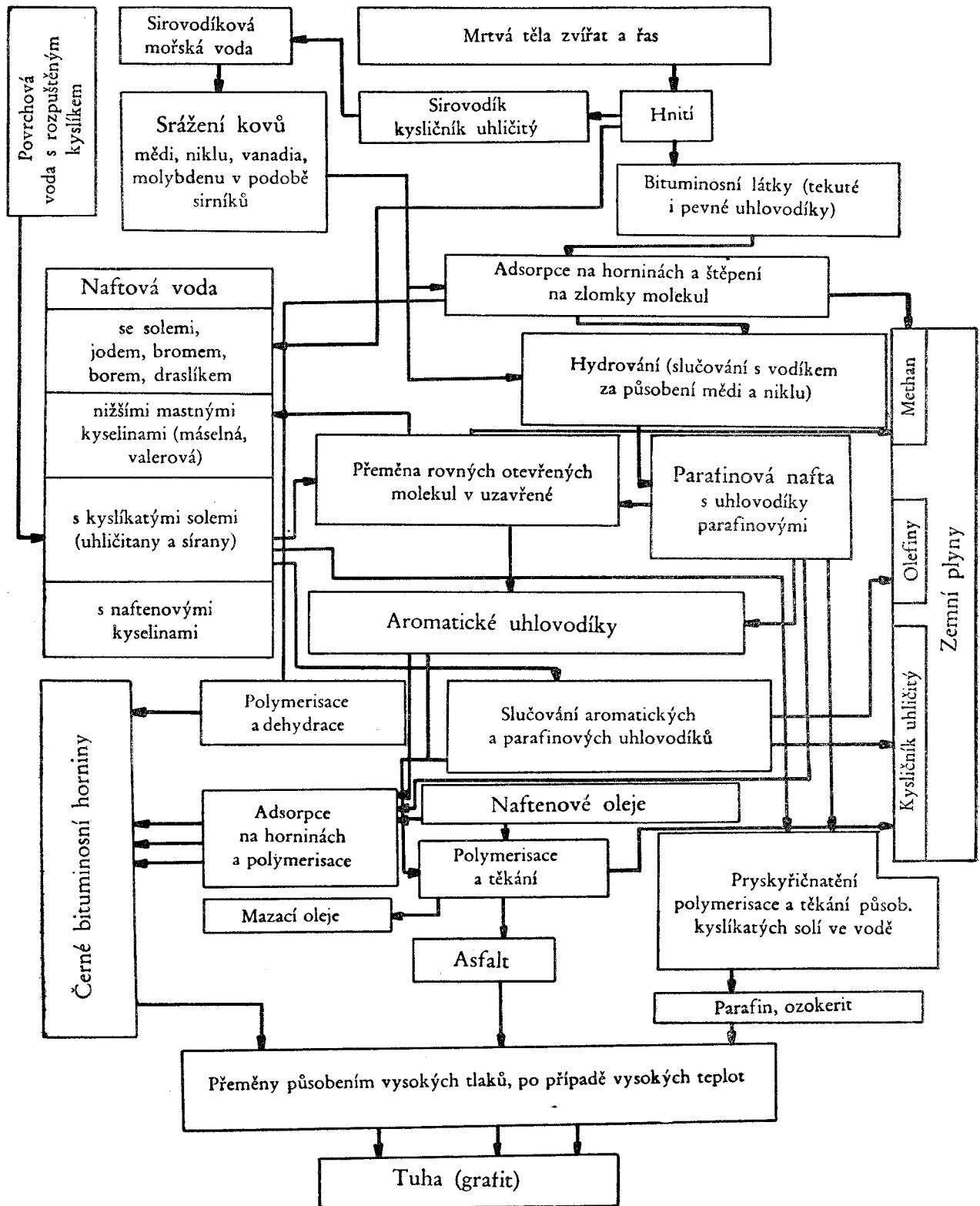
Starý způsob vrtání na naftu záležel v tom, že ocelové dláto, zavěšené na ocelových tyčích, střídavě spouštěli a zvedali, čímž rozbíjeli horninu. Vyvrtaná hornina se vypumpovávala nahoru smíšená s vodou, kterou přiváděli do vrtné díry.

Dnes užíváme moderního vrtacího způsobu, tak zvaného »Rotary«. Užívá se k tomu otáčivého dláta, našroubovaného na ocelové tyče, které jsou rovněž na sebe našroubovány. Tyče jsou duté, aby dutinou mohla dolů stékati voda k vyplachování vyvrtané horniny. Shora jsou tyče a s nimi i dláto uváděny do otáčivého pohybu. Dláto má tvar rybího ocasu.

Protože se dláto během vrtání otupuje a musí se vyměňovat, jsou nad vrtnými děrami přiměřeně vysoké věže, aby se mohla určitá délka sešroubovaných tyčí vytáhnout a nemusila se rozšroubovat. Místo dláta se užívá přístroje, složeného z více ozubených klínů nebo válců, které si vzájemně podávají vyvrtanou horninu. Takovým vrtáním dostali se lidé v honbě za naftou až do hloubky 3897 m (ve vých. Texasu v Sev. Americe).

Aby se stěny vrtné díry neztřítily, vsouváme do nich duté roury, které rovněž do sebe našroubováváme. Narazí-li se při vrtání na vodu, musíme zabránit jejímu smíšení s naftou tím, že spodní konec tyčí spojíme cementem se stěnou nebo nasadíme

Od mořských rostlin a živočichů k tuze.



na konec soutyčí plastickou hlinu a k dalšímu vrtání použijeme dláta o menším průměru.

A jak se dostane nafta nahoru? Nejlepší případ je, když v pórovitých horninách v sousedství vrtné díry je dost plynu. Pak plyn sám obstará spolehlivě výtrysk nafty. Tlak plynu lze zvětšit i vložením úzkých rour do vrtné díry. Jinak nám nezbude než vhnět plyn do vrtné díry a tak donucovat naftu, aby vyšla z útrob Země. Nestací-li ani toto donucovací opatření, nezbude než naftu pumpovati.

Zpracování nafty

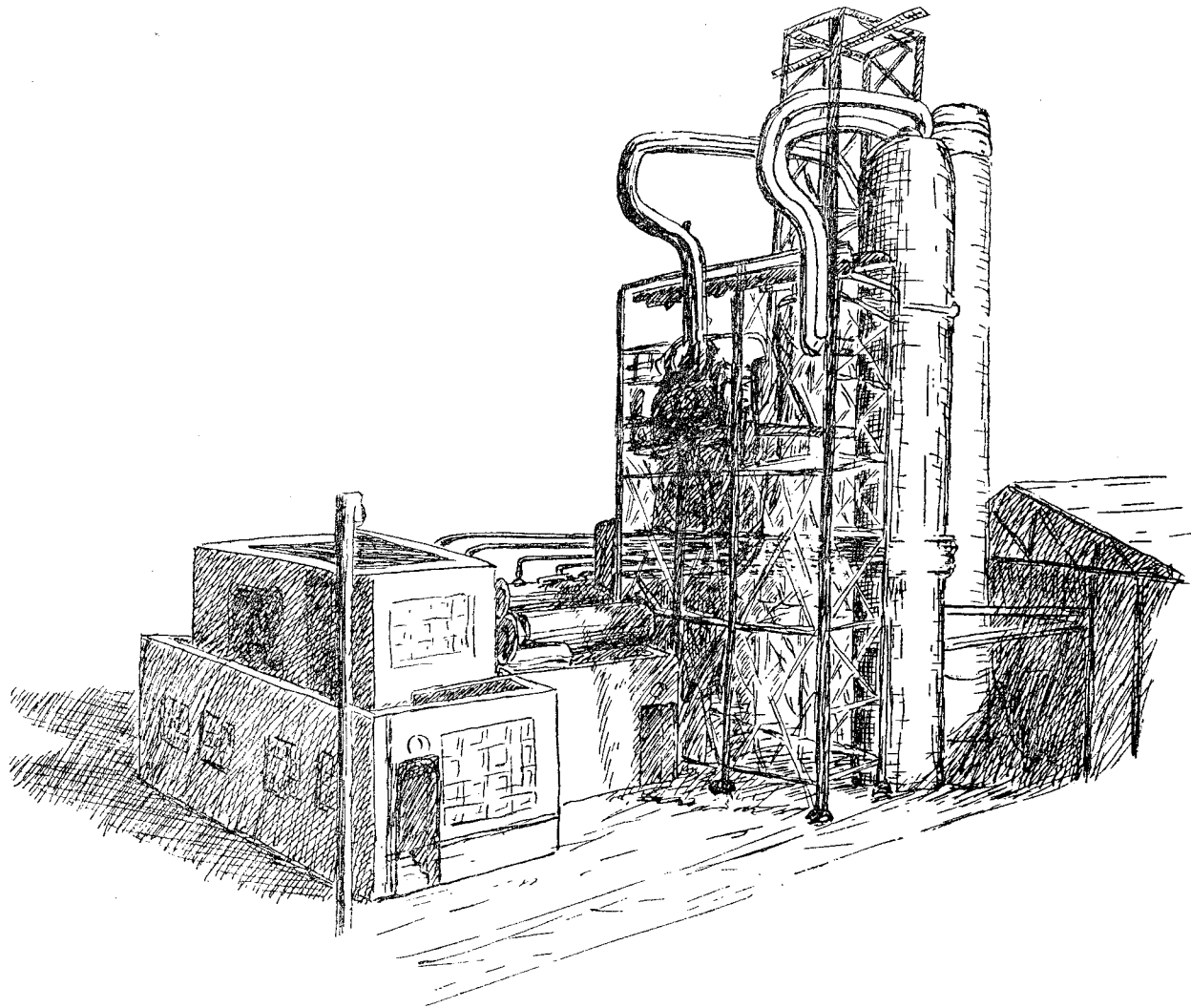
Každá učebnice chemie nám řekne, že nafta (v některých jazycích r o p a) je směs uhlovodíků, t. j. kapalných a tuhých sloučenin uhlíku s vodíkem, ze které přerušovanou destilací dostaneme benzin, petrolej, olej pro Dieselovy motory, mazací oleje, parafin, asphalt, petrolejový koks.

P ř e r u š o v a n o u destilaci měli bychom aspoň u nafty přejmenovat. Do nedávna destilovali naftu tak, že v destilačním kotli zvyšovali postupně teplotu zahřívání nafty nejprve do 150°C a páry, vystupující z kotle až do této teploty, přeměnili v chladiči na kapalný b e n z i n . Pak začali pod kotlem topit víc, teplota stoupla až na 300°C a byl zde p e t r o l e j , opět naftu přehřáli až na 350°C a dostali o l e j pro Dieselovy motory. Ze zbytku chlazením dostali p a r a f i n na svíčky a kapalně oleje, po oddělení parafinu zpracovali novou postupnou destilací na různé druhy m a z a c í c h o l e j ů . V kotli jim zbyl a s f a l t , hodící se ke stavbě vozovek, a po případě petrolejový k o k s , lehká, pórovitá hmota, hodící se k výrobě uhlíkových elektrod.

To byla skutečně přerušovaná destilace. Později byla u nás nahrazena n e p ř e t ř i t o u . Nafta stékala z výše položeného kotle do níže položeného, takových kotlů bylo až 18, určitý jejich počet byl udržován na teplotě odpovídající benzínu, zbytek, který se při té teplotě neproměnil v páry, tekla do kotlů položených níže, pod kterými topili trochu více, aby dostali petrolej, pod dalšími kotly topili ještě více, aby dostali další oleje, zkrátka: to, co se dříve odehrálo v jediném kotli, bylo zda rozděleno na 18 kotlů, ale zato nafta mohla stále přitékat a výrobky z ní stále odtékat.

Moderní destilace

Dnes jsme to zdokonalili ještě více. Zajedťte si do nějaké moderní rafinerie nafty na př. do K o l í n a . Vidíme již z dálky běloskvoucí válcové nádrže na naftu, natřené hliníkovým bronzem, aby odrážely sluneční paprsky a aby se nafta uvnitř nezahřívala. Nádrže jsou vysoké 15 m, v průměru mají 24 m a vejde se do každé 500 vagonů nafty (1 vagon nafty je na 10 až 15 tisíc kg). Samozřejmě, jak ani jinak u velké továrny není možno, uvidíme i řadu komínů, ale hlavní věcí je ona zmodernisovaná destilace. Neuzříme žádné kotle, nýbrž dvě imposantní destilační věže, z nichž jedna je vysoká asi 32 m, druhá je nižší. Vyšší věž je ovinuta točitým schodištěm, na němž za tmy září



do dálky takřka kouzelně spousta žárovek, a z věže vede dost pěkný počet rour s hotovými již kapalnými výrobky z nafty. Jenom nahore se majestátně kolenovitě ohýbá a pak teprve padá dolů tlustá roura, odvádějící z věže jediný ještě nezkapalný výrobek: benzinové páry. Ty zkapalní až v chladiči. Vše ostatní, petrolej i další oleje zkapalní již ve věži.

Věže jsou kovové, aby mohly snadno zvětšovat svůj objem, protože uvnitř je tepla až až. Také kolenovitý tvar nejhořejší roury, určené pro benzin, je tak sestrojen úmyslně: aby roura zahřívána zevnitř se mohla pružně ohýbat.

Tepelné rozbití nafty

Již v tom je cosi nového a což teprve když vám řeknu, že nejnovější je to, že kapalinu určenou k destilaci — naftu — nevedeme do věže — jako dříve do kotlů — horem, nýbrž odspodu. Jak to? tážete se udiveně. Jaký to má smysl vést kapalinu k de-

stilaci odspodu a ne shora, jak to na př. děláme u surového lihu? V tom je právě to zmodernisování, že do věže má dovolený vstup jen skupenství p l y n n é . My tam totiž vedeme naftu proměněnou již v páru. Odolává jen asphalt, který tam vstupuje jako kapalina.

Věž je rozdělena na velký počet p a t e r (etáží), v nichž jsou přepadní trubky z jednoho patra do druhého i otvory, jimiž by páry zespoda mohly procházet klidně až do nejvyššího patra. V jednotlivých patrech kapalní postupně od shora dolů oleje o stále vyšší specifické váze a ony roury kolem věže, o nichž jsem se zmínil, tyto oleje odvádějí k dalšímu zpracování.

Ale jak toho docílí, že nafta může jít do věže zdola a ne shora, jak jsme čekali? ptáte se znova a nedočkavě. Zde je právě největší modernisace. Z běloskvoucích nádrží, o nichž jsem se zmínil, čerpá se nafta do pecí, kde u stropu jsou umístěny tenké trubky. Těmi nafta rychle protéká a pod těmi topíme naftou ve zvláštních hořácích. Docílujeme teploty 422—424° C. Jen zlomek vteřiny je nafta na své cestě trubkami ve styku s tímto žářem, ale ta chvilka stačí k tomu, aby se všechna přeměnila v páry, jež jdou do destilační věže. A co se tam děje, to jsem vám již popsal.

Nafta a uhlí

Tyhle věci leží v hlavě mnoha lidem, jenže vy si myslíte, že mám dnes na mysli jejich peněžní zájem o obě věci. Chyba lávky, chci vám něco povědět o zájmu, jaký o ně má čistě nevýdělečná idealistická chemie. Žádné peníze, jen uvažování o tom, jak vlastně vzniklo uhlí a jak vlastně vznikla nafta.

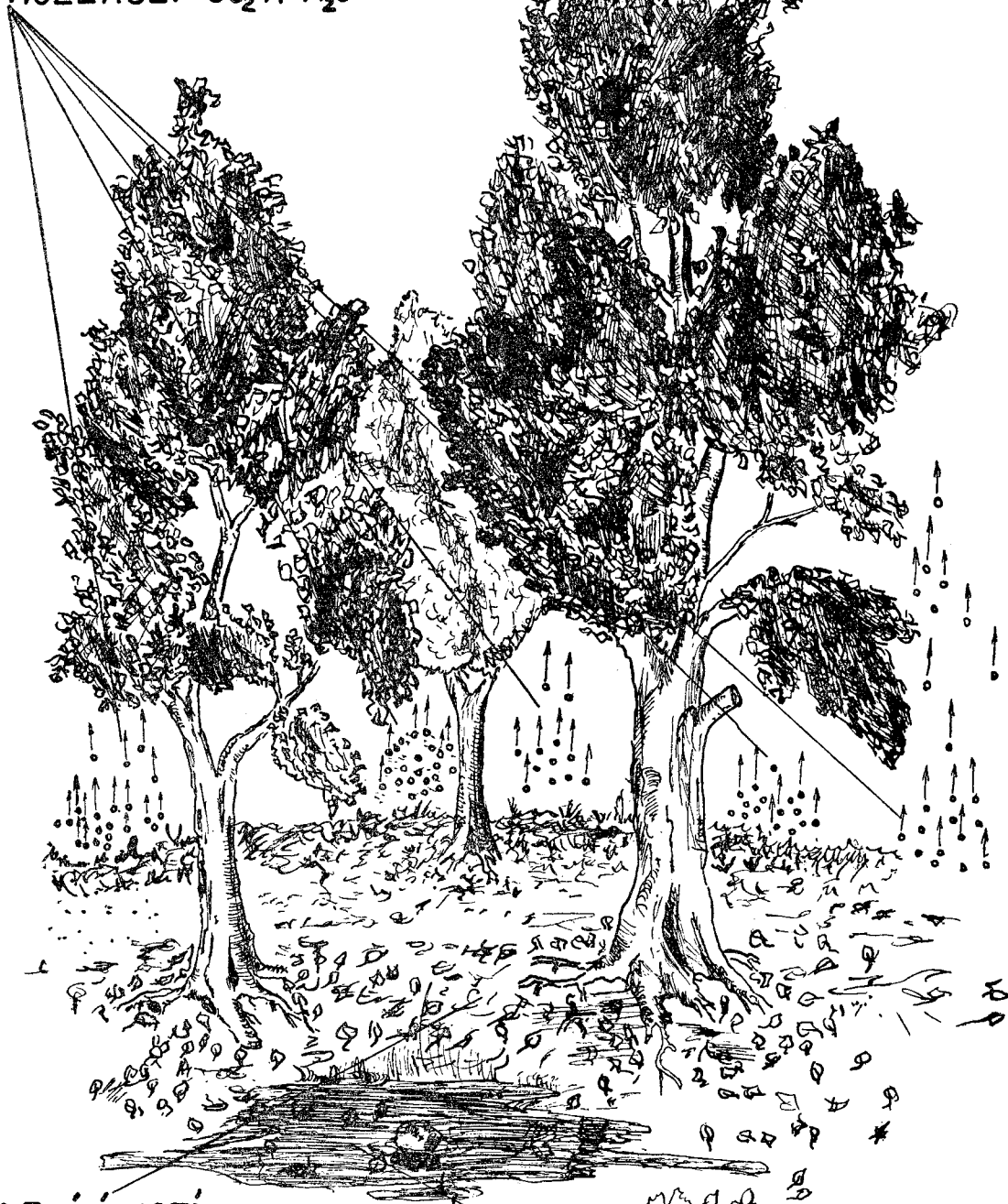
Vycházka do lesa

Co byste tomu řekli, kdybych vám chtěl vyložit, jak uhlí vzniklo, takhle na procházce v lese? Nejlépe by se nám k tomu hodil takhle podzim, kdybychom se takřka brodili spadlým listím a spadlými větvemi. Ale možu vám ten výklad podat i v lese, v němž je všude kolem nás plno zeleně.

Neboť třebaže je kolem nás zelený život, pod nohama je stálé šedé či hnědé umírání: rozklad spadlého listí a větví i kořínků v zemi. Tento rozklad obstarává starý známý — kyslík, který se sloučí s uhlíkem z listí na plynný kysličník uhličitý (vzoreček CO₂) a s vodíkem na vodu (vzoreček H₂O). Je to zase podobné tlení, s jakým jsme se setkali již v moři.

Ale na některé látky je i kyslík slabý. Jak rychle se mu podaří rozložit takřka bezbranné látky, jako bílkoviny a listovou zeleň čili chlorofyl, tak se ukáže jeho slabost proti rostlinným »pevnostem« na př. proti tuhé listové pokožce, proti dřevu, proti pryskyřicím i proti vosku v listech i ve dřevě. Věřte, že těchto pevností je v rostlinách až dost.

MOLEKULY CO_2 A H_2O



TLEJÍCI LISTÍ

VZNIK RAŠELINY

Jak se kyslík stane nakonec bezmocným

Tedy na tyhle rostlinné »pevnosti« kyslík rozhodně nestačí. Ty zkrátka a dobře odolávají jeho útokům, protože v nich atomy uhlíku i vodíku tvoří molekuly tak složité a zamotané, že se kyslík dobře k jednotlivým atomům ani nedostane, aby je mohl »odtrhnout«.

A teď nastane něco, co bychom mohli nazvatí tragedií kyslíku. Kyslík se totiž nakonec vůči rostlinným »pevnostem« stane úplně bezmocným. Začne na nich růst mech i jiné rostliny, se stromů na ně padají nové listy a nové větvičky a milé pevnosti se octnou pěkně »za větrem«. Po vojensku bychom řekli, že se dostanou do druhé linie, v níž není již zdaleka takové nebezpečí útoků jako v první linii.

Řekli byste, že přece trochu kyslíku zůstane v mezerách mezi pevnostmi. Máte pravdu, ale ten se brzy vypotřebuje, něco se mu podaří rozložit, ale pak jsou rostlinné pevnosti již doopravdy »za dokonalým větrem«, a nepotřebují se kyslíku bát. Vznikne z nich tak zvaný s u r o v ý h u m u s . A to je opravdu důležitá látka, protože to je vlastně začátek uhlí.

Nejlepší ochranou proti útokům je voda

Ve středověku mívali kolem hradů příkopy a napouštěli je vodou, aby v případě útoku měli útočníci co nejtěžší přístup k hradbám. V nové době slyšíme, že státy v případě války, mají-li dost vody, chtějí své území ochránit před nepřítelem tak, že část území zaplaví vodou.

Je to zajímavé, že stejnou taktiku volí vůči kyslíku příroda, chce-li vytvořit z humusu rašelinu nebo dokonce uhlí. I ten kyslík vlastně patří k přírodě, ale není divu, bojuje-li druhá část přírody, rašelina a uhlí, proti němu. Bohužel život vůbec není vlastně ničím jiným než vzájemným bojem a pod společným mateřským a ochranným pláštěm přírody je boje až dost.

Přirozeně jako si zaplavení území vodou mohou dovolit jen státy, které mají dost vody, tak si příroda při výrobě rašeliny a uhlí může dovolit vodní ochranu proti kyslíku — nepříteli — jen tam, kde má po ruce dost vody, a to je v močálech.

Tam se zaplní mezery mezi tlejícími spadlými listy a větvičkami vodou a kyslíku nezbyvá než bezmocně poletovat nad vodou. A víte, že v leckterém uhlí najdete drobnohledem ještě zbytky takových rostlinných pevností? Na některých obrázcích výbrusů uhlí v článku o rozhovoru mineralogie s chemií o vzniku uhlí najdete kulaté tvary, znazornující květný prach z pravěkých květů.

Vznikla nafta z uhlí?

Opravdu bylo a snad je dosud dost lidí, kteří tak soudí. Uhlí vzniklo buď za sucha ze surového humusu či za mokra z humusu zaplaveného močálovou vodou, z něhož nejdříve vznikla rašelina. Někteří myslí, že se později působením velkého tlaku ve velkých hloubkách přeměnilo v naftu čili že jaksí zkapalnilo.

Je to vyloučeno již z chemických důvodů: v uhlí nenajdete ani stopy po sloučeninách, jež vznikly přeměnou chlorofylu, kdežto v naftě tyto látky najdete. Zato

najdete v uhlí zbytky po krevním barvivu hemoglobinu, ale najdete je i v naftě. Dvě otázky: 1. není tedy přece nějaká spojitost mezi vznikem nafty a uhlí? 2. jak se tam ten hemoglobin — lépe řečeno trosky z něho — dostal?

Tedy: 1. Ty trosky hemoglobinu nedokazují nic. Musíme tvrdošijně opakovat svou: »V uhlí scházejí trosky chlorofylu«. A to je nejpádňjším důkazem, že nafta vznikla někde, kde k ní vzdušný kyslík neměl vůbec přístup. Vznikla z kalu, usazeného na mořském dně v těch částech moře, kde voda ležela mrtvě. Tam se kyslík zkrátka nedostal a nemohl proto chlorofyl úplně zničit.

2. A což ty trosky hemoglobinu? V uhlí vznikly z krve larv a červů, kteří dokázali žít v močálové vodě, chudé na kyslík. A v naftě vznikly ze živočichů, kteří se za svého života honili vesele po hladině mezi bujícím rostlinným planktonem a pak po jeho i vlastním odumření dostali se do kalu na dně moře.

Uveďme si ještě jiný z řady chemických důvodů proti spojitosti nafty s uhlím. Uhlí ztratilo při svém vzniku působením stálých útoků kyslíku mnoho vodíku, zatím co kyslíku v něm zůstalo dost mnoho. A co vidíme u nafty? Neřekli jsme, že je to směs uhlovodíků? Neznamená to, že tedy v ní vodíku zůstalo mnoho, čili jinými slovy, že nafta vznikla tam, kde jí kyslík nemohl vodík odebrat? Neboť zbavit nějakou látku v p r í r o d ě vodíku dokáže jen kyslík.

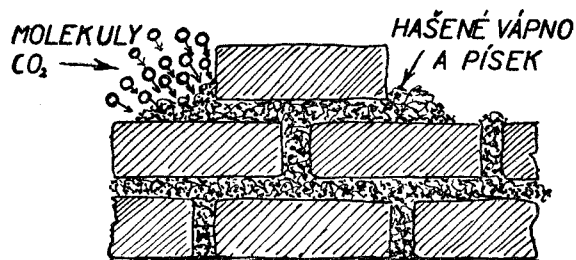
Starý známý: sapropel, nová neznámá: gyttja

I když se spokojíme závěrem, že nafta vznikla rozkladem kalu v bezkyslíkové nehybné vodě na mořském dně, přece nám nedá cit pro spravedlnost a úplnost zamlčet, že na dně moří a jezer mohou vznikat různé kaly a že z nich nakonec přece nevznikne nafta.

Jako to máte na příklad s tou g y t t j o u . Co to vlastně g y t t j a je? Je to švédské slovo, které znamená jakýsi kompromisní, smíšený kal. Kal, složený ze dvou vrstev, z horní, jež vznikla ve vodě, kde bylo ještě dost kyslíku, takže tam mohli žít i živočiši, živící se kalem, a ze spodní vrstvy, do které se již kyslík takřka nedostal. Spodní vrstva vznikla tedy již v bezkyslíkové vodě, ale že s počátku i na ni působil kyslík, je vidět z toho, že v ní je málo dusíku.

Člověk musí zde být jako detektiv a pátrat po v š e m, co se ztratilo, nejen si všimnout pouze toho, že se ztratil jen uhlík a vodík.

Vidíte, a právě to zmenšení množství — když ne již úplná ztráta — dusíku je pro nás důkazem, že výroby gyttje se zúčastnil také kyslík, který jí »pomohl« od tro-



chy dusíku, odstraniv jej v podobě jeho kysličníků. Tím způsobil, že právě menším množstvím dusíku se liší gyttja od nafty.

Gyttja a uhlí

Gyttja je opravdu něčím kompromisním, něčím, co stojí uprostřed. Není to jen směs kalu, v němž působil kyslík, s kalem, k němuž se již takřka nedostal, gyttja je též látkou, která se podobá rašelině a uhlí tím, že v ní jsou zachovány »rostlinné pevnosti« (tuky atd.), kdežto v naftě není zachována vlastně žádná rostlinná pevnost.

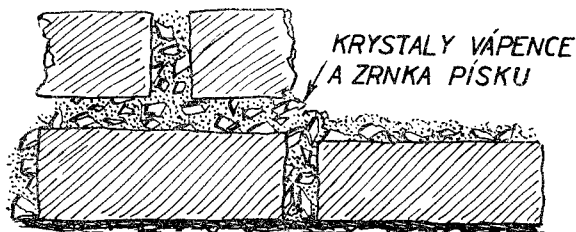
Ale i gyttja dokáže mnoho a je to velmi poučné s chemického hlediska, abychom pochopili, jak nedobytné jsou rostlinné »pevnosti« srovnáme-li je s pevnostmi anorganickými, neústrojnými. Neboť představte si, že zatím co rostlinné, organické pevnosti vydrží, nevydrží v gyttje vápencová kostra živočichů, živících se kalem. Při kyslíkovém rozkladu kalu vzniknou totiž organické - ústrojné - kyseliny a ty rozpustí dokonale ať již vápencové kostry či skořápky živočichů žijících z kalu.

Snad s tímto vítězstvím ústrojných látek nad neústrojnými souvisí i skutečnost, že někdy může ústrojná látka zachránit vápenec před rozpuštěním. Po stránce chemické není to maličkost. Představte si na příklad, že takový vápenec vytváří pevnost našich staveb. Spojujete cihly stavitelským »lepidlem«, t. j. maltou, složenou z hašeného vápna a písku. Molekuly kysličníku uhličitého CO_2 , jehož bývá ve vzduchu vřdycky poměrně dosti, sloučí se s hašeným vápnem — hydroxydem vápenatým — a vytvoří s ním docela pěkné klence uhličitánu vápenatého čili vápence. Skoro bychom mohli říci, že nám mezi cihlami či kameny našich domů vzniká čistě vápencová hornina, která již něco snese.

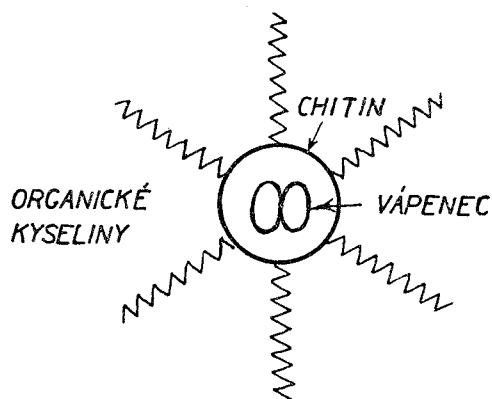
Spojené síly vyhrávají

V gyttji nesnese taková vápencová hornina sama, ať již tvoří kostru či skořápku živočichů, útoku organického světa, organických kyselin. (Abychom nezapomněli: jistě znáte z praktického života aspoň některé organické kyseliny, na příklad kyselinu mravenčí, octovou, citronovou atd.) Ale stačí, aby se tato vápencová »pevnost«, která je nedobytná na vzduchu, ale slabá v takové gyttji, spojila s některou příslušnicí organického světa, která sama by se také rozpadla.

A skutečně: útoky molekul organických kyselin, jež na obrázku znázorňujeme jako nějaké klikaté blesky — odrazí se od skořápek, vytvořených ze sloučenin vápenatých a rohovitých či chitinových jako opačně nabité náboje. Připomeňme si zde, co si



máme představit pod rohovinou, s jakou se setkáváme nejen v rozích a dobytčích paznehtech či lidských nehtech a vlasech. Je to bílkovina, to jest organická sloučenina, v níž je dost dusíku. Již jsme četli, že bílkoviny nepatří k žádným »pevnostem« a že se snadno kyslíkem rozkládají.



obalí-li s ním tělo nějakého živočicha, vznikne »pevnost«, která se udrží a nerozpadne.

Můžeme říci, že oba spojenci si prokazují službu vzájemně podle přísloví, že »ruka ruku myje«. Ve výše položených vrstvách v jezerech, kde se gyttja usazuje, je větší nebezpečí útoku kyslíku, zde chrání vápník rohovinu a chitin. V nižších polohách pak je zase vápník chráněn před útoky organických kyselin rohovinou a chitinem. Opravdu: spojené síly dokáží mnoho.

Mrtvolný vosk v gyttji

V gyttji se děje ještě jiný zajímavý chemický pochod, který se podobá vzniku mrtvolného vosku z tlustých lidí či z tučných úhořů. Skutečně nalézáme i v gyttji podobný mrtvolný vosk a musíme v tom vidět důkaz, že vznikl podobně jako u mrtvých lidí či úhořů: z tučných živočichů, kteří zapadli po své smrti do gyttjového kalu.

Takový mrtvolný vosk vzniká dost složitým pochodem. Je potřeba velmi hluboké změny k tomu, aby původní tuk, jenž je sloučeninou vyšších organických kyselin (nazýváme je mastnými, na př. kyselina palmitová a stearová v loji) s glycerinem, se rozpadl na volné kyseliny. Směs takových volných kyselin z loje — palmitové a stearové — je stearin, z něhož vyrábíme svíčky. Také mrtvolný vosk je směsí podobných kyselin.

Ale nalézáme v něm i mýdla, jako by v těch hlubinách, kde se usazuje gyttja, byla nějaká mydlárna. Na výrobě těchto mýdel se zúčastňuje vápenec z koster a skořápek živočichů a čpavek (amoniak) vzniklý rozkladem bílkovin. Výsledek této »mydlářské práce« v hlubinách vod je vznik vápenatých a amonných solí mastných kyselin, a to jsou právě mýdla, jež jsou kovovými solemi mastných kyselin.

Je zajímavé, jak tento mrtvolný tuk dovede uchránit před zničením i bílkovinu, která v něm takřka zkamení. Aspoň v mrtvolném vosku gyttjovém byly nalezeny i dosti zachovalé zbytky svalů. A co jsou svaly jiného než bílkovina? Skoro nám toto uchování svalstva, obaleného ochrannou vrstvou mrtvolného vosku, připomíná ochranu zámořského ovoce před hnitím, ponořením do jiné, naftové mastnoty: do roztaveného parafinu.

V sapropelu, vyloženě hnilobném kalu na dně moří, z něhož vzniká nafta, mrtvolný

vosk nenajdete, nenajdete tam ani vápencovou pevnost — všechny vápenec je rozpuštěn —, nenajdete tam ani stopy po nějakém zbytku ze svalů. Bakterie si v sapropelu důkladně zařídily: rozleptaly vše a zničily i původní tvary rostlin či živočichů, kteří vytvořili sapropel. Vznikla zkrátka beztvářá kapalná směs: nafta.

Z gyttyje naopak vzniká uhlí, po případě, jestliže se na ní usadily průběhem věků naplaveniny a gyttyja do nich nasákla, vzniká i olejová břidlice, z níž destilací lze dostat olej podobný naftě.

Tuhé bohatství Země - uhlí

Povězme si teď něco bližšího o uhlí. Vzniklo z pravěkých rostlin, hlavně z obrovských přesliček, palem atd., ale vzniklo též, jak již víme, z vodních mikroorganismů a živočichů. Vidíme důkaz toho v střídání lesklých a mdlých pruhů v uhlí. Lesklé pruhy vznikly ze dřeva, mdlé z oněch mikroorganismů. Často čtete v knihách o složení uhlí. Obyčejně se uvádí jen, kolik je v něm uhlíku. Tak antracit má 90—95% uhlíku, kamenné uhlí 80%, hnědé 70%, lignit 60%, rašelina 50%. Ale nemyslete si, že tento uhlík je v uhlí přítomen v jakési prvkové podobě, jako na př. v sazích, jež jsou skutečně pouze uhlíkem. Nikoliv, uhlík je v uhlí v podobě vázané, ve sloučeninách, a to velmi složitých. Dalo to práce, než uhlí ze dřeva či z živočišstva vzniklo. A vlastně vzniká stále. Jestliže se touláte na př. po rašelinových končinách na Českomoravské vysočině, jste svědky stálého tvoření uhlí. Rašelinění jest jedním ze stupňů vedoucích ke vzniku uhlí.

Jak se rostliny prozrazují v uhlí

Pokud uhlí vzniklo z rostlin, musíme si uvědomiti, že dřevo se skládá ze čtyř hlavních součástí: 1. z celulosy (buničiny), jež je uhlohydrátem, t. j. sloučeninou uhlíku s vodíkem a kyslíkem, a je podstatou bavlny a papíru, 2. z ligninu, jenž je látkou, ve které převládají sloučeniny s řetězem uzavřeným (s enzenovým jádrem, pravidelným šestiúhelníkem) a která se ve dřevě jeví jako t. zv. inkrustační látky, dávající dřevu tvrdost, 3. z tuků, pryskyřic a vosků, 4. z bílkovin. Je dost lidí, kteří soudí, že všechny tyto složky něco lidem daly: že z celulosy vznikla nafta, z ligninu uhlí, z vosků a pryskyřic t. zv. bitumen, jenž se skládá z pevných uhlovodíků, částečně oxidovaných, a samostatně přichází v asfaltu. Víme ovšem, že vznik nafty si musíme vykládat zcela jinak. Bílkovinám přičítáme za zásluhu, že každé uhlí má z nich trochu dusíku, nejvýš tak 2% (bílkoviny jsou, jak již víme dusíkaté sloučeniny). Tento dusík pak přijde při suché destilaci*) uhlí v plynárnách či koksárnách v podobě čpavku do čpavkové vody. Z některých stromů zbyla pryskyřice jako jantar, z nejstaršího uhlí pak na některých místech vznikla tuha. Běžným názorem je, že antracit je nejstarší uhlí, po něm že je nejstarší kamenné uhlí, pak hnědé atd. Ale je i theorie, která vlastně pokládá kamenné a hnědé uhlí za stejně staré a přičítá vznik toho či onoho druhu uhlí vlivu horninové pokrývky, pod níž se dřevo octlo. Mac Keneie Taylor konal řadu zkoušek na ložiskách rašeliny v deltě Nilu a zjistil, že tam, kde na raše-

*) Suchá destilace je pálení nějaké látky za nepřístupu vzduchu.

linu přijdou horniny obsahující křemičitany vápenatohlinité, vznikne uhlí hnědé, a tam, kde na ni přijdou křemičitany sodnohlinité, vznikne uhlí kamenné. U našeho uhlí v Čechách a na Moravě rozeznáváme také dvojí různý vznik, ovšem zase jiného druhu. České uhelné pánve vznikly patrně z rostlinstva u sladkovodních jezer a močálů, kdežto kamenné uhlí z moravsko-ostravské pánve vzniklo ze stromoví na pobřeží bývalého moře.

Pryskyřice vyhrávají

Dovedete si představit, že přeměna původního dřeva na uhlí trvala dlouho. Můžeme mluvit o několika obdobích. Nejprve k odumřelým stromům měl vzduch ještě přístup. Dřevo začalo práchnivěti, t. j. pomalu se okysličovati. Z uhlíku se tvořil kyslíčnický uhličitý, z vodíku vodní pára, z dusíku kysličníky dusíku atd., zkrátka samé kysličníky. Dřevo se při tom samozřejmě rozpadlo a jeho rozbíjení na tyto sloučeniny se zúčastnily hodně živě i různé bakterie. Jen některé pryskyřice odolaly tomuto útoku kyslíku a bakterií. Z této doby prvního rozpadu dřeva a vítězného vzdoru pryskyřic pochází jantar a kopál.

Tichá voda někdy nemele břehy, ale dělá uhlí

Zpráchnivělé dřevo překáželo jedno druhému, kyslík neměl již k hlubším vrstvám přístup. Zvláště se všetečný a neodbytný kyslík nemohl dostat ke dřevu tam, kde dřevo odumíralo ve stojaté, klidné vodě. Vzpomeňte si zase na naše rašeliniště ať na Českomoravské vysočině či jinde. Tam si nemůžete stěžovati na neklid vody, vzbudíte tam neklid leda sami, pohybujete-li se tam jako turisté. Pak jste okamžitě trestáni přírodou, předešavší rašeliništím klid: voda vám nateče pořádně do bot. V takové tiché vodě se daří dobře trouchnivění. Při něm rozklad dřeva postupuje dále, jenže nevznikají již plynné kysličníky, nýbrž nastávají hlubší chemické změny v molekulách sloučenin obsažených v uhlí, vznikají hnědé nebo černé humusové látky, které nacházíme i v orné půdě, v pramenité vodě a ovšem i v uhlí a v rašelině. Mluvili jsme o nich již v článku »Nafta a uhlí«. Zahradníci a rolníci je mají rádi, protože ony pohlcují ze vzduchu vodu a čpavek, z půdy pak různé soli, takže jsou dobrými hnojivými zásobárnami pro rostliny. V podstatě jsou to stále sloučeniny uhlíku, kyslíku a vodíku, takže jejich vznik si můžeme vysvětliti jen přemísťováním atomů v molekulách. Konečně z humusových látek vzniká humusové uhlí. Všechny uvedené chemické pochody mají vlastně jediný cíl: kyslík, vodík, dusík, síra, jsou z molekul vyháněny a pole ovládá pán se širokými lokty — uhlík —, jehož procentový obsah v uhlí stále vzrůstá. Je to tedy vše vlastně rozpínavost uhlíku, jehož je v uhlí pak 65—95⁰/₀, kyslíku v něm může být 30 až jen 3⁰/₀, vodíku 0,5 až 2⁰/₀. Vidíte tedy, že uhlík má opravdu široké lokty a dovede se dobře zbavit druhých prvků.

Nešťastný uhlík

Uhlík je sice pán se širokými lokty, ale nešťastný každý prvek, o kterém se dozví člověk. Ten se již postará, jak jej zapřáhnout do svých služeb. Tak jsme tedy zapřáhli do svého vozu techniky, taženého spřežením nesmírného počtu látek, s nimiž děláme

divy, i uhlík v uhlí. Topíme jím. Příroda nebývá vysmívána: uhlík jiné prvky vyhnal, a dostal se pod moc ještě vykutálenějšího tyрана-člověka. A ten jej zase nutí k slučování s nenáviděným kyslíkem: uhlí musí hořeti a uhlík jde zase do vzduchu jako kysličník uhličitý.

Jenže lidé vymysleli stroje, k jejichž pohonu se hodí lépe paliva kapalná. Buď ty kapaliny jemně rozprašuje a jemné krupičky, smíšené se vzduchem, zapalují elektrickou jiskrou ve válcích výbušných motorů nebo je vstříkují do válců Diesellových spalovacích motorů, kde před tím ohřáli vzduch stlačením až přes 30 atmosfér na 550—700° C, takže při té teplotě se vstříkované palivo samo klidně zapálí. Takových kapalných paliv potřebujeme stále více, protože ty stroje, pro něž bychom je potřebovali, rostou jako houby po dešti. Tak co teď? Theoreticky bychom mohli použít jako takových paliv i samotného lihu či benzenu (benzolu) a podobných kapalných paliv. Ale když ten nešťastný benzin se hodí nejlépe aspoň do výbušných motorů a do Diesellových zase potřebujeme spíše hustších kapalin, než je líh či benzin. A benzin a hustší oleje vyrábíme z nafty a té je někde, jako na příklad u nás, povážlivě málo.

Uhlíkové řetězy a šestiúhelníky

To by byli lidé málo vykutálení, kdyby si nevzpomněli na zotročeného pána se širokými lokty, na uhlík v uhlí. Proč bychom nemohli vyrábět benzin a topné oleje z uhlí? A nápady přibývají jeden za druhým. Vtipný je nápad chemické továrny v Ústí nad Labem, která odvádí z retort, v nichž pálí uhlí za nepřístupu vzduchu, vzniklé plyny, dokud je v retortách nižší teplota, a z nich dělá benzin a benzen. Je to ovšem způsob podobný německému. V Německu odvádějí rovněž plyny na začátku práce v plynárenských retortách,*) dokud jsou plyny ještě složeny z molekul nasycených uhlovodíků. Tyto molekuly mají podobu skutečného řetězu, kratšího či delšího podle toho, kolik atomů uhlíku mají. Jakmile teplota v retortách dosáhne obvyklé výše asi 1300° C, začnou se ty dlouhé řetězové molekuly jaksi svíjet a kroutit jako hadi, konce řetězů se spojí a my dostáváme uhlovodíky aromatické s molekulami, složenými z uzavřených šestiúhelníků buď jednotlivých, či ze dvou až tří šestiúhelníků spojených dohromady. Jenže i tyhle řetězové molekuly z nižších teplot jsou na benzin ještě dlouhé. Benzin je s p o l e k molekul, jež mají v sobě 5 až nejvýš 10 atomů uhlíkových. Nepřijímá za členy nikoho, kdo má uhlíkových atomů více či méně. Je to, jak vidíme, exklusivní, výlučný klub. Aby Němci měli jistotu, že řetězy nebudou těch atomů mít víc, vedou plyny do rour ohřátých na 400—475° C nebo do destilačních komor vysokých až 12 m a širokých 3 m pod tlakem 10—18 atmosfér a pěkně donutí ty řetězy, které mají třeba 20 atomů uhlíkových, aby se rozlomily aspoň na dva kratší řetězy o 10 atomech uhlíkových. Říkáme tomu k r a k o v á n í.***) Krakování užíváme však nejen při výrobě benzínu z uhlí, nýbrž i při zpracování některých naft. Některé nafty, jako na př. slovenská gbelská, jsou poměrně tak těžké, že v nich benzin prostě není. (Gbelská nafta na Slovensku má hustotu 0,914 až 0,937, kdežto benzin má hustotu 0,680 — 0,780).

*) Retorty jsou pece z ohnivzdorného materiálu, sloužící k pálení za vysokých teplot.

**) Krakování je slovo, odvozené od anglického c r a c k = praskati, lámati.

Chceme-li tedy z takových naft dostat benzin, musíme krakovat. Třetina celé světové výroby benzínu se vyrábí krakováním a to má za následek, že se benzin stal levnějším.

Uhlík dělá drahoty

Tedy zde již máte první náznak cesty, jak docílit, aby se uhlí přeměnilo z tuhé látky v kapalinu čili aby teklo. Čím více poteče, čím více benzínu z něho vyrobíme, tím více budeme upevňovat i světový mír, protože spory o naftová ložiska vyvolaly ne-li války, tedy aspoň četné mezinárodní zápletky. Složitější cesta k tomu, aby uhlí teklo, je ta, že vnutíme uhlíku v uhlí vodík. Nazveme to *h y d r o v á n í m* či *h y d r o g e n i s a c í*.*) Při tom dostaneme do benzínu spíše nasycené uhlovodíky, v jejichž molekule budou všechna mocenství čili nároky pána se širokými lokty, uhlíku, dokonale vyplněny. Při krakování vzniká totiž dost nenasyčených uhlovodíků, v jejichž



Betonové komory pro vysokotlakové pece
na zkapalňování uhlí



Stojatá roura, v níž se uhlí zkapalňuje
za přítomnosti katalysátoru; po stranách jsou
vysokotlakové komory pro roury

*) Hydrogenisace je vpravování vodíku do sloučenin (hydrogenium = vodík).

molekule by atomy uhlíku ještě zcela ochotně přijaly nějaký ten atom vodíku do svých služeb.

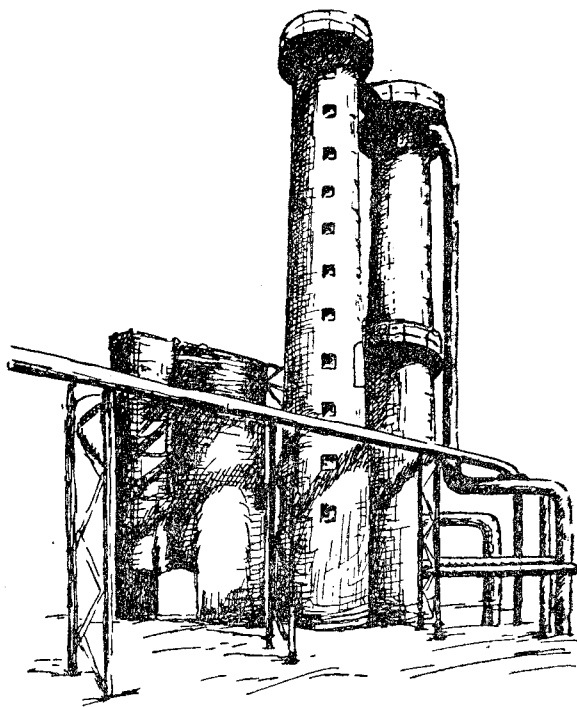
Benzin s takovými uhlovodíky není již něčím nedotknutelným a vznešeným; jeho molekuly se spojují později zase v delší řetězy, v delší molekuly (říkáme tomu *polymerisace*), podléhají také útokům kyslíku a mění se v pryskyřičnaté látky, jimiž se barví žlutě.

Skoro bychom řekli, že se uhlík takto mstí, že nedostal vše, co chce. A vidíte: přes to, že na vodík takřka čeká, musíme jej příliš nutiti velmi pořádným tlakem, aby vodík přijal. Uhlí mísíme po rozmělnění s oleji, jež při hydrování získáváme, na pastu, kterou v rouře dlouhé 18 m, o průměru 0,8 m a o stěnách silných 13 cm vystavíme tlaku 200 atmosfér při teplotě 500° C. Přitom vháníme do roury vodík buď samotný nebo v podobě vodního plynu (směs vodíku a kysličníku uhelnatého) nebo i v podobě plynných sloučenin vodíku, na př. čpavku či methanu. Aby si uhlík v uhlí — připomeňme si znovu, že tam není sám, nýbrž v podobě svých sloučenin s vodíkem, ovšem nenasycených, — dal spíše říci a náš vodík milostivě přijal, přidáváme při přípravě pasty látky urychlující reakci (katalysátory): železo, kobalt, kysličníky chromu, molybdenu, wolframu, karbidy a siřníky kovové.

Nakonec si uhlík dá říci a z roury unikají páry uhlovodíků, jež vedeme do chladiče, a dostaneme zkapalněný olej, z něž opětnou destilací dostaneme benzin a topné oleje. Ale dostaneme tak i aromatické uhlovodíky se šestiúhelníky v molekule, z nichž lze vyráběti barviva, výbušiny atd.

Výroba benzínu ze zplyněného uhlí

Máme ještě jinou, odvážnější cestu k výrobě benzínu z uhlí. Zkrátka tu, že je dříve proměníme v plyn. Ale pozor, nemám zde na mysli jeho zplynění v plynárnách na svítiplyn, nýbrž jeho zplynění za pomoci vodní páry. Vedeme-li vodní páru do žhavého uhlí, rozkládají se molekuly vody na vodík a kyslík. Vodík zůstane osamělý, kdežto kyslík se sloučí s uhlíkem v uhlí — jinými slovy, pomáhá mu shořet — a vytvoří s ním kysličník uhelnatý CO. A vidíte: tuto směs dvou plynů — vodíku a kysličníku uhelnatého — nazýváme *vodním plynem*, z něhož také vyrábíme benzin.



Dvě věže, v nichž z vodního plynu vzniká benzin

Výhodou této výroby je její láce. Při hydrování musíme užiti vysokého tlaku a přístroje jsou podle toho drahé, aby totiž ten vysoký tlak snesly; při výrobě benzínu z vodního plynu pracujeme za obyčejného tlaku. Ale na druhé straně je benzin, vyrobený hydrováním, lepší.

Z vodního plynu vyrábíme benzin ve dvou věžích, jimiž vodní plyn vedeme přes katalysátor (kobalt, nikl nebo železo) při teplotě 180—195° C. Dvě věže jsou nutné proto, že v první věži se všechnen vodní plyn na benzin nepřemění, takže zbytek vodního plynu, jenž se nepřemění na benzin v první věži, musíme vést ještě do druhé věže. Je to všechno hezké — řeknete — s tím lidským snažením po zkapalnění uhlí, ale člověka při tom napadá jedna, snad jen zdánlivě neuskutečnitelná myšlenka spisovatele Wellse: aby uhlí nemuselo být s obětováním lidských životů dobýváno z hlubin zemských a teprve na povrchu Země být proměňováno v kapalinu či plyn. »Proč by se lidstvo nemělo snažit, aby uhlí proměnilo v potřebné plyny již v zemi?« ptá se spisovatel Wells. A my si jistě s ním přejeme, abychom dovedli jednou uhlí přímo v hlubinách ať již zplynovati, či zkapalněti. To by byl přece vznešený cíl pro vědu i pro technickou praxi!

Jak doplňuje mineralogie chemický výzkum uhlí

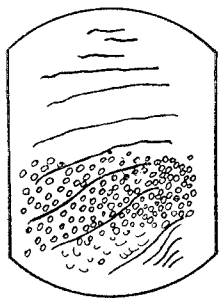
Představme si zase takový rozhovor dvou vědeckých dam při kávě: chemie a mineralogie (nerostopis). Chemie řekla o uhlí vše, co dovedla. Teď mluví mineralogie. A věřte: dovede vám říci mnoho k chemickému výkladu. Podobně jako vám geologie řekla velmi důležité věci o stáří Země a jako dovede říci mnoho i o naftě.

Co může dělat s uhlím chemie a co mineralogie?

Co zvláště rozhodujícího může říci chemie o vzniku uhlí? V mnohém ohledu je chemie obdivuhodně vynalézavá, geniální, ale v leccčems si sama nestačí. Jako v tom uhlí. Chemie vám uhlí rozemele a udělá z něho pěknou analysu; řekne vám neomylně, kolik je v něm uhlíku, vodíku, dusíku i jiných prvků, ale o tom, z čeho a jak uhlí vzniklo, může vám říci jen dohady. A zde jí právě spěchá na pomoc mineralogie se svými drobnohlednými methodami a podivili byste se, co všechno vám dovede říci.

Mineralogie souhlasí s chemií, že uhlí je složitá věc

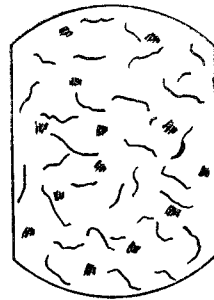
Jenže na to jde s trochu jiné strany. Opatří si především z uhlí velmi tenké výbrusy, které pozoruje pod drobnohledem. Hned zde je rozpor mezi chemií a mineralogií. Zatím co je chemie hrdá na takový antracit, mající 95% uhlíku, mineralogie jej nemá ráda, v něm totiž spousty černého uhlíku činí výbrus neprůhledným tak, že mineralogie nemůže o vzniku takového uhlí říci nic.



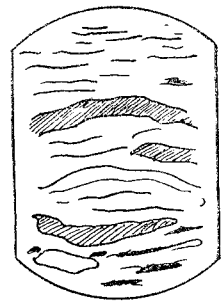
NAHOŘE VITRIT



NAHOŘE FUSIT
UPROSTŘED DURIT
DOLE VITRIT



FUSIT



DURIT

Ale zato, když tak mineralogie dostane do rukou uhlí chudší na uhlík! Hned vám v něm rozezná tři hlavní útvary: lesklý vitrit, mastný durit a fusit, budící sametový dojem. Ale ujišťuje zdvořile, že i ona zde potřebuje pomoci chemie. Aby totiž lépe viděla podrobnosti, vyleptá výbrus kyselinou chromovou. A už rozvine odůvodněný výklad, z čeho ty jednotlivé části vznikly. Vitrit podle jejího výkladu vznikl z *peridermu* dřeva a *parenchymu*. *Periderm* je mnohvrstevnatá pokožka na víceletých zdřevnatělých orgánech rostlinných, kdežto *parenchym* je rostlinné pletivo, složené z tenkostěnných buněk, vyplňujících dřevo. Jenže to dřevo, když stromy někdy v pravěku klesly do vody, se značně změnilo. Jeho součásti, vyčnívající nad vodu, vůbec zetlely a proměnily se v plynné sloučeniny, takže ze stromů zbyly ve vzniklé rašelině uhelné nakonec jenom kořeny. Dřevo, které se pak octlo ve vodě, bylo vystaveno hlubokému rozkladu. Spousta plísň podnikla na ně útok a v tomto útoku obstály jednak tvrdé, odolné tkáně ze stromové kůry či z listové pokožky, do odolavších buněk v dřevě pak vznikly rosolovité čili koloidní roztoky t. zv. humusových (půdních) látek, na něž voda, do které klesly, byla bohatá. Tak nalézáme ve vitritu i buňky dřevné, impregnované těmito humusovými roztoky.

Odkud má uhlí mastnost a sametovost?

Jak potom vznikl durit? V něm jsou obsaženy různé zárodky, t. zv. spory a řasy, a všeobecně lze o něm říci, že vznikl hlavně z hnilobného kalu v uhelné rašelině, tedy v podstatě z menších částic, podobně jako dnes vykládají geologové i vznik nafty z hnilobného kalu mořského, v tomto případě ovšem živočišného.

A konečně *fusit*? Je to nejtvrďší složka uhlí, která asi vznikla mechanicky jako směs zbytků stromů, kalu, humusových zbytků. K tomu přistupuje ještě pravěké dřevěné uhlí. Je tedy uhlí velmi zajímavá směs. Ale jak se do něho dostalo pravěké dřevěné uhlí? Požárem lesů. Spálené kmeny klesly do uhelné rašelině i se všemi vlastnostmi dřevěného uhlí: s jeho tvrdostí, křehkostí i prázdnými buňkami, vyplněnými plyny, vzniklými při hoření dřeva.

Fusit v uhlí vysvětluje mnoho, nad čím chemie dosud stála bez rady. Především lámavost uhlí v určitém směru (je to směr vláken fusitových). Patrně i obsahem ply-

novým v buňkách fusitových lze vysvětlit, proč v uhelných dolech vzniká methan, tvořící se vzduchem báňský třaskavý plyn. A konečně fusit vysvětluje též, proč některé uhlí se vůbec nehodí k výrobě koksu. Je to právě uhlí, bohaté na fusit, který netaje a překáží ve vzniku koksu, jenž vzniká roztavením rozemletého uhlí.

Bude vás jistě zajímat, dovíte-li se nakonec, jak mineralogie vyzraje i na uhelný prach, aby zjistila, z čeho vznikl. Vloží prostě uhelný prach do pryskyřičné směsi, nechá vše ztuhnout a už může dělat výbrusy. A ty nám prozradí i u takového zdánlivého neprozkoumatelného prachu, co to vlastně je: zda je to vitrit, durit či fusit.

Tenhle článek je dalším příspěvkem k naučení: všecko se má umět snášet, lidé i různé vědy. Všecko má hledat každou možnost ke spolupráci. A za chemii děkujeme mineralogii, že nám dovedla říci o uhlí tolik poučného.

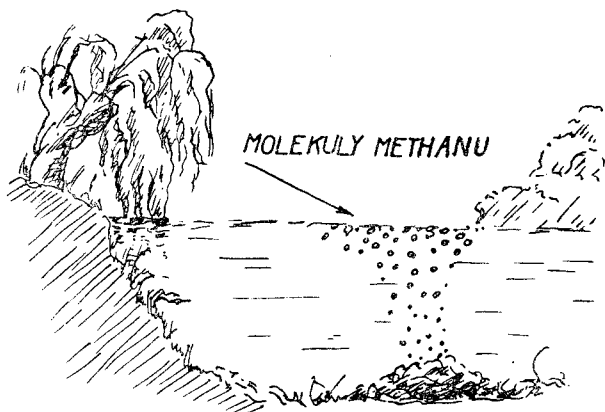
Jak dokončujeme v plynárně rozklad pravěkého dřeva

Toto pravěké dřevo je uhlí a dostalo se nám do rukou již řádně proměněné. Spousta látek z něho »vyletěla« v plynné podobě, když dřevo pod pravěkými usazeninami uhelnatělo. Odlétaly ponaáhlu plynné sloučeniny všech prvků, z nichž se dřevo skládá: uhlíku, vodíku, kyslíku i dusíku, jako na př. methan, vodní pára, čpavek, kysličník uhelnatý atd. (Molekuly methanu vyletují i z listů a úlomků větví, rozkládajících se na dně rybníků či stojatých vod.)

Možná, kdybychom nechali uhlí ležet další miliony let v hlubinách Země a dovedli zachycovati všechny plyny, které by z něho vycházely, že by byly plynárny zbytečné. Tento pochod se ostatně stále v přírodě odehrává: uhlí vysílá z hlubin na zemský povrch nové dávky plynů, až z něho zbude tuha, která může vzniknout vlastně.



PŘEVLÁDÁ VITRIT



i z nafty. Ale my lidé jsme trochu netrpěliví. Chceme uhlí donutit, aby nám ty plyny dalo rychle a po případě aby nám dalo i tuhu rychle. Beztoho se totiž s tuhou setkáváme i v plynárenském koksu. Vozíme tedy uhlí do plynáren, abychom z něho dostali vše, co je jen možné.

Teplo nahrazuje dobu

To víte, že takové miliony let v hlubinách musíme nahradit něčím pořádně energickým. Teplem.

A v plynárnách to také děláme. Aby teplo mělo k uhlí lepší přístup, rozemeleme je na drobné částice, které potom pálíme za nepřístupu vzduchu — říká se tomu suchá destilace — v tak zvaných retortách. Jsou to vysoké komory z ohnivzdorného zdiva a se skloněným dnem, aby koks, který zbude z vydestilovaného uhlí, mohl lépe vypadnouti ven.

Teplo, kterým nahrazujeme v plynárně práci milionů let v hlubinách Země, musí být ovšem dost veliké. Pálíme uhlí při teplotě 1200—1300° C a dostaneme z něho čtyři druhy látek: 1. plynné látky, 2. kapalné, 3. dehet a 4. koks. Jako ohnivzdorného zdiva používáme šamotu, jež vyrábíme z čistých hlin a křemenného písku, a diinasu, který je podobného složení.

Velké čištění

Jediná věc, která si to »odbyla« v retortách, je vlastně koks. Ten otevřením uzavíracích dveří u dna retort vypadne, po případě, kdyby se mu dost nechtělo, vyrazíme jej trochu násilně ven do vozíků, v nichž jej zavezeme do sprchové věže, ve které jej proudem vody hasíme. Vznikne nám při tom vlastně spousta jakéhosi vodního plynu — vodní páry a kysličníku uhelnatého —, ale zatím to ještě necháváme trochu nehospodárně »odlétávat« do vzduchu.

Zato prokazujeme zvláštní péči plynu, který z retort uniká. Neřekli byste, co všechno s sebou unáší: molekuly čpavku, částičky dehtu, prudký jed kyanovodík, molekuly benzenu, molekuly naftalenu, sirovodík atd., ovšem vedle vítaných látek. Hotový zmatek. Z toho všeho je nám vítán pouze vodík a methan. Obou plynů vychází z retort sice dost, ale přesto je nečistot také dosti: vodíku je 47% a methanu 36%.

Chápete, proč tyhle plyny jsou nám vítány, mají totiž vysokou výhřevnost. Jejich spálením se vyvine dost tepla a to je nám vítáno, ať již při svícení svítiplynem v tak zvaných punčoškách či při topení. Při svícení svítiplynem svítí v punčoškách vlastně kysličníky thoričitý a ceričitý, jež jsou rozžhaveny hořícím svítiplynem.

Ale dá to velkou práci odstranit ony nečistoty. Prvním stupněm k jejich odstranění je tak zvaná hydroliza. Je to žlab, naplněný vodou, do níž přichází shora ohnutou rourou svítiplyn. Nechá ve vodě část dehtu, který se hromadí u dna, a část čpavku, který se ve vodě rozpustí.

Zbýlý plyn, který se probublal vodou, je ještě velmi horký — nezapomeňme, že

vyšel z retort rozžhavených nejméně na 1200° C, — proto jej vedeme stojatým válcem, majícím dvě stěny, zatím co prostřední dutinou prochází vzduch, který plyn ochlazuje. A aby ochlazení bylo důkladné, vedeme svítiplyn do jiných stojatých válců, v nichž protéká voda úzkými trubicemi, aby se ve styku s těmito trubicemi ještě více ochladil.

Aby dehet nepřekážel

Ale tohle chlazení jako by směřovalo jen k tomu cíli, abychom lépe odstranili nejtěžšího nepřítele svítiplynu: dehet. Děláme to v Pelouzeových odlučovacích. Jsou to svislé válce, mající uvnitř trojnásobný síťový zvon, jenž je zavěšen ve vodě. Svítiplyn prochází otvory do síta, ale kapky dehtu se na síť zachycují a stékají pak dolů.

Po odstranění dehtu musíme odstranit ještě čpavek, který snižuje výhřevnost plynu, a naftalen, tuhý uhlovodík, mající podobu bílých lesklých šupinek a usazující se v plynovém potrubí. Přístroje, které tyto nečistoty odstraňují, nazývají se pračky a mají podobu ležatých válců, v nichž se na vodorovných hřídelích otáčejí lopatky. Čpavková pračka je naplněna do poloviny vodou, v níž se čpavek rozpouští, a naftalenová pračka je naplněna olejem, jež získáme ze zpracování dehtu. V tomto oleji se opět rozpouští naftalen.

To jsou mokré čističe, ale v plynárně máme i suché čističe. Jsou to podzemní komory s dřevěnými lískami, na nichž je rozložena čisticí hmota. Ta se skládá z červeného kysličníku železitého nebo z hnědé bahenní železné rudy. Obě látky jsou promíšeny s dřevěnými pilinami či hoblinami, aby směs byla pórovitější. V čisticí hmotě se zachytí sirovodík, který se železem v hmotě dává černý sírný železnatý, a kyanovodík, který dává se železem berlínskou modř.

Jak upotřebujeme znečištěnou plynárenskou hmotu?

Plynárenská čisticí hmota je po upotřebení částečně černá od černého sírníku železnatého a částečně modrá od berlínské modře (ferrokyanidu železitého).

Můžeme z ní vyrábět dost věcí. Loužením — mícháním — s vodou získáme z ní roztok sulfokyanidu (rhodanidu) amonného, kterého se užívá při fotografování k přípravě modrých snímků. Nerozpustný zbytek zahříváme s vápnem a dostaneme rozpustný ferrokyanid vápenatý, který pomocí potaše (uhličitanu draselného) přeměníme na ferrokyanid draselný (žlutou krevní sůl).

Uvádíme-li chlor do jejího roztoku, dostaneme červenou krevní sůl (ferrikyanid draselný), které užíváme při hotovení modrých kopií rysů, t. zv. modráků. Místa, kde rys byl bílý, jsou na modráku modrá a kde byly černé čáry, jsou na modráku čáry bílé. Je to v podstatě podobné kopírování jako při fotografování.

Vyčištěný svítiplyn do plynojemu

Plyn potřebujeme zbavit ještě vodní vlhkosti. Děje se tak ve stojatých válcích, v nichž proti svítiplynu teče shora roztok chloridu vápenatého, pohlcujícího dychtivě

každou vlhkost. A pak již můžeme svítiplyn vésti do p l y n o j e m u . Plynojemy jsou buď dalekohledné (teleskopické), v nichž ze zvonů o větším průměru vystupují další zvony o menším průměru. Při přibývání plynu zvony stoupají nahoru. Spodní okraje zvonu zapadají do vody (říkáme tomu vodní uzávěr). Jiné plynojemy jsou o stálé velikosti, ale přes to mají i ony kapalinový uzávěr, jenže bez nebezpečí zamrznutí. Mají totiž uzávěr z anthracenového oleje, získaného při zpracování dehtu.

A tak jsme dostali z uhlí všecko, co by pod Zemí trvalo třeba miliony let, v době necelého dne. Máme pak ve svítiplynu asi 45—50⁰/₀ vodíku, 30—35⁰/₀ methanu, 8—10⁰/₀ kysličníku uhelnatého, 3—4⁰/₀ různých uhlovodíků jako acetylen a ethylen a 1—2⁰/₀ kysličníku uhličitého.

I trochu hnojiva z uhlí

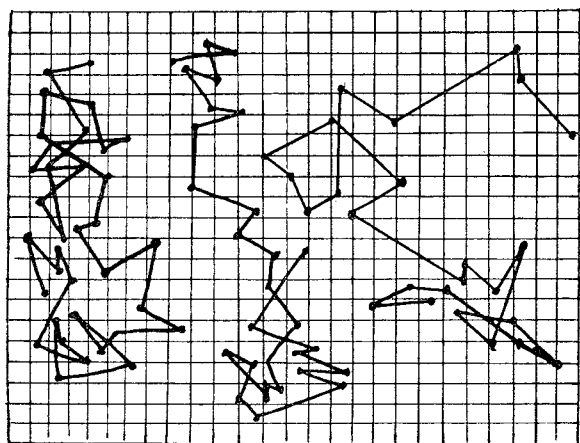
Je to ovšem jen trochu vedlejší výrobek při výrobě svítiplynu. Mám na mysli síran amonný, jež vyrábíme z čpavkové vody a z kyseliny sírové. V čpavkové vodě se nezachytí čpavek samotný, nýbrž vytvoří s kysličníkem uhličitým, vznikajícím také při výrobě svítiplynu, uhličitán amonný. Zahříváním čpavkové vody s vápenným mlékem uniká plynný čpavek, který vedeme do válce, vyloženého olovem. Do válce přivádíme též kyselinu sírovou, s kterou čpavek vytvoří cenné dusíkaté hnojivo: síran amonný.

IV. CHEMIE VĚCÍ NA ZEMI

Věčná válka v kapalinách

Zadíváme-li se na klidnou hladinu takového rybníka nebo i klidně tekoucí řeky — představme si, že sedíme na břehu, na zelené trávě takhle někdy na začátku léta, za bezvětrného dne, — chtěli bychom si myslit, že pod tou hladinou i na té hladině je božský klid. Snad jen, když nějaká ryba ve vodě rozhází trochu ty vodní molekuly od sebe nebo když třeba vlaštovka v letu za hmyzem dotkne se křídly vodní hladiny a zase trochu zavíří těmi molekulami, snad jen tehdy je ve vodě nějaký pohyb. Přírozeně nesmíme zapomenout — aspoň u řeky, ale konečně i u rybníka, z něhož také voda vytéká do nějakého potoka, — na stálý postupný pohyb vody směrem toku.

Ale to vše je stále tak úhledné, mírumilovné. A zatím i v té vodě je věčný boj mezi jejími molekulami, které jsem šťastně, třeba k vaší nelibosti, nenápadně vsunul do svého básnického líčení klidného rybníka, klidné řeky, zeleného břehu, létající vlaštovky, plující ryby a tak dále. To víte, máme na mysli chemii a básnění je jen takovou písničkou, kterou vás chceme lapit docela podle českého přísloví: »Když ptáčka lapají, pěkně mu zpívají«.



Tři částky sazí, rozptýlené ve vodě, konají klikaté pohyby, způsobené nárazy molekul vody. Pohyb ten, dokazující nepřímo pohyb molekul kapaliny, nazývá se Brownův.

Vzdušná válka nad vodou

Tak už tedy do té chemie, spojené s fyzikou, jdeme. Jen teď jste přečetli nadpis o té »vzdušné válce nad vodou«. Aby vás nenapadlo, že mám na mysli snad něco podobného jako je válka mezi vlaštovkou a mezi hmyzem, který jí chce utéci. Kdepak, já mám na mysli nejvýš válku fyzikální mezi teplým vzduchem nad vodou a mezi jejím povrchem.

Molekuly plynů ve vzduchu prožívají v teplý den něco podobného jako jedenáct hráčů kopané, kteří ve všední den chodí klidně po ulici a v neděli odpoledne se na hřišti dají do zuřivého běhání za míčem. I molekuly plynů ve vzduchu chodí si klidně — ono je to vlastně u plynů také lítání —, dokud na ně nezačnou dorážet nějak víc tepelné paprsky sluneční. Ty jsou pro ně něčím podobným jako pro hráče kopané

ujednaný zápas: rozohní je nějak a milé molekuly začnou létat jako zběsilé. Narážejí na sebe a narážejí i na molekuly vody na hladině.

A tady začíná ta válka. Zuřivých nárazů je tolik, že mají dvojí výsledek: řada vodních molekul se od vody utrhuje a vzlétá do vzduchu jako vodní pára a řada molekul vedle nich a pod nimi začne oteplovat spodnější vodní molekuly.

Tady jsem řekl něco o oteplování. Jak mohou jedny molekuly oteplovat druhé? Ničím jiným, než prostě tím, že jim předávají svůj zrychlený pohyb. Teplo není nic jiného než pohyb molekul, a větší teplo je pohyb tím větší a rušnější.

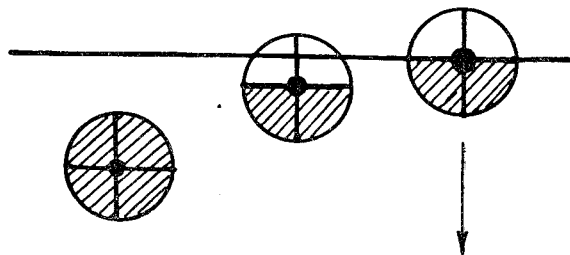
Odlet uvázaných molekul

To je vám zajímavé, jak všechno na světě si střeží svůj majetek. Chlapec své hračky, muž vydělané peníze, stát své území, i voda a každá kapalina vůbec chce si udržet všechny molekuly, i ty molekuly na hladině. Kapaliny se liší od plynů i od pevných látek hlavně tím, že odpudivé a současně přitažlivé síly, jaké vládou současně mezi molekulami, jsou mezi nimi v rovnováze, zatím co u plynů jsou v převaze síly odpudivé a u tuhých látek zase síly přitažlivé. Konečně všechna ta přitažlivost i odpudivost vlastně závisí na vzdálenosti mezi molekulami: čím jsou dále od sebe, tím je mezi nimi menší přitažlivost.

Jestliže již vládne přitažlivost mezi vodními molekulami pod hladinou, je ještě větší mezi těmi spodními a hladinovými. Hladinové jsou jakoby uvázané. Myslíme-li si molekuly jako černé kroužky, vypadá to pod hladinou jak dolejší obrázek ukazuje:

Kolečka s křížky, v jejichž středu je molekula vody, naznačují asi vzdálenost, kam sahá přitažlivost vodní molekuly. Uvedu vám tu vzdálenost a sotva budete překvapeni její nepatrností, protože jste si již zvykli na malé rozměry atomů i molekul. »Říše«, v níž se uplatňuje vodní molekula, je kruh o poloměru jedné desítmiliontiny centimetru. Je to desetkrát větší délka než jeden Å (ongstrém), jímž měříme délku světelných vln.

Musíme si ale vysvětlit blíže to uvázání »hladinových« molekul. Vše nám vysvětlí kruhy kolem molekul na obrázku. Nejspodnější molekula má říši svého vlivu neohroženou a nezmenšenou, přitahuje tedy druhé molekuly se všech stran. Molekule výše nakreslené čouhá již její kruhová říše trochu z vody ven. Je z toho zřejmo, že v hořejší polovině její kulové říše bude její vliv oslaben. Co přitahovat nahore? Sesterská voda tam není, jen vzduch a jeho molekuly beztak létají jako zbavené rozumu. Zkrátka u té výše položené molekuly se uplatní spíše jen spodní polovina její říše. Ještě slabší je to u té třetí, nejhořejší molekuly. Tu již nemá vůbec co táhnout nahoru, její zájem je soustředěn zkrátka jen v dolní polovině její říše. A tak i její přitažlivost se jeví jen směrem jen dolů.

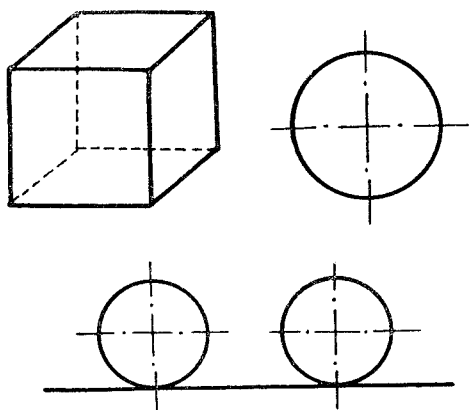


Zvláště přitažlivost těch hladinových molekul je zajímavá. Vypadá to tak, jako by ty molekuly samy se zoufale chytaly rukama svých spodních sester, aby je od nich nikdo neodtrhl.

Chytají se marně. Teplu, jež na ně doráží zuřivě létajícími molekulami vzdušných plynů, neodolají. Teplu je odtrhne a molekuly odletí v daleko větších vzdálenostech, než byly pohromadě, v podobě par.

Sebeobrana hladinových molekul

Ty hladinové molekuly musí odletět. Pamatujete si přece, že teplo je živý pohyb molekul, nuže, hladinové molekuly se začnou působením trvalých nárazů shora pohybovat tak živě, že v některém krásném okamžiku, ve kterém se snivě radujete nad božským klidem vodní hladiny, vzdálí se řada vodních molekul tak daleko od »říší«
sousedních molekul, že ty na ně ztratí jakýkoli vliv, a hladinové molekuly, které se vzdálily od spodních tak, že samy také již nemohou nic přitahovat, vyletí do výše jako vodní pára.



Teplu přece jen vyhrálo, ale proto si nemyslete, že se hladinové molekuly málo bránily. Že se dovedou dobře bránit, třeba jen v dolní polovině své »říše«, je vidět z toho, jak se brání proti oddělení od ostatních molekul, vylejeme-li vodu na zaprášenou desku nebo skápne-li voda s hrnce na žhavou plotnu, nebo konečně vylejeme-li rtuť na nějakou desku. Molekuly jdou, jak bychom přiléhavě řekli, hned do houfu. Voda i rtuť se sbalí v kuličky.

Taková kulička je opravdu ochranným houfem molekul kapaliny. Kulička znamená rozhodně nejmenší povrch pro určitý objem nějaké kapaliny. Chápete jistě, že totéž množství vody bude mít menší povrch, bude-li mít podobu koule než podobu krychle. Koule má pochopitelně menší povrch než krychle o ty rohy a proto má lehčí obranu povrchu, než kdyby místo koule byla krychlí.

Snad nebýt prachu nebo rozžhavených plátů na plotně by se nenasycená přitažlivost oné hořené poloviny molekulové říšeuplatnila vůči dřevu nebo vůči litině a mluvili bychom pak o p r i l n a v o s t i č i l i a d h e s i mezi vodou a dřevem či litinou. Takhle lze mluvit jen o k o h e s i č i l i s o u d r ž n o s t i mezi molekulami vody. Je to přitažlivost mezi molekulami stejné látky, kdežto přilnavost je přitažlivost mezi molekulami různých látek, na př. mezi vodou a dřevem. Rtuť, jak vidíme, je pyšná, nepřilnavá. Nestojí o přátelství s jinými.

A konečně do třetice všeho dobrého. Máte jistě tušení, že i té sebeobraně povrchu kapaliny říkáme nějak učeně. Říkáme skutečně: je to p o v r c h o v é n a p ě t í a vidí-

me, že se jeví ve zvýšené snaze kapaliny neztratit molekuly na povrchu působením přilnavosti či tepla a vytvořit za tím účelem co nejmenší povrch.

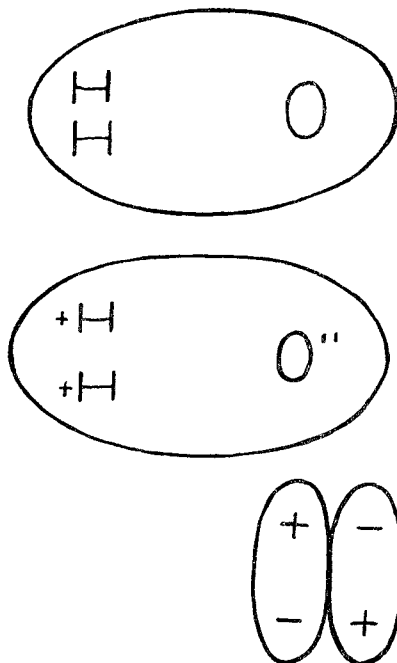
Co se stane s řekou při 4° C?

Zase něco, co patří k věčné válce v kapalinách a především ovšem ve vodě, o které chci mluvit. Otázka zní velmi tajemně. Kdybych napsal »Co se stane s řekou při 0° C«, t. j. při bodu mrazu, dovedli byste hned správně odpovědět, že by zmrzla.

Proto právem tušíte v tomto tajemném nápise nějaké »čertovo kopýtko«. Možná, že mnozí z vás jsou tomu kopýtku již na stopě. Vzpomínají si asi na to, že slyšeli přece něco o významu čtyř stupňů Celsiových pro vodu. Co to pro Pána Boha bylo? Aha, už víme: při 4° má voda nejmenší objem. Ale jak to souvisí s řekou? Velmi jednoduše. Vypravuji prostě dále o řece, na jejíž břeh jsem vás přivedl. Jenom vám teď doporučuji, abyste se vmyslili lehce do podzimního či jarního jitra, kdy po poměrně chladné noci klesne teplota vody na ty 4° C. Co se tedy stane při té teplotě s řekou? Je samozřejmě pro nás vedlejší, že z ní bude vystupovat spousta par, ale hlavní je, že v ní bude vody méně, i kdyby se nevypařovala. Bude jí skutečně méně, protože se zmenší její objem, při jejím postupném oteplování mezi dnem jí ovšem přibude, protože její objem se bude zase zvětšovat.

Tohle všechno vám chci v tomto článku vysvětlit. Co pak to není opravdu záhadné? Ve škole jste se učili, že teplem se všechna tělesa — plyny, kapaliny i tělesa tuhá — roztahují, že zvětšují svůj objem a teď najednou slyšíte o vodě, že při zahřívání od 0° do 4° objem zmenšuje a teprve zase nad 4° C objem zvětšuje. Záhada tedy zde nesporně je a musíme tomu přijít na kloub.

Dříve to vykládali tak, že vlastně voda se skládá při 0° C z dvojmolekul a z trojmolekul. Představujeme si to tak, jako by molekula vody nebyla skutečnou kuličkou, ale protáhlým vajíčkem, v němž by na jednom konci byly dva atomy vodíku a na druhém jeden atom kyslíku. Jenže je mezi nimi trochu mezera, kterou si vykládáme i teď protáhlost molekuly a která vznikla dodatečným odpuzováním. Představujeme si to totiž tak, jako by atomy vodíku v molekule vody odevzdaly po jednom elektronu kyslíku, který tím získal nejen dva záporné náboje, nýbrž doplnil tím i počet elektronů v zevní slupce na 8. Je tedy ideálně netečný i při těch dvou záporných nábojích a nemá zvláštního důvodu přitahovat se s dvěma atomy vodíku na druhé straně, jimž zbylo jen jádro, proton. Víme již, že takovým atomům s elektrickým nábojem



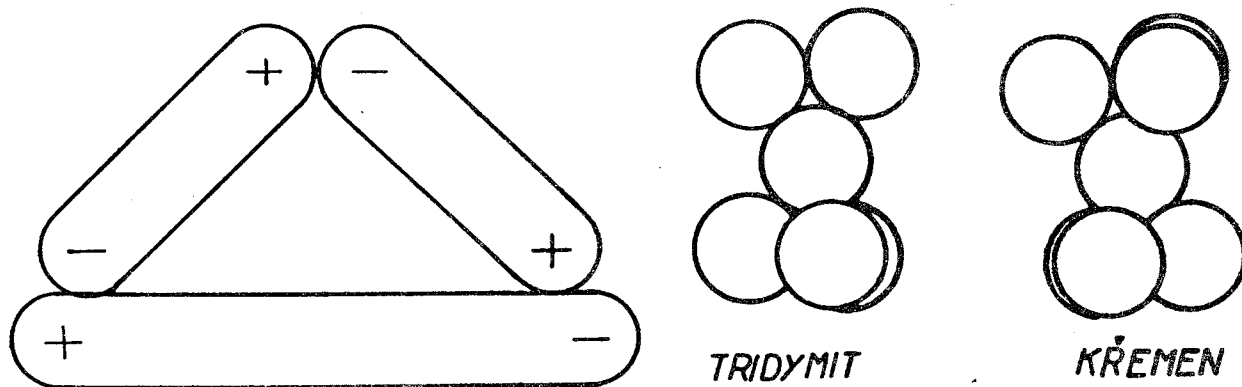
říkáme i o n t y . Bude tedy taková protáhlá molekula vody s označenými elektrickými náboji vypadat jak naznačeno na obrázku (str. 133)*). Říkáme takovým molekulám též d i p ó l o v é .

Podle starší představy takové dvojmolekuly vody vznikly tak, že se dvě molekuly postavily vedle sebe s opačnými náboji. Tedy tak, jak ukazuje obrázek. Pro jednoduchost kreslíme místo většího množství nábojů jen všeobecně jediný kladný a jediný záporný náboj. Podobně vznikly i trojmolekuly.

Tedy takové dvojmolekuly a trojmolekuly dříve předpokládali ve vodě při 0° C. Při tom ovšem nesoudili, že to teplo, které vodě dodávali, když ji zahřívali od 0° do 4° C, jde jenom do vzduchu. Teplo dovede nejen uvádět do pohybu celé molekuly, ale dovede je dokonce i rozbít na atomy. Tak rozbijete na příklad vodní páru zahříváním nad 2000° C na atomy vodíku a kyslíku. Tím lehčí práci má podle starého názoru před sebou i toto teplo od 0° do 4° C, má-li od sebe jen oddělit dvě a tři molekuly vody.

Dnes soudíme, že voda tvoří vlastně jakési pětímolekuly, mající podobu čtyřstěnu, v němž kolem střední molekuly, umístěné v těžišti jsou ostatní čtyři umístěny v rozích čtyřstěnu. Na dolním obrázku je naznačeno spojení vodních čtyřstěnnů v pokrivený útvar, v němž přichází krystalický křemen. Toto spojení vzniká při 4° C, pod ním a ve vodě přechlazené má kombinace vodních čtyřstěnnů úpravnější tvar krystalické kyseliny křemičité, známé pod názvem tridymit. Podívejte se jaký vliv na specifickou hmotu a objem mají malé nepravidelnosti v nejmenších jednotkách vody. Malá nakřivenost, malý rozdíl ve zlomku stomiliontiny centimetru — ångströmu — a voda je hustší a má menší objem.

A teď bychom se mohli již jenom zeptat: »Co bude s řekou nad 4° C?« Samozřejmě v ní vody přibude, ne sice doopravdy, protože molekul v ní bude stejně, ale rozhodně se zvětší objem jejich molekul. Při stoupající teplotě uplatní teplo svůj vliv na zvětšování objemu. To víte, všechno se pod vlivem tepla počne rychleji a více pohybovat a k tomu je zapotřebí i více místa.



*) Čárkami označujeme záporné náboje.

Toho pohybu molekul samotných v kapalinách je až dost. Molekuly se točí doko-
lečka kolem vlastní osy (pohyb rotační), pak mají jakýsi kmitavý pohyb kolem místa
svého pobytu. Tenhle pohyb je ovšem málo vydatný, protože poměrně značná hustota
kapalinových molekul vedle sebe nutí jednotlivé molekuly takřka k přešlapování na
místě. To už molekuly plynů mají jiný rozběh. Mají dost volného místa a mohou se
rozběhnouti na všechny strany jako divocí koně po stepi.

Konečně molekuly kapaliny konají pohyb postupný ve spojitosti s pohybem
ostatních molekul. Je toho dost na jednoho člověka, takové tři současné pohyby, řekli
bychom, kdyby se nejednalo o pouhé molekuly vody.

V těch molekulách je ovšem také všecko v pohybu: otáčejí se dokola elektrony,
atomová jádra, elektrony se rozbíhají do širších prostorů a tím se ovšem zvětšuje i ob-
jem molekul. Zkrátka: vody bude v řece při teplotách nad 4° C stále více — ovšem
jen zdánlivě, protože molekul bude stejně, jen objem bude větší.

Od řeky ke kávě

Ale zabral jsem se do toho vypravování o čtyřech stupních Celsia a o vodních
dvojmolekulách, trojmolekulách i pětimolekulách tak horlivě, že jsem možná až zapom-
něl, že máte také právo na hlad. A možná, že jste hlad doopravdy dostali, zvláště,
jestliže jste se šli na tu chladnou vodu v řece dívat s lačným žaludkem.

Mysleme si tedy, že utíkáte od řeky s chutí k teplé kávě, od dvojmolekul či pěti-
molekul k něčemu snad zábavnějšímu. Dobře, že jsem řekl »snad«. Nevím totiž, zda
vás opravdu bude víc bavit to, co vám teď chci vypravovat. Nemám vlastně sám hlad
a jen si tak k vám přisednu a budu vám vypravovat, zatím co si budete sladit kávu
cukrem, o něčem, co se při tom děje ve vaší kávě.

Obyčejný smrtelník, když si dává do kávy cukr a rozmíchává jej lžičkou, říká tomu,
že si kávu »sladí«. Dobrá, můžeme to přijmout i ve vědeckém smyslu. Slazení vlastně
znamená přidávat k určité látce — v našem případě ke směsi vody, kávového odvaru a
mléka — také cukr, aby ho ve směsi bylo také nějaké procento, po případě, aby těch
procent v něm bylo víc. Stejně bychom mohli vysvětliti, co je to solení. Zase přidává-
ní soli do jiné směsi, na př. do polévky.

Nuže, milí přátelé, kteří si přede mnou s požitkem sladíte kávu, nesmíte zapomínat,
že jsou směsi a směsi. Jsou směsi tuhých látek, jako na př. rozemletý mák a práškový
cukr, s nímž si sladíte na př. švestkové knedlíky, jsou směsi kapalné, jako káva, kterou
chcete pít, a jsou směsi plynné, jako na př. samotný vzduch, který je směsí hlavně du-
síku a kyslíku.

Z těchto směsí jsou kapalné snad nejzajímavější, protože kapalina, jíž je v té smě-
si nejvíc a jíž říkáme rozpustidlo, — v kávě je to samozřejmě voda — se při tom
přidávání cukru nebo soli nechová nijak krotce. Podívejte se, jak jsme pěkně přišli
k tomu rozpouštění: již jsme užili slova »rozpustidlo«.

Tak teď jsme tedy u toho rozpouštění. Při slazení kávy rozpouštíte v kávě cukr, při solení polévky rozpouštíte v polévce sůl. Jak to vypadá jednoduše, když to takhle řekneme, jenže nemyslete si, že je to tak jednoduché ve skutečnosti. Rozpouštění je velký boj mezi látkou, kterou do rozpustidla dáváte, a mezi rozpustidlem samotným.

Vkládáte-li do rozpustidla tuhou, krystalickou látku, zdá se, že nejprve podnikají molekuly rozpustidla útok na krystaly látky, kterou do rozpustidla vkládáme. V našem případě tedy molekuly vody v kávě na krystaly cukru a v polévce na krystaly soli kuchyňské (chloridu sodného). Krystaly se rozsypano jako domky z karet, jenže to rozsypaní je jiné u soli a jiné u cukru.

Představme si takové krystaly. Krystal soli kuchyňské je krychle, jejíchž osm rohů je obsazeno atomy — správněji řečeno — ionty sodíku a chloru. (Viz obrázek na str. 151, kde je vlastně osm takových krychlí.) Víme již, že ionty jsou něco jiného než atomy: jsou to sice v podstatě atomy, ale s elektrickým nábojem buď kladným nebo záporným podle toho, mají-li o nějaký ten elektron více nebo méně.

U soli část krystalů jistě si zachová aspoň molekulární spjitost mezi iontem sodíku a iontem chloru. Vypadá to tak, jako by se krychle rozpadly pouze na prkna, z nichž jsou zbudovány, a jako by na jednom konci takového prkna byl ion sodíku a na druhém ion chloru. Takové prkno je samozřejmě vlastně molekula soli.

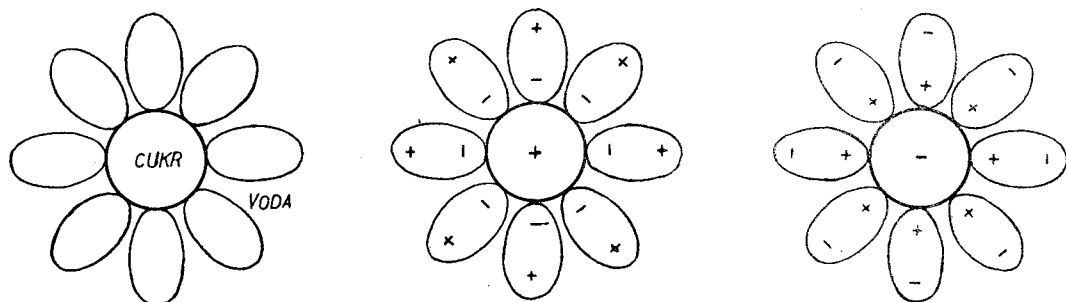
Ale četné molekuly tím více, čím jich je ve vodě méně, čili čím zředěnější je roztok, se rozdělí i na samotné ionty. Myslíte, že tím je vše skončeno? Co vás napadá. Teď začnou působit na vodu zase molekuly látky, kterou rozpouštíte. Víme již, že každá molekula vody má kolem sebe kruhovou říši, v níž k sobě přitahuje jiné vodní molekuly. Říkáme této vzájemné přitažlivosti mezi molekulami stejné látky soudržnos čili kohese. Ale molekuly vody jsou křehcí tvorové. Snad stačí, aby se na ně nějaká molekula cizí látky usmála a už jdou za ní. Učeně říkáme, že mezi nimi a molekulami cizí látky nastane přilnavost či adheze.

Tak vidíte, že rozpouštění je nakonec velkým bojem mezi molekulami vody a rozpouštěné látky. Jako by si obojí molekuly vyhrnovaly na sebe rukávy a volaly na sebe urážlivá a chlubitivá slova. Vodní molekuly jako by vyhrožovaly molekulám rozpouštěné látky svou soudržností a ty zase znajíce přelétavost vodních molekul jako by volaly na druhou stranu: Však uvidíte, kolik vás přetáhneme k sobě.

Skutečně to často tak dopadne. Adheze — náklonnost molekul vody k molekulám rozpouštěné látky — zvítězí nad kohesí — náklonností vodních molekul k vlastním sestram.

A tak jedna, druhá, třetí atd. molekula vody odskočí k molekulám rozpouštěné látky a vytvoří s nimi tak zvané hydráty, t. j. vlastně nové sloučeniny, v nichž je molekula rozpouštěné látky spojena s jednou či více molekulami rozpouštědla. Jedná-li se o jiné rozpustidlo než o vodu, říkáme takovým sloučeninám solváty. Názorně si to můžeme představit tak, jako by molekuly vody či jiného rozpustidla obklopile molekuly rozpouštěné látky, jako pijavice.

Ještě hůř to dopadne s molekulami vody u takové soli, jejíž molekuly se rozbily na ionty. Takový ion ve vodě je jako červ, nabodnutý na udici mezi malými rybkami. Ne-



zapomeňte, že molekuly vody i jiných látek mají dipólové vlastnosti. To znamená, že jeden konec molekuly má kladný a druhý záporný náboj. A teď ty rybky — vodní molekuly — se začnou hrnout kolem těch nabodnutých červíků. Kolem kladného červíka — iontu sodíku — se nahnou molekuly vody se svými zápornými konci a kolem druhého červíka — iontu chlorového — se záporným nábojem nahnou se dvojpólové vodní molekuly s kladnými konci.

Odskok do cukrovary

Zatím co tak pěkně sedíte kolem stolu a — myslím — nejste ještě s kávou hotovi, snad bych vám mohl připomenout některé vlastnosti cukru nebo lépe řečeno jeho hustého roztoku. Nebo snad bych měl odskočit s vámi aspoň v myšlenkách do cukrovary a ukázat vám kapalný hustý zbytek, odtékající z odstředivky, když vytáčíme krystalický cukr, tak zvaný syrob?

Chraň vás Pán Bůh před syrobem, nechcete-li, aby se vám všechno, čeho byste se pak dotkli svými prsty, lepilo na ruce. Tahali byste to s sebou podobně jako ty kladné či záporné ionty ve vodě mají na sobě přilepené vodní dipólové molekuly.

Promluvíme si tedy o tom, proč jsou syroby a některé věci lepkavé nebo aspoň mazlavé. Učeně se tomu říká *vnitřní tření* čili *viskozita*. Poněvadž vidím ve vašich očích jakousi nejistotu, co si máte pod tím učeným vnitřním třením myslit, musím vám to vysvětlit neučeně. Co je to tření vůbec, to — myslím — víte. Máte třeba nové boty s navoskovanou podrážkou. Je samozřejmé, že byste se neradi sklouzli nečekaně zásluhou takové hladké podrážky po schodech a při nejmenším si narazili. Jistota je jistota: proto si podrážku třeba nakřídujete nebo trochu ten vosk odřete, aby kůže zdrsňela a abyste si nezopakovali na schodech nebo na hladkých kamenech docela proti své vůli bruslařský či lyžařský sport.

Tím zdrsněním kůže vytvoříte opak klouzavosti a hladkosti, zkrátka tření, ovšem tření mezi tělesy, která si jsou navzájem velmi cizí: mezi botou a schody či hladkou podlahou.

Mluvíme-li o tření uvnitř nějaké kapaliny, je to skoro něco podobného jako povrchové napětí. Při tomto napětí kladou povrchové molekuly kapaliny odpor proti vniknutí nějakého tělesa z vnějšku, zde se jedná o jakousi sebeochranu vnitřních molekul kapaliny. Tyto vnitřní molekuly se brání proti tomu, aby se někdo zvenčí nepo-

koušel jim dávatí polohu, která jim není vítána, aby jimi někdo nepostrkoval podle své libosti. Tření toto jeví se tím, že molekuly kapaliny nedonutíte, aby se pohybovaly rychleji na příklad od vašich prstů, kterými se k nim přitřete — vzpomeňte si zde na sladké cukerné syroby. Stejně se budou pohybovat podle své povahy rychle či pomalu úzkými rourkami — kapilárami — nebo nechají podle své libosti proběhnout rychleji či pomaleji bublinu vzduchu z jednoho konce nádoby, v níž jsou nahromaděny, do druhého konce.

Příkladem snad nejméně viskosní kapaliny, jejíž molekuly se pohybují úžasně rychle, je *e t h e r*, jak jej známe na př. z hofmanských kapek, glycerin je 500 krát viskosnější, ale nejviskosnější je tekuté sklo.

A opět o povrchu kapalin

Tak si myslím, že jste toho již slyšeli dost při té kávě o cukru, o rozpouštění i o viskozitě cukrovarských šťáv. Pro dnešek tedy dost a nebudete-li mít nic proti tomu, ukáží se u vás ráno u snídaň a pohovořím si svámi trochu o vašich dojmeh z ranního mytí.

Myslete si tedy, že noc je již za vámi a že sedím mezi vámi u stolu zase při ranní kávě. Již jsem vám slíbil, že vás dnes nebudu tahat na skřípec s rozpouštěním a s cukrem, naopak se vás docela mírumilovně zeptám, jak se vám líbilo ranní mytí. Mám obavu, že většinou jste rádi, že tu nepříjemnou věc již máte za sebou. Už slyším vaše námitky proti studené vodě, proti tomu, jak vás mýdlo štípe do očí atd.

Cítím s vámi, mladí přátelé, ze zdvořilosti vaše ranní utrpení, jen ze zdvořilosti proto, že si přece jen myslím, že jednou přijdete na chuť i té studené vodě i tomu mýdlu, ale zavedu vás do kraje zapomnění, do krásného kraje bílé mýdlové pěny. Taková pěna, to je přece krásná věc, nemyslíte? Pohovoříme si o ní a zapomeneme na štípání v očích i na studenou vodu.

I to tvoření pěny je vlastně jakousi válkou, a to proti povrchovému napětí. Vždyť by voda, i když v ní při mytí rozpouštíme mýdlo, měla mít snahu mít co nejmenší hranice, aby byla co nejmenší příležitost k nepřátelskému útoku z vnějšku. A teď se podívejte, přijde takové mýdlo a povrch vody se hned zvětší o povrch bublin.

Tak tomu skutečně je. Pěna jsou bubliny vzduchu či jiného plynu, obalené tenkými blankami, o nichž lze říci, že jsou tak tlusté, jak je dlouhá molekula látky, která bublinu obaluje. V případě mýdlové pěny vytvářejí obal molekuly vody s molekulami kyseliny, jež je složkou mýdla. Mysleme si na př., že tvrdé, t. zv. jádrové mýdlo, jímž se myjeme, je palmitan sodný. Při mytí děláme vlastně nádherný chemický pokus, jemuž říkáme *h y d r o l y s a*, t. j. štěpení pomocí vody. Molekuly vody rozštěpí palmitan sodný čili sodnou sůl kyseliny palmitové na louh sodný, který vyleptá špínu z naší kůže, a na kyselinu palmitovou, která vytváří pěnu.

Molekuly, které mají rády vodu

Molekuly takové kyseliny palmitové a stearové, ale i olejové mají rády vodu. Skoro by si z nich měli brát příklad všichni, kdo se neradi myjí. Ale i v těch jednotlivých molekulách není jednotu. Můžeme si takové molekuly představit jako malou obec, v níž je dost málo obyvatelů. Na př. v molekule kyseliny olejové je 18 obyvatel,

patřících ke »kmenu uhlíkovému«, pouze dva obyvatelé, patřící ke »kmenu kyslíkovému« a 34 obyvatel »vodíkových«.

Ale neřekli byste, jak ohyzdné spiklenectví mezi těmi obyvateli panuje. Obec — molekula — kyseliny olejové, i palmitové a stearové vypadá jako vesnice, táhnoucí se podle zkřivené cesty.

Myslete si, že všude, kde je cesta zlomena, je chalupa vždy jednoho uhlíkového občana. Jsou to vůbec vlastně obce, v nichž vedou hlavní slovo občané — atomy — uhlíkového kmene. Ty vodíkové a kyslíkové atomy jsou v této obci jakoby jen z milosti, jako dělný lid, zaměstnaný u uhlíkových chalupníků.

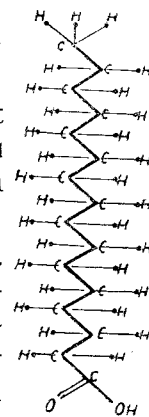
Teď tedy, v čem je to ohyzdné spiklenectví. Představte si uhlíkovou »obec« místo v této poloze, raději v poloze kolmé k papíru. Teď se bude ta obec spíše podobat pokrivenému a zohýbanému stromku asi jako vidíte vypěstované hlohové stromky, u nichž je na čtých kloubech na pni velmi dobře znát, jakou námahu to dalo vypěstovat z rostliny, která původně chtěla a měla být keřem, strom. Takový hlohový stromek dělá na vás dojem, jako by mu zahradníci uřezali postranní větvičky, které měly úmysl vyrůst z oněch kloubů, v nichž je hlohový peň jaksi zprohýbán.

Myslete si, že ty klouby na hlohovém stromku jsou atomy uhlíku. Jsou to ti poroučející chalupníci z obce, k níž jsme dříve molekulu kyseliny olejové či palmitové nebo stearové přirovnali. Jenže tyto uhlíkové klouby na molekulách uvedených kyselin nejsou bez větviček. Jako by se zahradníkům nepodařilo úplně znechutit a znemožnit hlohu snahu, kterou má v krvi, snahu rozvětvovat se jako keř. A na těch větvičkách, rostoucích z uhlíkových kloubů, myslíte si místo listů snad již zralé bobulky, kuličky, představující atomy onoho dělného lidu z jiných kmenů: z kmene vodíkového a kyslíkového. Vypadalo by to pak takto. Vidíte zde »hlohový stromek« čili molekulu kyseliny palmitové.

Na stromku vidíte několik pozoruhodných věcí. Jednak to, že má nahoře jakousi korunku s těmi vodíkovými »bobulkami« a dole jakési kořínky s dvěma hlízami — či také bobulemi? Jedna z těch spodních hlíz je atom kyslíku a je připoutána k nejnižšímu uhlíkovému kloubu dvěma kořínky. Druhá hlíza je složitější, skládá se z jednoho atomu kyslíku a jednoho atomu vodíku a je připoutána k nejnižšímu uhlíkovému kloubu pouze jediným kořenem.

Té korunce, vytvořené jedním atomem uhlíku a třemi atomy vodíku, říkáme »m e t h y l« a píšeme ji chemicky CH_3 . Je to vlastně skupina, kterou si můžeme odvodit od methanu CH_4 , plynu, který přichází v uhelných dolech ve směsi se vzduchem jako báňský třaskavý plyn, nebo i ve svítíplynu v množství asi 36 objemových procent či, jak jsme již rovněž slyšeli, na velkých planetách. A tahle korunka je právě spiklenecká, protože při tvoření pěny nechce mít nic společného s vodou.

Za to spodní skupinu karboxylovou, vzniklou spojením skupiny karbonylové CO a hydroxylové OH , z jejichž názvu vznikl i tento název karboxyl = *karbonyl* + *hydroxyl* můžeme pokládat za skutečné kořeny. Jakmile se mýdlo, kterým se myjeme, rozštěpí na kyselinu — v našem případě palmitovou — a na louh sodný, postaví se mole-



kuly kyseliny kolmo k hladině vodní jako skutečné, urostlé přímé stromky a — div divoucí — zapustí do vody karboxylový »kořen«.

To je hlavní rozdíl mezi methylovým vrcholkem a karboxylovým kořenem: zatím co methylový vrchol je spikleneckým útvarem, který za nic na světě nechce mít nic s vodou — říkáme takovým skupinám *h y d r o f o b n í*, t. j. vodu nenávidějící, má karboxylový kořen silnou sympatii, náklonnost, adhesi k vodě, je *h y d r o f i l n í* (vodu milující), proto chutě se do ní zaboří a vytváří s ní pěnu.

Obal bublin vzdušných na povrchu vody je pak vytvořen z vodních blanek, na nichž je les pokřivených »hlohových stromků«, molekul kyseliny palmitové, stearové nebo olejové. Každý stromek je opravdu sám pro sebe. Za nic na světě byste na příklad nepřinutili takové methylové vrcholky jednotlivých »stromků«, aby se nějak sblížily. Jsou podobně nesdílné a samotářské jako atomy vzácných plynů.

Nešlo by molekulové stromky vzpřimit?

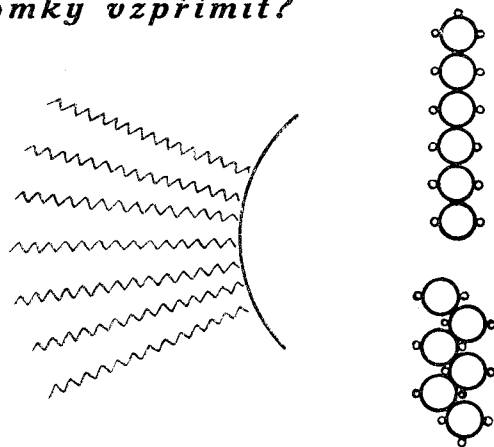
Možná, že leckterého z vás napadne lítost nad těmi hlohovými stromky molekul mastných kyselin. A možná, že máte všichni chuť dát mně dvě otázky. Především jste možná zvědaví, jak na to lidé přišli, že jsou ty »hlohové« stromky molekul tak pokřivené.

Přišli na to zkoumáním pomocí Roentgenových paprsků, jež jsou, abychom to stručně naznačili, krátkovlnným zářením, jež vysílají atomy tvrdých kovů, vytvářejících t. zv. antikatodu, ve vzduchoprázdné trubici po dopadu elektronů čili katodového záření, jež vysílají atomy měkčích kovů, z nichž je vytvořena katoda. Měření na fotografických snímcích, vytvořených Roentgenovými paprsky dokázalo, že molekula kyseliny stearové je dlouhá 25 Å, palmitové 24 Å a olejové pouze 11 Å.

To ostatní bylo již věcí výpočtu a fantasmie. Dříve se soudilo, že molekuly těchto kyselin tvoří t. zv. rovný řetěz čili, že mají podobu rovného, nezkřiveného stromku. Musíme si přitom představit, že i ty uhlíkové atomové klouby i vodíkové bobulky jsou na sebe hustěji nakupeny, takže podle starší představy vypadala molekula kyseliny palmitové jako rovný peň (obr. nahoře), splený z kloubů a postranních kuliček. Takový »peň« by měl mít u palmitové kyseliny délku asi 27 Å, protože bychom musili za její nejkratší délku pokládat šestnáctinásobný průměr atomu uhlíkového. Její molekula má totiž 16 uhlíkových atomů.

Výpočtem i měřením bylo zjištěno, že průměr jednoho uhlíkového atomu je 1,54 Å. Násobíme-li toto číslo 16, dostaneme jistě číslo přes 26 Å, poněvadž musíme připočítat i výšku vrcholku a délku kořene.

Místo toho byla Roentgenovými paprsky určena délka molekuly kyseliny palmitové jen 24 Å. Co z toho následuje? Zde nám již pomůže fantasmie. Má-li být celá

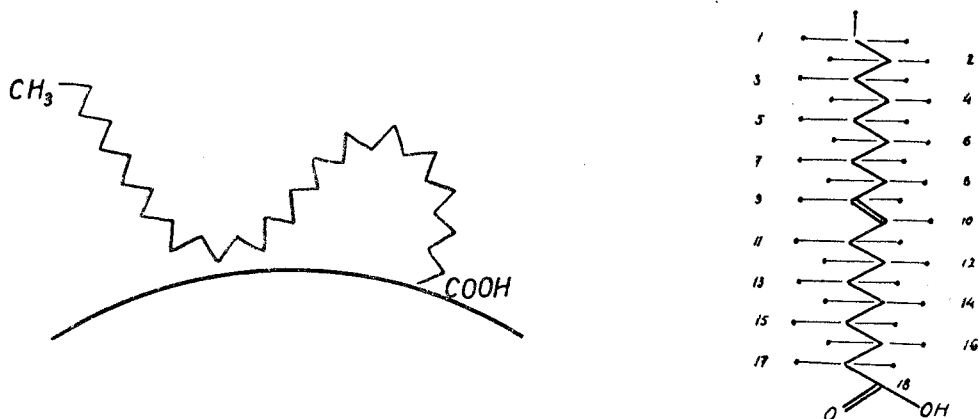


molekula kratší, aniž by se z ní něco ztratilo, musí být nějak zprohýbaná. A tomu vyhovíme novou představou, podle níž molekula kyseliny palmitové atd. je zprohýbaná, tedy vypadá jak na hořením obrázku.

A není možno jí nějak »orthopedicky« tu páteř narovnat? zní vaše druhá soucitná otázka. Nikoliv. Je zřejmo, že se zde jedná o přírodní zákon. Všecko na světě nemůže být rovné a Roentgen je neomylný: jako vám dokáže nějakou chorobu v těle, tak vám také dokáže, že nějaká molekula je křivá.

Truchlivý osud kyseliny olejové

Na rozdíl od kyseliny palmitové a stearové, jež jsou tuhými látkami, je kyselina olejová kapalná a také mýdla z ní složená jsou kapalná. Ale teď se podívejte, jaký je



to ubohý mrzáček. Má 18 atomů uhlíkových jako kyselina stearová a její molekula by měla být tedy také dlouhá přibližně 24 Å (theoreticky, kdyby její »stromek« byl rovný, měla by být ovšem delší, aspoň 28 Å stejně jako molekula kyseliny stearové).

Ale místo toho bylo naměřeno jen 11 Å. Tak zase musí pomoci fantazie. Molekula kyseliny olejové je hotovou klečí, nebo nějakým jiným podobným stromkem, jehož větve se sehnou k zemi, aby se pak od ní opět jaksi odtrhly a vznesly aspoň trochu do výše. Kyselina olejová je jakoby květina či strom zlomený v půli, jenže přesto žijící. Její molekula na vodě vypadá jako na horním obrázku. Bez zlomení bychom si nevysvětlili její nepatrnou délku. Jenže, když chemici přemýšleli, proč právě kyselina olejová má mít svůj molekulový »stromek« zlomený a proč je dlouhá či vysoká aspoň v pěně pouze 11 Å čili přibližně polovinu délky, jakou bychom měli právo očekávat, uvědomili si, že kyselina olejová, přicházející jinak v kapalných tucích a olejích sloučená s glycerinem, má právě v polovině molekuly dvojnou vazbu.

Kdybychom si to chtěli naznačit »stromkově«, vypadalo by to tak, že uprostřed molekuly této kyseliny mají dva sousední uhlíkové atomy — klouby — jen po jedné vodíkové bobuli. Jsou to 9. a 10. uhlíkový atom.

Všimněte si obrázku. Naznačuje spojitost mezi těmi dvěma atomy uhlíkovými dvojitou čarou. Proto se také říká takovému spojení dvou atomů dvojná vazba. Mohlo by se zdát, že na tom místě je »stromek« kyseliny olejové zvláště pevný. Chyba lávky!

Můžeme si naopak mysliti, že ta druhá čárka mezi 9. a 10. uhlíkovým atomem je spíše jakýmsi prkénkem, o jaké nám lékař opírá zlámanou ruku. Je to spíše znamení, že na tom místě je milý stromek zvláště slabý.

A tak tomu skutečně je. Vypadá to tak, jako by devátý a desátý atom uhlíku byly málo úrodné. Místo aby na nich vyrostly dvě větvičky s dvěma bobulemi, vyroste na každém z nich jen jedna větvička s jedinou bobulkou. A to je právě neštěstí pro kyselinu olejovou. Učeně bychom tu neúrodnost devátého a desátého uhlíkového atomu vyjádřili tak, že ony atomy jsou jaksi nenasycené, protože by potřebovaly ještě nějaké oběžné elektrony, aby jich měly osm jako ostatní uhlíkové atomy. Ty docílí čísla osmi elektronů ochotou sousedních atomů uhlíkových a vodíkových, které si vzájemným půjčováním elektronů pomáhají tak, aby uhlíkové atomy měly v zevní slupce osm elektronů, čili aby vystupovaly v oděvu vzácného plynu neonu, kdežto vodíkové atomy budou mít v zevní slupce zdánlivě vždy dva elektrony, čili budou hrát úlohu jiného vzácného plynu helia.

Jen ty dva atomy uhlíkové jsou nějak chudé: schází jim do počtu osmi elektronů — zdánlivě teď mají sedm elektronů — jeden elektron, který by jim mohl dodatí dobře právě atom vodíku. Kyselina olejová proti takovému dodávání vodíku také nic nenamítá. Ochotně jej přijímá za příznivých podmínek, které chemici snadno doveudou připravit, a mění se hned v kyselinu stearovou. Říkáme tomu *hydrování*, česky bychom snad mohli říci vodíkování a setkali jsme se s ním již dříve při výrobě benzínu z uhlí. Neřekli byste, jaký to má praktický význam. Kapalný olej se mění při tom v tuhý tuk, protože kyselina stearová je tuhá látka, a to znamená velké zvýšení významu olejů, protože z kapalných olejů se pak dají vyráběti tuhá mýdla.

Za obvyčejných okolností ovšem je kyselina olejová mezi devátým a desátým atomem uhlíkovým slabá, nenasycená. A my se domníváme, že její nenasycenost se jeví v tom, že na tom místě oba atomy uhlíkové, nemohou-li nabýt scházejících elektronů, mají aspoň větší touhu sblížit se více s vodou, čili že mají k vodě větší adhezi.

Kdybychom se chtěli držet svého stromkového přirovnání s tak slabým místem mezi devátým a desátým kloubem, že bychom toto místo musili zpevniti připevněným prkénkem, mohli bychom říci, že ani to prkénko nedokáže bezvadně vyztužení molekulového stromku a že na tom místě se stromek přece jen prohne, zvláště když jej jaksi příliš silně k sobě táhnou i hladinové molekuly vody.

A tak milý molekulový »stromek« se nakonec přece jen na tom místě ohne a skloní se hluboce až k hladině vody, aby pak tam, kde jsou uhlíkové atomy úrodné, se dvěma vodíkovými bobulemi, vznášel se zase nad vodou. Nakonec v ní ovšem přece zakotví svými kořeny — karboxylovou skupinou — a pěna je tady.

Pěna chutná a neužitečně - užitečná

Snad, pro pána krále, se teď nedočteme, že máme tu mýdlovou pěnu jíst? Tak nějak se mně zdá, že se polekaně ptáte, když čtete ten nadpis. Nedivím se vám: chemici jsou nějak nebezpečně výmluvní. Dokáží vám všechno, co chtějí. Řeknou vám, že umělý med je v l a s t n ě totéž co přirozený, že umělé hmoty jsou v l a s t n ě lepší než pří-

rozené atd., atd. Nakonec nám možná řeknou, tak se třeba leckdo mezi vámi bojí, že černé je bílé. Pojdte raději pryč od chemiků!

Ale už se mně zdá, že se uklidňujete a okřikujete jiné: Počkejte, snad ten chemik má na mysli nějakou jinou pěnu a ne mydliny. Přikyvuji vám souhlasně a hned vás uklidňuji prohlášením, že mám na mysli pěnivé pivo. Druhé moje uklidnění vyznívá v ten smysl, že z vás nechci udělat pijáky piva.

Chci vám jen na příkladu piva promluvit zase o jiné pění. Tedy pivní pěna je vytvořena tak zvanými a l b u m o s a m i , t. j. látkami, které vznikly rozkladem dusíkatých látek, jež nazýváme bílkoviny, a jež se do piva dostaly z ječmene.

Podotýkám, že bílkoviny, podobně jako mastné* kyseliny (palmitová, stearová, olejová), také ochotně tvoří pěnu. Bílkoviny jsou látky jinak dost koloidní, rosolovité, to vše dělá na vás dojem jakési nespořádanosti, rozplizlosti. Kdepak proti tomu na př. taková stromková molekula kyseliny palmitové? Ta se postaví na hladinu vody zpříma jako voják.

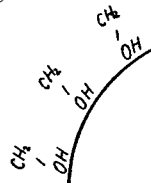
A přece vidíte: ty bílkoviny se na kapalinové blance srazí v ukázněné celky a ty vytvoří skvělou stálou pěnu. Víte, že zvláště některé pivo má velmi stálou pěnu. Bude dobře, když si zde také uvědomíme význam bublinových blanek. Ty blanky, obalující bubliny vzduchové, a vytvořené z kapalinové blanky i z molekul mastných kyselin — u mýdlové pěny —, nebo ze shluknutých molekul bílkovin u piva jsou jakýmsi ochranným valem každé bubliny. Brání jednu bublinu proti druhé, aby nesplynuly a aby se pyšná stavba pěnová nezhroutila. Věříme, že to dokáží, vzpomeneme-li si na to, že na př. u mýdlové pěny čouhají molekuly mastných kyselin ven lhostejnými, netečnými, ne-li dokonce ke všemu nepřátelskými skupinami methylovými. Ty už dovedou ty bubliny uchránit před splnutím. A můžeme předpokládat, že podobně nepochopitelné a zarputilé strážce mají na svých koncích i shluky molekul albumos, vytvářející pěnu pivní.

Tím bychom měli s krku pěnu chutnou. Přejdeme k té druhé pění užitečné. Je to pěna saponinová, již hasíme požáry.***) Saponiny jsou látky v podstatě cukerné. Jsou to totiž sloučeniny cukrů s alkoholy či s látkami podobného složení. Nazýváme takové látky glykosidy.

Saponiny jsou hlavně v řepě cukrové, v kořenu mydlice lékařské, ve špenátě a vůbec v kořenech různých rostlin. Již jejich název naznačuje, že rády tvoří pěnu jako mýdlo. (S a p o je latinsky mýdlo.) Setkáváme se s jejich pěnotvornou schopností v zátočinách potoků, kde je voda vyluhuje z kořenů rostlin, a hlavně v cukrovarech, kde ji vidíme neradi. Působí velké pění difusní šťávy při tak zvané saturaci a také v odpadních vodách, vytékajících z cukrovarů, a táhne se jako kletba z cukrovarů až do lihovarů, v nichž vyrábíme líh z cukrovarecké melasy. Při lihovém kvašení nemáme nic proti tomu, vzniká-li pěna z bublin kysliční-

*) Mastné kyseliny nazýváme tak proto, že nechávají na papíře mastné skvrny.

**) Pěna kysličníku uhličitého na př. v hasicím přístroji »Minimax« patří sem také. Jsou to bubliny kysličníku uhličitého, obalené molekulami vody, ale snad i molekulami solí, vznikajících ze sody a kyseliny solné, jež jsou v přístroji zvláště a při použití přístroje se smísí.



ku uhličitého. Je to vlastně podobný zjev jako pěna při kvašení piva. Ale bohužel saponiny jdou s lihem až k jeho destilaci a způsobují silné pění destilované zá-
pary.

Jak vidíte, dovedou být saponiny značně neúčinné a nepříjemné. Upozornění: samozřejmě pěnu zde nevytváří cukr, který se z nich působením vody uvolňuje, nýbrž druhá látka, s níž byl cukr sloučen. Kdyby byl na př. tou druhou látkou glycerin, vypa-
dala by ta pěna asi tak, jak je na obrázku (str. 143) naznačeno.

Vidíme, že úlohu hydrofilní karboxylové skupiny, známé již z mýdel, hrají zde tři skupiny hydroxylové OH. (Molekula glycerinu je $\text{CH}_2\text{OH}\cdot\text{CHOH}\cdot\text{CH}_2\text{OH}$.) Vidíme tedy, že pěna by byla v podstatě nízká, ale šla by do široka: molekula glycerinu je za-
kotvena do kapalinové blanky třemi kořínky (skupinami OH).

Ale již jsme toho řekli o těch saponinech dost nepříjemného. Povězme si tedy o nich zase něco příjemného: v čem jsou užitečné. Řekli jsme již, že jich užíváme k hašení po-
žárů. Je to velmi jednoduché. V jakési stříkačce mísíme vzduch s vodou a saponinovým práškem, a vzniklou pěnu, lehkou tak, že její hustota je asi 0,15, jež se skládá z bublin vzduchu, obalených blankou vody a molekulami pěnотvorné složky saponinu, stříkáme na hořící předmět. Vytvoří se pěna, podobná jinovatce, jež vydrží na předmětu i několik minut. dostatečnou to dobu, aby zabránila přístupu vzduchu k hořícímu předmětu v té době. Pěna je tak lehká, že plove i po benzínu, takže se jí užívá úspěšně i k hašení po-
žárů benzínu.

Tady, jak vidíte, je saponin opravdu neúčinně - u ž i t e č n ý.

O chutné kapalině, jejíž pěna se nám líbí

Nechci vás svádět k t. zv. alkoholismu, ale jako chemik, hrdý na výkony chemie, nemohu zamlčet, že mnohým lidem doopravdy chutná pěnivá kapalina, o níž vám chci vyprávět. Chci si s vámi zkrátka pohovořit o p i v ě.

Pivo jest lihový nápoj, vyrobený z kvašením z cukerného škrobu. Zvláštní chuti a vůně mu dodáváme chmelem. K jeho výrobě používáme hlavně ječmene, jež zcuker-
níme klíčením. Tím vznikne t. zv. s l a d. Ječné zrnko má 62⁰/₀ škrobu. Namočíme-li je tak, aby natáhlo asi 45⁰/₀ vody a ponecháme je na vlhkém vzduchu při teplotě 10—20° C, začne klíčit, při čemž enzymem*) diastazou, v něm přítomným, mění se škrob na maltosu (cukr sladový), což nazýváme zcukerněním škrobu.

Čištění ječmene

Sladování ječmene provádíme buď v samotných pivovarech nebo ve sladovnách, které vyrobený slad prodávají pivovarům, lihovarům, droždárnám a pod.

*) Enzymy jsou podivuhodné ústrojné, organické látky, které dovedou rozštěpiti složitější organické látky na jednoduché sloučeniny.

Při tom ječmen nejprve čistíme v přístroji, umístěném na nejvyšším místě sladovny. Z nálevkovité násypky padá ječmen do sítového bubnu, jenž zadržuje hrubší nečistoty, zatím co ječná zrna sítou projdou. Pak prochází zrní štětkovnicí. Je to žlab, v němž se otáčí hřídel s hřebly, na nichž jsou kartáče, které zrní čistí. Ze štětkovnice jde zrní do svislé roury, již přichází proti němu zdola silný proud vzduchu; ten odstraňuje lehčí nečistoty. Zrní padá na třaslavé síto, které zachycuje větší zrna jako hrách a přichází do trieuru.*) Ten se skládá z vnitřního otáčivého bubnu, který zachycuje kulatá zrnka, na př. koukolová, a z vnějšího válce sítového, neotáčivého, do něhož přicházejí normální zrna z vnitřního válce. Tato zrna jsou vytlačována z vnějšího válce závitnicí proti sítům kolem něho umístěným, jimiž podle různé velikosti otvorů v sítu můžeme ječmen tříditi na různé druhy podle velikosti.

Vyčištěný ječmen přechováváme na suchých půdách nebo špýcharech v hromadách až 2 m vysokých. Potom ječmen máčíme v tak zv. nadúvácích, aby mohl vzklíčiti. Nadúváky mohou pojmuti až 100 q ječmene; jsou to zděné cementové nebo železné kádě, do nichž zespodu od dna přivádíme vodu. V moderních nadúvácích trvá nadúvání 20—24 hodin, ve starších tři- až pětkrát tak dlouho; teplota se udržuje nad 10° C.

Jak vzniká v ječmenu cukr

Namočený ječmen necháváme vzklíčit. Klíčení se děje při teplotě 10° C na místě mírně světlém nebo tmavém, a je skončeno, když vynučenší kořínky dosahují 3—4 násobné délky zrna a klíček lístkový, na druhém konci vynučenší, asi ½—⅔ délky zrna. Při starším, t. zv. humnovém klíčení házíme ječmen z nadúváků na podlahu sklepních místností, t. zv. humen, jež jsou vysoká asi 3 m a mají cementovou nebo kamennou podlahu. Ječmen do nich nasypáváme do hromad vysokých asi ½ m, jež musíme přehazovati. Po 7—10 dnech vznikne zelený slad.

Máme-li vyráběti slad i v zimě, užíváme způsobů mechanických. Podle způsobu bubnového sladujeme ječmen v železném, pomalu se otáčejícím bubnu, do kterého přivádíme s jedné strany vlhký vzduch. Sladování zde trvá obyčejně rovněž 7—10 dní.

Druhý mechanický způsob je kádový. Provádí se opět ve sklepních humnech, která jsou přehradami rozdělena v kádě hluboké asi 7 m. Slad v kádích přehazujeme strojově pojízdným vozíkem s otáčivými rádlý. Do místností přivádíme horem nebo spodem vlhký vzduch.

Po vyklíčení musíme zelený slad sušiti horkým vzduchem ve hvozdech. Jsou to sušárny, které mají podobu věží se širokým komínem, jenž má v každém pivovaru jiný tvar. Se sušením začínáme při teplotě 20—30° C a zvyšujeme teplotu ponaáhlu na 80—100° C, čímž se škrob značně zcukerní a cukr se částečně změní v karamel (pálený cukr).

Hvozdování trvá 20—48 hodin. Potom odvážíme slad ručními vozíky na sladovnou půdu, aby vychladl. Při výrobě tmavého piva musíme slad ještě pražiti: pokropíme jej ještě za horka vodou a pražíme v bubnech jako kávu při teplotě 150—

*) Trieur vyslov trijér.

200° C, čímž vzniká karamel. Ten pak dává sladu tmavohnědou až černohnědou barvu.

Z hotového sladu odstraňujeme nyní klíčky a jiné nečistoty v přístroji, zvaném polírka sladovnícká. Síta jsou zde uváděna v třaslavý pohyb. S nich jde slad válcem, opatřeným na obvodu drátěnými kartáči, a zvlněnou železnou deskou.

Oddělené sladové klíčky nazýváme sladovým květem a prodáváme je za cenné krmivo pro dobytek. Slad potom drtíme čili šrotujeme, abychom z něho mohli snáze vyluhovati cukr, v mlýnku na třech párech válců.

Dobývání cukru vodou

Sladový šrot loužíme pak tak, že vodu, potřebnou k přípravě sladin (vyloužený cukr a rozpustné látky ze šrotu), rozdělíme na dvě části (na 15—30 kg sladu spotřebujeme 100 l vody). Dvěma třetinami rozděláme pivovarskou záparu čili rmut ve vystírací kádě za studena, zbylou třetinu vody zahřejeme v kotli rmutovém, umístěném v pivovarské »kuchyni«, tak zvané varně, pod vystírací kádě na 60° C, pak ji přidáme do rmutu, čímž zvýšíme jeho teplotu na 31 až 37° C, pak spustíme 1/3 rmutu z kádě do rmutového kotle, zavaříme na 100° C a vrátíme znovu do vystírací kádě, opět odtáhneme po druhé 1/3 rmutu z kádě do rmutového kotle, zavaříme a vrátíme do vystírací kádě, takže tím zvýšíme teplotu rmutu na 65 až 70° C. Rmutování trvá asi čtyři hodiny. Obdržíme tak sladinu.

Po skončeném rmutování spustíme rmut z vystírací kádě do rmutového kotle a přečerpáme sladinovou směs do szezovací kádě. Tato kádě má děrované dno, na němž se usadí vrstva mláta, t. j. vyslazeného šrotu, která je filtrační vrstvou pro sladinu. Ta protéká mlátem do kotle mladinového či chmelného. Zbylé mláto prodáváme za krmivo pro dobytek buď ve stavu mokřém či suchém, po předchozím sušení.

Vznik mladiny

V mladinovém kotli vaříme szezenu sladinu dvě hodiny, pak k ní přidáme chmel (1 až 2 kg na 100 kg použitého sladu) a vaříme opět dvě hodiny, vytápějící kotel parou.

(Chmel pěstujeme v chmelnicích, kde tato rostlina roste do výšky několika metrů po tyčkách a dává chmelové šišťice. Ty sušíme v sušárnách a konservujeme sířením kyslíčnickem siřičitým.)

Vařením s chmelem získává sladina příjemnou chuť a nahořklou příchuť, tríslovinami v chmelu se srážejí ze sladinu bílkoviny. Při chmelení mísíme obsah kotle mísidlem, pak jej necháme ustáti a vytlačíme pumpou do cedáku, kde na jemném mšazném pletivu zachytíme zbytky chmele a zákaly.

Z cedáku odvádíme mladinu za účelem chlazení nejprve na t. zv. štoky. Jsou to železné pánve, dlouhé až 30 m, široké 25 m a hluboké 20 cm, na nichž necháme mladinu vychladnouti ve dvou hodinách na 40° C.

Ze štoků spouštíme mladinu na uzavřené rourové chladiče, které udržujeme ledovou vodou na nízké teplotě; na nich chladíme mladinu až na 10 či 5° C.

Jak se z cukru v pivě stane lih

Ochlazenou mladinu necháváme pak zkvasiti v sklepních místnostech v kvasných kádích. Ty bývají z dubového dřeva, nebo jsou zděné či železné, mívají obsah až 500 hl. Teplotu v nich udržujeme rourami, jimiž protéká chladicí roztok, na výši 5—8° C, do mladinky ovšem musíme přidat kvasnice.

Po skončeném kvašení mladé či zelené pivo d o k v a š u j e v ležáckých sudech, umístěných v ležáckých sklepích, které jsou pod kvasírnami. Dáváme je do řad na dřevěné nebo železné podložky v poloze poněkud nakloněné. Teplotu v těchto sklepích udržujeme potrubím, vedeným od zimotvorného stroje, mezi 0 až 2° C. Ležácké sudy mívají obsah 50—100 hl, jsou z dubového dřeva a dobře vysmoleny. V nich pivo opět kvasí, což se jeví tvořením se pěny u horního otevřeného zátkového otvoru. Když pěna opadne, zazátkujeme otvor a necháme pivo d o z r á v a t čili l e ž e t. Potom pivo stáčíme do dobře vysmolených sudů o obsahu 25, 50, 100 i více litrů, po případě do lahví.

Česká lehká piva obsahují asi 3,5⁰/₀ lihu. Piva cizí mívají chuť pro nás nezvyklou, na př. německá bývají kyselá, protože v nich zavádějí vedle lihového kvašení i mléčné kvašení a vzniklá kyselina mléčná samozřejmě chutná kyselé; belgická, která se připravují ze sladu a ze syrového obilí a zkvašují divokými kvasnicemi, bývají natrpklá, takže je sladíme cukrem podobně i jako natrpklá piva pařížská.

O jiných věcech, které vytvářejí pěnu

Musíme si promluvit nejen o pivě, které, jak víme, dělá pěnu spíše pro okrasu, ale i o věcech, které jí prostě musí dělat, protože to patří vlastně k jejich životnímu úkolu. Jsou to m ý d l a.

Z čeho děláme mýdla

Jednoduchá odpověď: z tuků živočišných a rostlinných. A co jsou to tuky? Jsou to sloučeniny glycerinu s mastnými kyselinami zvláště s palmitovou, stearovou a olejovou. Ze živočišných připomínám máslo, sádlo, lůj, rybí tuk, z rostlinných na př. o l e j o l i v o v ý, r i c i n o v ý, které na vzduchu netuhnou čili nevysychají, olej ř e p k o v ý, který na vzduchu částečně tuhne, a olej l n ě n ý, k o n o p n ý či m a k o v ý, které všechny na vzduchu tuhnou čili vysychají.

Živočišné tuky vyrábíme z těch částí zvířecího těla, v nichž se nacházejí — na př. v rybích játrech — vyškvařováním, po případě ještě zbytky po vyškvaření lisujeme nebo provařujeme zbytky, uložené v kotli na síťovém dně, parami benzínu, benzenu nebo chloridu uhličitého. Říkáme tomuto provařování e x t r a k c e (doslovně přeloženo znamená to slovo v y t a ž e n í).

Rostlinné tuky vyrábíme ze semen nebo dužnatých plodů rostlin drcením těchto rostlinných částí pěti vodorovnými válci nad sebou položenými, pak lisováním hydrau-

lickým lisem. Při tom tlačíme rozmělněná semena, uložená v plachetkách, střídajících se se zvlněnými ocelovými plechy, proti lisovací desce, umístěné nahoře. Lisováním za studena získáme cennější tuky s t o l n í, za tepla méně cenné tuky t e c h n i c k é.

A právě z takových technických, to jest méně hodnotných, vylisovaných či extrahovaných tuků živočišných a rostlinných vyrábíme mýdla a svíčky.

Nezbývá než tuky rozbit

Snad nad tím nadpísem zakroutíte hlavou. Ještě byste tak rozuměli rozbití, kdyby ty tuky byly tvrdé jako sklo, ale jak je možno rozbit mazlavé věci? A vidíte, skutečně při výrobě mýdla i svíček ty tuky »jaksi« rozbijeme. Rozložíme je totiž na její chemické složky, na mastné kyseliny a glycerin, protože i na mýdla i na svíčky potřebujeme vlastně jen mastných kyselin.

»Rozbíjení« tuků nazýváme odborně z m ý d e l n ě n í m právě proto, že získaných kyselin užíváme k výrobě mýdel. Zmýdelnění provádíme zahříváním tuků v měděných kotlech (autoklávech*) při 170—180° C a tlaku 8—10 atmosfér s jedním procentem pálené magnésie (kysličníku hořečnatého) nebo s 0,5⁰/₀ kysličníku zinečnatého a zinkového prášku asi osm hodin.

Vaření mýdla

Tuky se rozštěpí na volné mastné kyseliny, které zůstanou na povrchu, a na glycerin, který zůstane v množství 10—15⁰/₀ ve spodní vodě. Zatím zahříváme v mýdelném kotli k varu roztok sody a přivádíme do kapaliny za mísení kapalně mastné kyseliny. Při výrobě obyčejných mýdel přidáváme do směsi ještě 10—15⁰/₀ kalafuny, která zvyšuje pěnovost mýdla.

Při míchání uniká za silného pění kysličník uhličitý, který vypudíme úplně přidáním koncentrovaného (soustředěného) roztoku louhu sodného a dalším vařením. Pak mýdlo v y s o l u j e m e, přidáváme totiž do kotle obyčejnou kuchyňskou sůl, čímž dostaneme tuhou sodnou sůl mastných kyselin, zvláště palmitové a stearové čili zkrátka mýdlo. Z tohoto obyčejného j á d r o v ě h o mýdla vyrábíme pak rozřezáním na hobliny a mícháním i hnětením s barvivy a vonidly i lisováním mýdla t o i l e t n í.

Z kapaliny, zbylé po zmýdelnění tuků, získáme odpařením a destilací přehřátou parou glycerin, kterého užíváme mimo jiné i k výrobě d u s i č n a n u g l y c e r i n u (nesprávně nitroglycerinu). Tento dusičnan je bezbarvá kapalina, která náhlým zahřátím nebo nárazem vybuchuje.

A jak vyrábíme svíčky

To víte, že zase to nepůjde bez »rozbití« tuků. Zase tuky zmýdelňujeme buď kysličníkem vápenatým nebo hořečnatým, ale můžeme je zmýdelnit i pouhým jedním procentem kyseliny sírové. Získáme opět mastné kyseliny, které necháme ztuhnouti v plechových mísách, a pak je lisujeme za tepla v hydraulických lisech. Tím dostaneme t e k u t ý podíl, o l e i n, obsahující hlavně kyselinu olejovou, a t u h ý podíl, s t e a r i n, skládající se z kyseliny palmitové a stearové.

*) Autoklávy jsou kotle na vyšší tlak.

Oleinu užíváme k výrobě mýdla, stearinu k výrobě svíček. Roztavíme jej totiž a le-
jeme do forem, jejichž prostředkem vedeme knot, odvíjející se s cívky. Formy jsou
obráceny špičkou dolů. Ale trochu svíčky »falšujeme«, neděláme je totiž jen ze steari-
nu, nýbrž i ze samotného parafinu nebo ze směsi obou látek.

Vzpomínka na Verneův román „Na kometě“

Myslím, že leckdo ze čtenářů četl tento Verneův román, popisující přiblížení se —
nevím již které — komety k Zemi a vypravující, jak se tato kometa dotkla nějakého
vrchu v kterémsi francouzské kolonii v Africe. Krátký dotyk nebo snad již pouhé přiblí-
žení se komety stačilo k tomu, aby si kometa přitáhla k sobě vrch i se strážným domkem,
v němž bydlil francouzský důstojník se svým sluhou. A při tom již »při jednom« —
jak se říká — vzala s sebou i nějaké jezírko pod vrchem, ovšem i s okolním břehem, na
němž oba vojáci později našli osamělého starého učence.

Stali se z nich trosečníci ve Vesmíru, poněvadž kometa je vesele unášela do vesmír-
ných končin. Abych uklidnil čtenáře, kteří knihu neznají, nějakým »happy endem«,*)
řeknu raději hned na začátku, že všichni tři se dostali šťastně zpět na Zemi (pokud se
pamatují, padákem v době, kdy se kometa znovu k ní přiblížila).

Přechlazená voda

To víte, že vám bez nějakého zákulisního úmyslu tento příběh nevypravuji. Už
s tím jdu na světlo boží. Všimli jste si, že jsem nezapomněl na to jezírko pod vrchem?
Právě toho se týkají mé zákulisní plány. Oba vojáci při tom odtržení od Země totiž
upadli do mdlob a procitli z nich vlastně již ve Vesmíru. Vyšli ven a bylo jim nápadné,
že je nezvykle velká zima. Sluhovi byla nápadná ještě jedna věc: že při té velké zimě
není jezírko zamrzlé. Důstojník — Verne rád zařazoval do svých románů takové pří-
rodovědecky či technicky vzdělané muže — hned v tom tušil nějakou fyzikální »čerto-
vinu«: bylo mu jasno, že nezamrzlá voda při tak nízké teplotě je zjevem poněkud ne-
obvyklým, že je to prostě voda přechlazená.

Můžete totiž při velmi opatrném ochlazování vody, aniž byste jí otráslí, ucho-
vat ji v kapalném skupenství, i když ji ochladíte pod bod mrazu. Důstojník věděl, že
taková voda hned vykristaluje, to jest, promění se v led, jakmile ji vystavíme nej-
menšímu pohybu, na př. zatřepeme-li nádobkou, v níž voda je. Zde bylo nutno zatře-

*) Happy - end = šťastný konec.

pat přechlazeným jezírkiem a proto důstojník poradil sluhovi, aby hodil do jezírka kámen. Když se to stalo, zmrzlo jezero za dost značného hluku okamžitě.

Tohle přechlazené jezírko bude nám teď vhodnou příležitostí, abychom si trochu promluvili o krystalisaci. Krystalisace, a o tu se jedná při zmrznutí vody, je vlastně zavádění pořádku do hmoty. Zatím co plynné skupenství je eldorádem pro bezuzdné lítání molekul plynů sem a tam a přitažlivé síly mezi molekulami vstupují v platnost až teprve, stlačíme-li plyn, je v kapalině již jakýsi pořádek. Molekuly zde k sobě lnou a nejlepší důkaz toho vidíme vždy, vidíme-li padat dolů kapku nějaké kapaliny, ať je to již kapka, v jejíž podobě na nás padá déšť z oblak, či kapka rosy na listech rostlin, či kapka roztaveného kovu. Vždycky je taková kapka shlukem velkého počtu molekul, které drží pohromadě přitažlivé síly mezi nimi.

Krystal — symbol pořádku v neživé přírodě

Ale kapka neznamena ještě pořádek. — Ten vznikne teprve, postaví-li se atomy, ať již s plnou výzbrojí oběžných elektronů, nebo se získanými či ztracenými elektrony, jako tak zvané ionty, do pravidelných prostorových útvarů, jimž říkáme krystalová mříž.

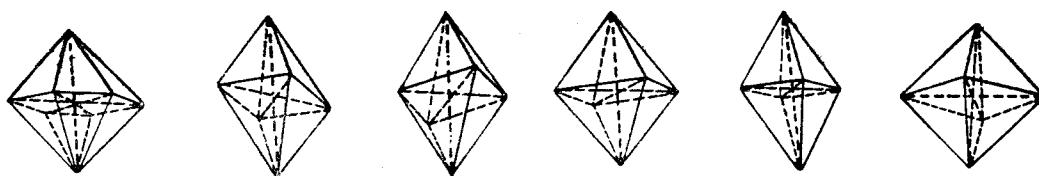
Celkem lze říci, že příroda dává při vytváření krystalových mříží přednost soustavě krychlové. Kovy vůbec krystalují většinou v podobě krychlí, jejichž osm rohů je obsazeno kovovými atomy a rozdíl je pouze v tom, že mimo tyto rohové atomy je ještě jeden kovový atom uprostřed krychle nebo ještě šest uprostřed šesti ploch, jimiž je krychle omezena. I velký počet sloučenin krystaluje v krychlích.

Nesmíte si myslit, že ty krystaly — lépe řečeno: krystalky — jsou, Bůh ví, jak velké. Bylo zjištěno, že taková základní krychlička železa má hranu $2,815\text{Å}$ (ongstrémů, t. j. stomiliontin centimetru). Železo tvrdé má základní krystalek trochu větší: krychlová hrana měří $2,87\text{Å}$. Taková mříž není také naprosto pevné těleso, přirovnal bych ji spíše k třaslavému lešení. Přihřejte plyn a molekuly začnou lítat zběsile na všechny strany, vždyť teplo je vlastně živý pohyb molekul. V krystalovém »lešení« začnou atomy nebo ionty aspoň kmitat kolem své základní polohy. Zkrátka: teplo a pohyb je totéž.

Jak vznikají krystaly?

Krystaly mohou vznikat buď z roztavené nebo rozpuštěné tuhé látky, na př. buď z roztaveného železa nebo z rozpuštěné kuchyňské soli. Jedná-li se o taveninu, stačí ji zchladit, jedná-li se o roztok, nutno se jednak starat, aby byl co možná přesycený, t. j., abychom jej připravili slitím nasyceného roztoku z nerozpuštěných krystalů, a abychom jej také ochladili. Ale krystaly mohou vzniknout i z plynné látky, na př. ze salmiaku, kafru či jodu, proměněných v páry. Také zde stačí ochlazení k vytvoření pořádku, t. j. krystalu.

Jestliže chladne tavenina či přesycený roztok, vznikne na některých místech jakési zhuštění hmoty, asi tak, jako podobným způsobem vznikly ve Vesmíru mlhoviny. Jenže zde na Zemi je toho zhušťování spořádané a ukázněné: vzniknou zárodky krystalů, t. zv. krystalisační střediska, od nichž pak paprskovitě ve všech směrech začnou přibývat krystaly.



Soustava: krychlová,

čtverečná,

kosočtverečná,

jednoklonná,

trojklonná,

šesterečná

Je-li kapalina přechlazená, jako bylo to Verneovo jezírko na kometě, lze urychlit její krystalisaci buď tak zvaným očkováním, čili vhozením krystalku do ní nebo otřesem. Francouzský vojenský sluha na kometě hosením kamene do vody ji zdánlivě také očkoval, ale spíše ji uvedl do pohybu a tím způsobil rychlý vznik zhuštěnin na některých zvlněných místech. A jak to Verne vylíčil, byla pak krystalisační rychlost jezírka velmi uspokojivá.

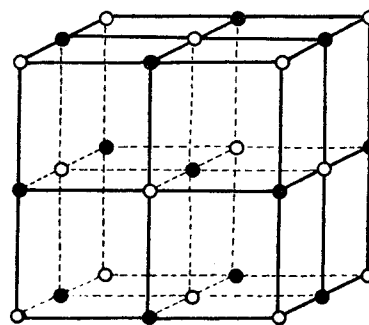
Jak je tomu s krystalisací, způsobenou otřesem přechlazené kapaliny nebo velmi koncentrovaného roztoku na př. ve zkoumavce? I zde nastává krystalisace nakonec jakýmsi očkováním. Mezi stěnami nádoby a molekulami rozpuštěné látky je jistě jakási přitažlivost, soudržnost, kohese. Tou se zachytí na stěnách shluky většího počtu molekul, otřesem nádoby se odtrhnou a odletí do kapaliny, kde se od nich jako od krystalisačních středisek začnou šířit ve všech směrech krystaly.

Vzpoura kapalin

Jak to jinak nazvat, jestliže kapaliny sice ztuhnou, ale nevykrystalují, aspoň ne hned. To máte hned s takovým sklem. Sklo je vlastně stejně přechlazená kapalina, jako bylo Verneovo jezírko na kometě. Představujeme si to v takových přechlazených kapalinách tak, jako by v nich molekuly byly jen tak v nepořádku vedle sebe, zkrátka jako by taková přechlazená kapalina byla tuhoun, beztvárovou látkou. Cizím slovem nazýváme beztvárovou látku látkou a m o r f n í.

Ale vzpoura kapalin proti přírodě, příkazující tuhým látkám uspořádání molekul na základě vzájemných přitažlivých sil do pravidelných krystalických tvarů, nemůže trvat věčně. Jako přechlazená voda nevytrvá věčně, nevydrží věčně ani amorfni sklo. Nakonec krystaluje, i když to trvá celá stáletí či tisíciletí. Každé staré sklo je nakonec aspoň částečně krystalické a proto kalné, opalisující.

Vzpourou kapalin zdají se býti i tak zvané tekuté krystaly. Vypadá to doopravdy tak, jakoby kapalina chtěla a nechtěla vykrystalovat a zůstala stát se svými krystaly a svou tekutostí jaksi uprostřed. Jsou skutečně takové tekuté krystaly, které tvoří kapky jako kapaliny, ale jsou spíše zajímavé pro vědu, než aby bylo možno jejich »sedění na dvou



Krystalová mříž soli kuchyňské (chloridu sodného):
černé kroužky-ionty sodíku,
bílé kroužky-ionty chloru.

židlích« — na židli krystalové a kapalinové — prakticky použít. Nalézáme tekuté krystaly hlavně u některých organických sloučenin, tedy u sloučenin uhlíku, na př. u paraoxyanisolu.

Krystaly těchto látek jsou vytvořeny ze shluků jejich molekul, které jsou protáhlé a rovnoběžně uspořádány, je zde tedy vskutku jakýsi pořádek, když se molekuly řadí do vzájemně rovnoběžných poloh.

Proč je bílý a červený fosfor

Ale nejen některé kapaliny si dovedou při tuhnutí zavzdorovat; také látky, jež krystalují bez odmluvy, jako by si někdy postavily hlavu a samy »podle nálady« začaly krystalovat podle vlastní libosti. Úplně podle jejich libosti to není, spíše by se mohlo říci, že krystalují podle toho, jaké je »počasí«.

Je to konečně dost přiléhavý název: počasí je vytvářeno teplem, světlem, tlakem vzduchu, množstvím vodních par ve vzduchu. »Počasí« pro krystalisaci tavenin nebo roztoků je způsobováno podobnými činiteli: teplotou, napětím par tavené látky či rozpustidla i světlem. A tak máme těmto věcem, tomuto »počasí« co děkovat za to, že máme na př. bílý a červený fosfor, ale také za to, že máme bílý a šedý cín, že máme uhlík v podobě diamantu, tuhy a sazí, že máme čtyři druhy železa, ale že máme i v plynném skupenství tři druhy kyslíku (s molekulou dvojjátomovou o b y č e j n ý kyslík, s trojjátomovou o z o n a se čtyřátomovou o x o z o n) atd.

Vyskytuje-li se v různých krystalových tvarech sloučenina, říkáme tomu p o l y m o r f i e (mnohotvárnost). Příkladem toho je nám na příklad vápenec, krystalující v klencích, a aragonit, krystalující v sloupcích; obě látky jsou v podstatě uhličitan vápenatý. Jestliže se vyskytuje prvek v několika různých tvarech, říkáme tomu a l l o t r o p i e (jintotvárnost) a každému zvláštnímu krystalovému druhu prvku říkáme a l l o t r o p i c k á m o d i f i k a c e (jintotvárný vid).

Začali jsme fosforem, vraťme se k němu. Kdybychom chtěli být upřímní, musili bychom říci, že jsou vlastně čtyři vidy fosforu: dva b í l é, z nichž jeden krystaluje v k r y c h l o v é soustavě a je stálý za obyčejné teploty, druhý pak v soustavě š e s t e r e č n é a je stálý jen za nízkých teplot, pak je fosfor f i a l o v ý, který krystaluje v soustavě j e d n o k l o n n é, a konečně č e r n ý.

Fosfor je vůbec velmi poučný prvek. Všimli jste si, jak jsem upozornil na to, že určité jeho druhy jsou stálé jen při určitých teplotách? Tím je také již naznačeno, že jeden druh fosforu může přecházet v druhý. A totéž lze říci o videch i ostatních prvků.

Není to zajímavé? Přirovnal jsem krystaly k lešení, jež lze teplem uvést do třaslavého pohybu. Vidíme, že to lešení dovede dokonce i měnit tvar, jako bychom pohybem páky nebo smáčknutím knoflíku mohli přehazovat atomy a jednotlivé »látě« je spojující tak, že celková konstrukce se nerozsype, ale změní takřka okamžitě svůj tvar. Všimněte si na př. toho bílého fosforu. Víme o něm, že je jedovatý, jako vůbec různé tvary u prvků mají za následek i rozdílné vlastnosti fyzikální: barvu, tvrdost, štípatelnost, elektrickou vodivost.

Ochladíme tedy obyčejný bílý krychlový fosfor na -70° C. Při této teplotě jako bychom pohnuli pákou a krychlové lešení se přemění na šesterečné, patrně podoby šes-

tibokého hranolu. »Latě« i atomy na jejich koncích zaujmou kouzelně jinou polohu. Zahřejme opět toto »lešení« a dostaneme lešení krychlové. A zahřejme i toto bílé fosforové krychlové lešení v nádobě naplněné plynem, jenž by zabránil shoření fosforu, na př. kyslíčnickem uhličitým, na 250° C, a zase změna, třebaže ne úplná. Část bílých lešení zůstane beze změny a část se změní na jednoklonné lešení, jež — světe, div se — změní i barvu bílou na fialovou.

Jenže tohle vše se děje na tak nepatrných krystalcích, že my vidíme jen celkový výsledek: směs bílých a fialových lešení, čili správněji krystalků, která působí dojmem barvy červené a máme zde fosfor červený, nejedovatý. Podle toho, že je směsí bílého — jedovatého — a fialového, patrně nejedovatého, lze soudit, že v tom červeném bude vlastně také trochu jedovatosti, ale že bude v takové menšině proti fialové nejedovatosti, že se v ní ztratí a celek je zkrátka nejedovatý.

Ještě zmínku o tom černém fosforu. Ten je pomalu podobně vzácný jako diamant. Dostaneme jej sice také z bílého, ale za jakých podmínek! Bílé »lešení« v tomto případě změní polohu svých prken sice při nižší teplotě, než když vzniká »lešení« červené, t. j. při zahřátí na 200° C, ale zato za tlaku 12.000 atmosfér! Dovedete si představit takový tlak 12.000 kilogramů na 1 cm²? Vidíte, co všechno věda neudělá jen proto, aby poznala, jak se bude ten zatrchtílý bílo-fialově-červený jedovatě-nejedovatý fosfor chovat i při vysokém tlaku.

Hry s krystalovými lešeními

A teď si představte, že takovou hru s »lešeními« můžeme opakovat u mnoha prvků. Snad bychom mohli všeobecně říci, že prvky i sloučeniny vytvářejí za určitého příznivého »počasí« lešení líbivější, souměrnější, kdežto za podmínek méně příjemných nějak protáhnou, zešklebí svou tvář a jejich lešení vypadne méně vlídně, méně souměrně, jako na př. při takové přeměně krychlového bílého lešení fosforového v jednoklonné lešení fialové.

Skoro nám takové přehazování prken na lešení připomíná jednoduchý mechanismus, jakým přeměňujeme na příklad baterii leydenských lahví ze spojení vedle sebe na spojení za sebou.

Uveďme si ještě jen několik známých prvků jako příklady různých her s lešeními. M a n g a n mění svou tvář či své lešení — zase, jak chcete, — podle nálady a počasí podobně jako železo čtyřikrát, má tedy čtyři modifikace. U h l í k má tři lešení či tři tváře: diamantovou, tuhovou a sazovou. Ale pozor, nenechte se klamat. Dlouhou dobu se soudilo, že saze jsou beztvary, amorfní vid uhlíku, pomalu něco podobného jako rozbité sklo, které je z počátku také beztvaré. Ale novější výzkumy dokázaly, že i saze jsou krystalické.

Lidé se musí umět přizpůsobit počasí i podnebí, jež je vytvářeno počasím nejčastěji přicházejícím v nějaké části zemského povrchu. Snad je něco podobného i u prvků a sloučenin, nebo — lépe řečeno — u jejich různých vidů. Některé vidy jsou za »obyčejného počasí«, t. j. za obyčejné teploty, obyčejného tlaku atd. tak stálé, že jiné vidy v ně přecházejí, jsou-li takřka skleníkovými útvary, které snesou opravdu jen úzce vymezené podnebí. Tak je tomu na příklad u s í r y, která má jedinou stálou modifikaci:

kosočtverečnou. Ostatní tři modifikace v ni ponenáhlu přecházejí, ať je to již síra jednoklonná, která vznikne pomalým chladnutím roztavené síry, nebo ještě druhá jednoklonná modifikace, která vznikne z kosočtverečné působením ultrafialových paprsků, či konečně tvárná, plastická síra, která vznikne rychlým ochlazením roztavené síry, na př. nalitím do studené vody.

Ale máte u některých prvků také vidy, které tak zdomácněly za obyčejného, běžného počasí, že jsou v něm všechny stálé. Vezměme si za příklad modifikace uhlíkové. Nejsou diamant, tuha a saze všechny dohromady stálé za obyčejného počasí? A není stálý za obyčejného krystalového počasí i bílý a červený fosfor?

Jenže věřili byste, že i na ty zdomácnělé modifikace někdy dojde? Ovšem musíte přece jen změnit podnebí, v němž »žijí«, i kdyby to bylo sebe nepatrněji. Tak na př. s e l e n má pět modifikací, z těch dvě kovové. Dopadne-li na jednu z těchto kovových modifikací světlo, stává se elektricky vodivou tím, že světlo z ní vyhájí elektrony.

A co byste říkali dokonce králi drahokamů, diamantu? Změňme mu v jeho obyčejném podnebí světlo, ozařte jej ultrafialovými paprsky, a on zčerná. Zde je to již vážnější změna: nevypadá tahle změna jako přeměna diamantu v tuhu? A u bílého fosforu nemusíte ani zahřívat, abyste dostali červené lešení, a nemusíte působit ani ultrafialovým světlem. Stačí již, působí-li na něj i obyčejné světlo: bílé lešení začíná se měnit v červené.

Mravní naučení: nic na světě není stálé, ani ten diamant.

A to ani nemluvím o tom, když již jsme u diamantu, že jej můžete spálit jako uhlí na kysličník uhličitý. Přirozeně jako král drahokamů nechá se hodně nutit. Musíte jej zahřát na 800° C, aby shořel na trochu toho kysličníku uhličitého. Nemyslíte, že by to bylo drahé topení?

Návrat k přechlazenému jezeru, jež zamrzlo

Cítím nutnost vrátit se ještě k tomu Verneovu přechlazenému jezeru. Rád bych vám totiž pověděl něco o vzniku ledu. Fyzikální chemik G. T a m m a n n, proslulý studiem ledu, objevil velmi různé druhy ledu, lišící se body tání i krystalizační rychlostí. Byly po něm nazvány ledy Tammannovými a bylo zjištěno, že mohou existovati jen za vysokých tlaků, tedy na př. v ledovcích. Krystalují i v různých soustavách. Jeden druh těchto ledů byl nalezen dokonce při tlaku 30.000 atmosfér a tál při +80° C. Sledujme vznik obyčejného ledu. Musíme vyjít od sněhu. Jak vzniká s n í h ? Krystalisací vody ve vzduchu, přesyceném vodní parou.

Sněžné hvězdy

Sněhové vločky jsou vlastně šestipaprskové hvězdy s opeřenými paprsky. Tyto hvězdy jsou základním útvarem i pro led. Jenže led, jenž vzniká samovolnou krystalisací přechlazené vody nebo přechlazených roztoků, může mít tři druhy krystalů: nejen tuto šestipaprskovou hvězdu, nýbrž i hvězdu čtyřpaprskovou, kde z původních šesti paprsků se jaksi dva ztratily, takže vznikl pravoúhlý útvar, v němž čtyři paprsky stojí na sobě kolmo. Konečně mohou být v samovolně krystalujícím ledu i samotná pera, jakoby odtržená od hvězdy.

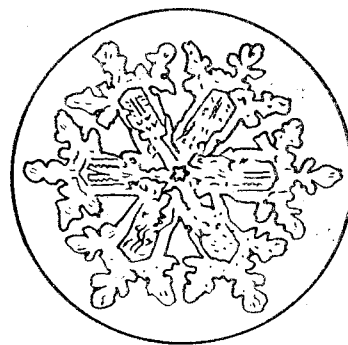
Taková pera jsou vlastně prvními zárodky ledu, vznikajícího samovolným přechlazením vody a zředěných roztoků nejvýš o 10° C. Ale vznikají též očkováním přechlazené vody. Je to, jak víme, donucení přechlazené vody ke krystalisaci vnesením krystalů vody, t. j. kousku ledu do ní. Úhel, jež dvě protilehlá peříčka svírají, je velký 120°. Peříčka pak směřují obyčejně do přechlazené vody, z níž vznikají.

V přírodě vzniká samovolné přechlazení vody na př. v kalužinách za zimních nocí vyzařováním tepla a vypařováním. Voda začne krystalovat nejprve na krajích, vznikají perovitě útvary, směřující do přechlazené vrstvy na povrchu vody. Vyvíjí se při tom ovšem krystalisační teplo (skupenské teplo tuhnutí vody je asi 80 kalorií při ztuhnutí 1 kg vody), ale opět uniká do prostoru a krystalická pera se zhušťují a srůstají, takže vznikne na povrchu vody tenká vrstva ledu. Její zhušťování postupuje pomalu, a její tloušťka ve spojitosti s úbytkem tepla vzrůstá kolmo k povrchu vody.

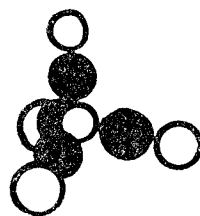
Podobnost a rozdíly mezi mořským a ledovcovým ledem

U mořského ledu nelze mluvit o těsném nakupení ledových krystalů. Mezi nimi jsou také tenké vodní vrstvy, v nichž jsou nahromaděny soli, rozpuštěné v mořské vodě. Právě jejich zkoncentrování v menším množství vody způsobuje, že tato voda nezmrzne. (Roztoky mají vždy nižší bod tuhnutí než rozpustidlo.) I u ledu ledovcového se setkáváme s podobnými tenkými vrstvičkami vody s rozpuštěnými solemi. Je tomu tak na úpatí ledovců, kde se led stýká více se zemí, z níž některé sloučeniny se mohou v tajícím a znovu tuhoucím okraji ledovce rozpouštět.

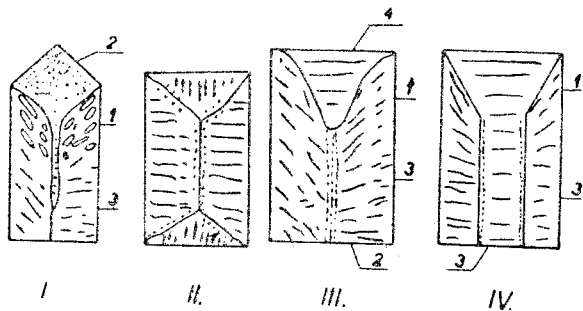
Jinak však vzniká led ledovcový zcela jiným způsobem než mořský. Vzniká z věč-



Sněhové krystalky: na postranních větévkách t. zv. sněhová pera



Krystal ledu (atomy kyslíku mezi dvěma atomy vodíku)



Složení umělého ledu:

- I. Podélný řez kvádrem umělého ledu.
- II. Příčný řez spodní částí téhož kvádrů. Bublinky vzduchu posunuty jsou do styčných pásem.
- III. Podélný řez kvádrem ledu s 1% kuchyňské soli.
- V. Podélný řez kvádrem ledu s 5% kuchyňské soli.

až — 15° C. Ztuhnutí vody je skončeno asi po osmi hodinách. Formy se vytáhnou z chladicího roztoku a po roztání ledu, tkvícího na stěnách forem, se ledové kvádry vyklopí. (Obr. I., II.)

Pozorujeme-li kvádr umělého ledu, rozeznáváme na něm tři díly. Především je a s n é o k r a j o v é p á s m o , v němž jsou ploché bubliny vzduchu. Toto pásmo obepíná kuželovitý prostor, který není dolů ostře ohraničen; je vyplněn drobným ledem a opět prostoupen velkými bublinami vzduchu. Konečně ve spodní části kvádrů je třetí vrstva, v níž krystalisace postupuje podle stěn formy a v níž je část vzdušných kapek, vyvíjejících se při krystalisaci, posunuta do rovin, v nichž se srážejí krystalisační fronty. (Viz příčný průřez kvádrů.) Z těchto tří dílů se nejrychleji tvoří pásmo druhé (kuželovitý prostor), které proto obsahuje i nejvíce solí, obsažených v použité vodě, pak pásmo třetí (spodní část), obsahující již méně solí, a nejpomaleji konečně jasné pásmo první, obsahující solí nejméně. Drobnost pásma druhého je způsobena právě solemi, v něm obsaženými.

Necháme-li ztuhnouti vodu, v níž je rozpuštěno 10/0 soli kuchyňské, vznikne kvádr, složený ze čtyř pásem. (Obr. III.) Pásma první a třetí se skládají z rovnoběžně uložených destiček, obsahujících kolem 0,20/0 soli. Pásmo druhé se skládá z nepravidelně uložených destiček, mezi nimiž je solný roztok, takže pásmo je drobné, obsahuje 1,70/0 soli. Konečně nejbohatší na sůl je kuželovitý útvar (pásmo čtvrté), obsahuje 3,30/0 soli. Při Tammannových pokusech nezmrzl ještě po dvou hodinách.

Zajímavé je tuhnutí vody s 50/0 soli kuchyňské. (Obr. IV.) Kvádr má jen tři pásma. Pásmo první má soli málo (0,60/0), pásmo třetí také (1,50/0). Pásmo druhé však zůstává kapalné po dobu 24 hodin a obsahuje 6,20/0 soli.

Led a kovové odlitky

A nyní je zajímavá praktická obdoba tohoto zjevu: je velká podobnost mezi umělým ledem a kovovými odlitky. I u kovových odlitků rostou krystaly jako jakési stro-

ného sněhu. Kyprý sníh, skládající se ze šestipaprskových hvězdiček, nepravidelně k sobě položených, stlačí se vlastní vahou, tím vzniknou větší zrna. Jejich vznik je způsoben vlastně táním hvězdiček za nižší teploty, působením tlaku a opětnou krystalisací vzniklé vody. Říkáme tomu *regelace*.

Jak vzniká umělý led?

A nyní přejdeme k umělému ledu. Vyrábíme jej tak, že naplníme vodou formy z poolověného železného plechu a zavěsíme je do chladné solné lázně, připravené rozpuštěním soli kuchyňské nebo chloridu vápenatého ve vodě, při počáteční teplotě — 10

movité, rozvětvené útvary kolmo k ochlazovaným plochám. I u nich může vzniknout při pomalém odevzdání tepla (na př. při lití do písku) a větším obsahu přimíšenin pás-
mo, složené z nepravidelně uložených zrn, odpovídající pásnu druhému, vzniklému při krystalisaci vody s 1⁰/₀ soli kuchyňské.

O kovech

Promluvmě si teď o jiných látkách, u nichž hrají krystaly velkou úlohu: o kovech. Víme již, že kovy vznikly bez našeho přičinění z pralátky vodíku, sloučily se s kyslíkem a jinými prvky za vhodných podmínek na rudy zase bez našeho zasáhnutí, ale nakonec se přece objevil na zemi pán tvorstva a neústrojné přírody — člověk — který celou přírodu ponenáhlu rozpitval a začal ji vychovávat či snad — lépe řečeno — donucovat ke svým službám. Svět je opravdu v mnohém (a snad ve všem) donucovací pracovní.

První železná kamna

Všimněme si dnes, jakou úlohu hrají v té donucovací pracovní kovy. Přišli jsme na ně v přírodě náhodou a patrně první kov, na něž jsme přišli, bylo železo. Lidé znali z počátku jen rudy a užívali jich hlavně jako stavebních hmot. Možná, že už tehdy, v dávném pravěku si při tom vybírali, zda nějaká ruda je žlutá či červená, atd. Zkrátka zdá se, že první plotnu či kamna — jak chcete — si udělali z nějaké železné rudy, možná ze zelenožlutého pyritu (železného kyzu). Topili v těch kamnech či plotně dřívím a div divoucí: stěny toho topného zařízení se počaly nějak povážlivě měnit. Zelenožlutá barva se ztratila a stěny začaly nabývat podoby i tvaru moderních železných kamen či železné plotny. Uhlík z dříví při dlouhém používání vyredukoval na konec ze železné rudy skutečné železo. Pomyslete si, jak příjemné překvapení to bylo pro takového našeho zarostlého předka. Před tím, když se třeba chtěl stěhovat, mohl rozložit svá kamna či plotnu jako kachlová kamna na jednotlivé kusy rudy, z nichž si je postavil, a odnesl je o kus dál. Teď ale poznal, že se ty kusy nějak spekly dohromady, že dokonce se staly i nějak kujné, zkrátka: velký úžas v rodině a v pravěké vesnici našeho prapředka! Možná, že si začal dělat ze stěn svých kamen také zbraně a nádoby. Jenže úžas pravěkých rodin a vesnic netrval dlouho. Milé zbraně i nádoby začaly rezavět a rozpadat se a naši zarostlí předkové shledali se zármutkem, že to železo je takhle dobré jen na kamna či na plotnu.

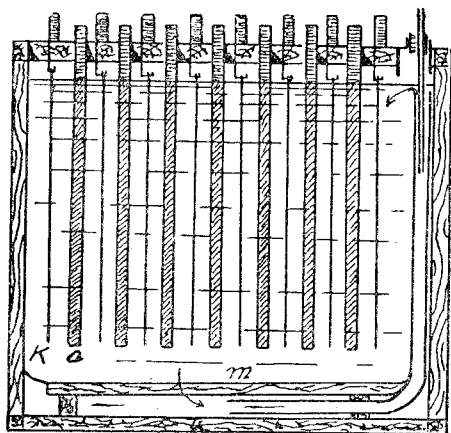
Vypočítavá lidská láska ke kovům

Ale pak snad někde na ostrově Kypru podobným způsobem přišli na měď, jinde zase na cín a začali dělati zbraně a nádoby ze slitiny těchto kovů. Byla to »bronzová doba«, která podle nalezených památek trvala od roku 2000 do 900 před Kristem. Jak je vidět, nevládla »dynastie*» bronzová« do nekonečna, od r. 1000 př. Kr. na západě a po r. 1500 po Kr. na východě vytlačila ji »nová dynastie železná«. Tyhle kovové dy-

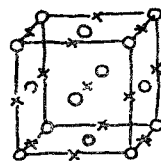
*) Dynastie = vládnoucí rod ve státě na základě dědičného práva.

nastie hrají na světě dost skromnou úlohu: jsou to dynastie jen velmi titulární, nesa-mostatné, pod vypočítavou ochranou »pánů přírody«, lidí. Železo znovu přišlo ke cti, lidé přišli zkrátka na to, jak s ním zatočit, aby víc poslouchalo, nerezavělo a nerozpá-dalo se. Teď se zase začíná povážlivě hrnout dopředu »dynastie hliníková«, užíváme dnes mnoho samotného hliníku i jeho slitin a máme dobré metody, jak tuto dynastii chrániti před různými chorobami. Ale lidé nemají péči jen o tyto panovnické domy ve státě kovů, oni mají »lásku« i k ostatním kovům. Jsou zkrátka »kovomilní« a vynalézají všechno možné, aby všechny technicky významné kovy udrželi v dokonalém stavu, v pěkném vzhledu, ba mohli bychom říci: i při dobrých svalech, t. j. ve správné pevnosti v každém ohledu. Jenže kdyby tak kovy mohly mluvit a mohly mít rozum jako my: to by nám naplno vytkly, jak to naše »kovomilství« je vyložené sobectví a jak ubohé kovy vlastně znásilňujeme a jak chudáci žijí vlastně jen v donucovací pracovně.

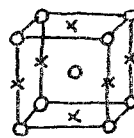
Zrození kovů je jako zrození robotů*) bez jakékoliv sentimentality, citlivosti, říz-né. Z rud je dostáváme pražením, obsahují-li rudy síru, abychom ji pálením za pří-stupu vzduchu odstranili v podobě kysličníku siřičitého. Vzniklé kovové kysličníky pak pálíme s koksem a struskotvornými přísadami, abychom vyredukovali z kysličníků (nebo prostě jiných kyslíkových rud) kov a odstranili nečistoty v podobě strusky. Zís-kaný kov je přirozeně ještě hodně nečistý a musíme jej čistiti často velmi složitými způsoby; nejspolehlivější je na př. takové elektrolytické čištění mědi. Při něm zavě-síte surovou černou měď v podobě řádně velkých hrubých desek jako kladné elektro-dy (anody) do lázně se zředěnou kyselinou sírovou, jako záporné elektrody (katody) zavěsíte měděné plechy a po zapojení proudu se vám vylučuje na záporných elektro-dách krásně červená elektrolytická měď, vniknuvší do roztoku z černých kladných elektrod. Známe kovy hlavně jen ve tvarech, jaké jsme jim ve své donucovací pra-covně vnutili. Ale přece i při tom všestranném ovládnání, jaké jim věnujeme, mají



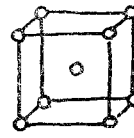
a — anody, desky černé nečisté mědi
k — měděné desky, katody
m — zředěná kyselina sírová.



Austenit



Martensit



Ferrit

○ atomy železa

× volná místa pro atomy uhlíkové

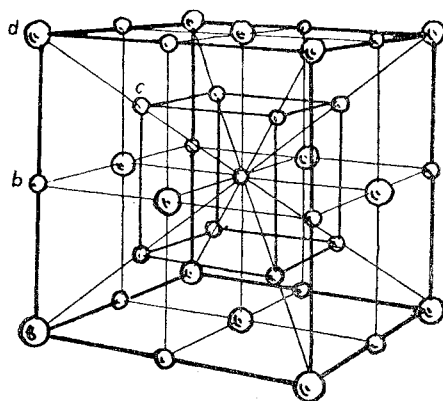
*) Roboti = podle divadelní hry K. Čapka »RUR« jsou pracující strojové automaty, nahrazující lidské dělníky.

mnoho vlastního života, který musíme bedlivě studovat. Kovomilní lidé musí mít své kovové roboty z podmaněného státu kovů pod stálým i pečlivým »kovomilným dohledem«. Pomyslete si, jaká neštěstí by se mohla státi, kdyby se takový robot nepovedl: železné konstrukce by se nám porouchaly, letovaná místa by se lámala, atd. atd.

Kov roste

Tak tedy: jak kov roste? Roste ze svého kapalného skupenství. Velmi studoval růst kovů německý chemik Dr. Gustav Tamman v Göttingách. Shledal, že při klesání teploty roztaveného kovu vznikají v něm malá jádra, která se stanou jakýmisi krystalizačními středisky, kolem nichž vznikají pak krystaly. Tyto krystaly jsou k sobě nejprve obráceny bez jakýchkoli pravidel, ale v nich jsou již atomy rozloženy v rozích určitého tvaru, takže mezi jednotlivými rohy jsou prázdné prostory. Ty jsou nutné, protože při zvýšené teplotě atomy v těchto rozích vykonávají kmitavý pohyb kolem rovnovážné polohy a k tomu přece potřebují trochu místa, že ano? Zde si zase uvědomujete, že nakonec, stoupá-li teplota kovu, začínají se v něm krystalky vlastně dost pořádně třást.

Vznik kovových krystalů pozorovali na podzim r. 1934 v londýnské fyzikální laboratoři fyzikové Andrade a Martindale na kovových filmech (tenkých vrstvičkách) o síle jen 50 atomů. Připravili si takové tenké zlaté a stříbrné filmy tak, že na pečlivě vyčištěná skla a na diamantové krystalky, jež zavěsili do elektrolytických lázní ze solí zlata a stříbra jako katody, vylučovali zlato a stříbro jako jakýsi poprašek. Filmy zahřívali ve vakuu po 2 až 3 hodiny na 280° C a viděli, jak v nich vznikaly jako krystalická střediska malé skvrny o velikosti 0,5 až 1 mikronu (tisíciny milimetru), které při procházejícím světle a tisícnásobném zvětšení měly zlatohnědou barvu. Skvrny měly kuličkový (sferulitický) útvar a vyhlížely jako jetelový čtyřlístek. Při vyšší teplotě 340° C byly částičky větší, ale neměly již kuličkovitý tvar. Od sferulitů se později rozbíhala krystalická vlákna s pravidelným uspořádáním atomů. (Sferulity zlata byly získány i z roztoku chloridu zlatitého v rosolovité (koloidní) kyselině křemičité, měly též velikost 1 mikronu.)



Heuslerova slitina mědi, manganu a hliníku.
d = atomy hliníku, b = atomy manganu,
c = atomy mědi

Heuslerovy slitiny jsou magnetické. Jsou nápadné tím, že jsou složeny z kovů, které jsou samy o sobě nemagnetické. Magnetismus, jež vyvolávají oběžné elektrony svým otáčením, u některých prvků je prakticky žádný, protože elektromagnetická pole kolem elektronů se ruší. V Heuslerových slitinách se tato pole zřejmě zesilují.

Zázračné stříbro

O perském králi Kyrovi, který žil kolem roku 2500 před Kristem, se vypravuje, že s sebou vozil do válek převařenou říční vodu ve stříbrných džbáněch a že jiné vody nepil. Staří Egypťané zase podle historických svědectví pokrývali rány stříbrnými foliemi, to jest vytepanými tenkými listy stříbra. I Kyros i Egypťané jednali podivuhodně hygienicky. Podívejte se především na toho Kyra. Obě věci, které s vodou dělal, byly velmi dobré, oběma totiž ničil choroboplodné zárodky, jakými oplývala jistě i jeho oblíbená řeka Choapses, ze které si vodu dal čerpat. Nejprve dal vodu povařit. Výsledek takového fyzikálního pochodu je jistě každému znám. Varem se vždy ničí bakterie, či všeobecně řečeno škodlivé nebo aspoň nevídané mikroorganismy.

I Kyrovo použití stříbra k přechovávání převařené vody mělo stejný účel. Mělo zabránit množení a vůbec i usídlení mikroorganismů, kdyby je napadlo dostat se ze vzduchu i do převařené vody. Podobně měly být takové všetečné mikroorganismy v ranách zničeny stříbrnými foliemi starých Egypťanů. Řeknete s podivem: zázračné



Svěží květiny s vnořeným měděným penízem



Uvadlé květiny bez měděného penízu

stříbro. Řekněme raději pouze: obdivuhodné stříbro, neboť podobné desinfekční účinky jako stříbro mají jiné těžké kovy, na př. měď.

Indové na správné cestě

Lidstvo to tušilo od dávných dob. Tak staroindická literatura doporučuje, aby voda byla přechovávána v měděných nádobách, aby byla vystavována slunečnímu světlu a konečně, aby byla filtrována přes dřevěné uhlí. Opět se skloníme před starověkými lidmi s obdivem. Ejhle, jak již věděli o schopnosti tak pórovité látky, jako je dřevěné uhlí, pohlcovat v pórech vše drobné, tedy i škodlivé mikroorganismy. Trochu se — aspoň s počátku — zasmějete důkladnému receptu o zacházení se špinavou vodou, ze které máme udělati pitnou, jak to doporučuje staroindická literatura na jiném místě. Jistě budete bez námítky souhlasit s povařením takové vody a s jejím vystavením slunečnímu světlu. Připomeňme si zde, že i dnes desinfikujeme vodu umělým ultrafialovým zářením, jež vysílá rtuťová lampa. Ale přesto, že jistě s obdivem souhlasíme s ponořením ohřátého kusu mědi do tak připravené vody, nemůžeme se nezasmát, čteme-li, že takovou měď musíme do vody ponořiti sedmkrát. Proč právě sedmkrát? Zdá se, že to číslo je pouze symbolické, náznakové, že má prostě znamenat důkladnost. Jenže to vše zní hodně kvalitativně, neurčitě. Myslím spíše, že tím sedmerým ponořením se myslí něco přesnějšího, totiž to, aby se tak do vody dostalo právě *m a x i m á l n í* množství mědi, které by stačilo ke zničení všech škodlivých mikroorganismů.

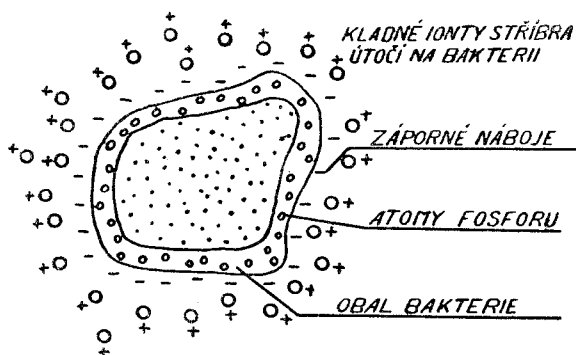
Snad se někomu z vás zdá, že jsem se přeřekl. Asi jsem chtěl říci *m i n i m á l n í* a zatím jsem řekl *m a x i m á l n í* množství. Nikoliv, řekl jsem správně: maximální. Neboť tyto těžké kovy působí tak obdivuhodně právě v malých množstvích. Toto působení nazýváme oligodynamii. Slovo to je utvořeno ze dvou řeckých slov (*oligos* — málo, a *dynamis* — síla) a znamená sílu, vytvořenou malými množstvými. V tom je nápadná podobnost s tak zvanou *k a t a l y s o u*, jež záleží v tom, že některé látky zvané katalysátory, způsobují již svými malými množstvými rychlejší či pomalejší průběh některých chemických pochodů. Oligodynamicky, to jest desinfekčně v malých množstvích působí celá řada kovů, totiž hořčík, hliník, měď, zinek, arsen, mangan, kobalt, nikl, stříbro, kadmium, cín, antimon, tellur, lanthan, cer, zlato, rtuť, thallium, olovo a vizmut. Ale jen u pěti z těchto dvaceti jednoho prvku nejsou mezi chemiky rozpory ohledně jejich oligodynamického působení, totiž u titanu, mědi, arsenu, kadmia — kovu podobného zinku — a u thallia. Že to bez námitek vyhrává měď, tomu se nedivme. Přece již staří Indové dávali vodu do měděných nádob, či ponořovali teplou měď do převařené vody. Přidám něco i z nové doby. Chcete-li udržet řezané květiny co nejdéle čerstvé, vložte do sklenice s vodou, ve které je přechováváte, měděný peníz. — Trochu zakolísáte v důvěře ke svědectvím chemiků kvůli tomu stříbru, ke kterému lidstvo mělo důvěru již od tisíciletí. Uvedu hned okolnosti, které tyto neshody mezi chemiky vysvětlují, a to při výkladu, v čem záleží podstata oligodynamie.

Kovy útočí na bakterie

Stříbro i ostatní oligodynamické prvky působí desinfekčně v podobě svých iontů, to jest atomů, zbavených jednoho či více oběžných elektronů. Ztráta těchto elektronů, které jsou záporné, má za následek, že z původně elektricky neutrálních atomů se stanou částice kladně nabité, jimž říkáme kationty. Při zavedení stejnoměrného proudu do roztoku jejich solí spěchají totiž k zápornému pólu, čili ke katodě. K tomu, aby mikroorganismy mohly být zničeny, je totiž zapotřebí, aby nejen atomy oligodynamických prvků, nýbrž i samostatné mikroorganismy měly elektrický náboj. Snad vše na světě, co je větší než atom či molekula, má již samo od sebe určitý elektrický náboj, jen u nejjzákladnějších složek hmoty — atomů a molekul — je zapotřebí nějakého zásahu zvenčí, aby se z těchto původně neutrálních tělísek stala tělíska elektricky nabitá. Bakterie jimi již jsou, a zdá se, že jsou vůbec nabity jen záporně. Aspoň tomu nasvědčuje právě i jejich chování vůči oligodynamickým prvkům, které se k nim blíží, jsouce obrněny kladnými náboji. Záporné bakterie k sobě samozřejmě přitáhnou kladné kovové kationty. Spáchají tím vlastně cosi jako sebevraždu, jejíž začátek je ten, že se kationty na jejich povrchu usadí. Jenže to k zničení bakterií nestačí. Kationty se musí dostat do těla bakterie, podobně jako se obléhající vojáci musí prokousati řadou opevnění do vnitra obležené pevnosti. Bakterie mají jediné obranné pásmo, pouhý obal, ale ten je u některých z nich tak odolný, že kationty zůstanou na něm přilepeny a dovnitř se nedostanou. To je jeden z důvodů rozporů mezi chemiky o oligodynamii některých prvků. Neboť opravdu na všechny bakterie tyto prvky nestačí. — Uvedu hned druhý důvod rozporů: za přítomnosti některých nečistot ve vodě jsou oligodynamické prvky bezmocné. V čem ale záleží nedobytnost obalu? Je to něco podobného jako u železa. Nevzpomínáte si matně, že jste slyšeli, jak škodlivý účinek má na vlastnosti železa fosfor? A jak jej odstraňujeme ze surového železa v podobě Thomasovy strusky? Nuže i u bakterií je fosfor v obalu nebezpečnou slabinou. Kovové kationty se totiž slučují se sloučeninami fosforu a tak prostě obal rozleptají. — Bude dobře, uvědomíme-li si zde, že sloučeniny fosforu se uplatňují i při výměně látek při trávení, jenže při něm to vítáme. Působení oligodynamických prvků na bakterie je tedy příkladem chemického dobývání: při něm musí vždy vzniknout nějaká nová sloučenina. Jakmile je obranné pásmo obalu bakterií rozleptáno, vniknou kationty do vnitřku buněk a tam se již chovají v podstatě klidně jako vítězni vojáci, odpočívající na vavřínech. Umožňují totiž svou přítomností kyslíku, který jde za nimi, aby začal svou dravou oksydující práci, to jest aby vytvořil s prvky tvořícími tělo buněk, tedy hlavně s uhlíkem a vodíkem plynné těkavé sloučeniny. Jejich vznik znamená ovšem smrt bakterií. Vidíme, že chování kationtů uvnitř buněk je typicky katalytické: ony totiž pouhou svou přítomností umožňují vznik kyslíkových sloučenin.

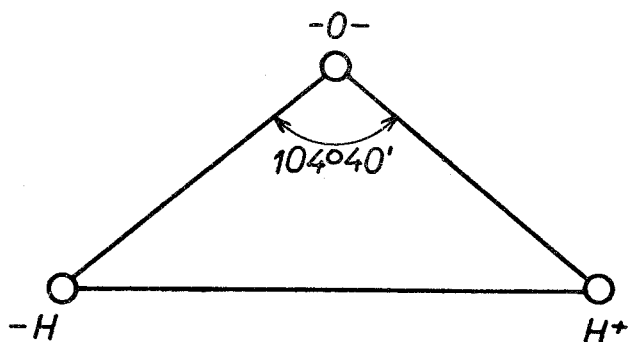
Tak vyhlíží oligodynamické působení kovů — a ovšem zvláště stříbra — v nejjednodušším případě. Ale ve skutečnosti záleží úspěch takového působení ještě na řadě dalších podmínek. Především je důležitá teplota: při vyšší teplotě působí kovy rozhodně úspěšněji, než při nižší. Jak to vysvětlit? Rozhodně větší účinností kationtů,

keré si můžeme představit jako spoustu úžasné pohyblivých vojáčků, jejichž pohybová energie byla zvýšena právě vyšší teplotou. Tito kovoví vojáčkové dorážejí neúnavně na více či méně rozsáhlé pevnůstky, ke kterým můžeme ve srovnání s nimi bakterie přirovnati. A jejich zvýšené dravosti zdaří se při vyšší teplotě pochopitelně snáze vylomiti ony povážlivě se viklající atomy fosforu, jež jsou slabinami bakteriových pevnůstek.



Voda pomáhá stříbru

Pokud máme na mysli oligodynamické uplatnění stříbra, nesmějí roztoky, z nichž potřebujeme bakterie odstraniti, obsahovat sloučeniny chloru, bromu, jodu či síry. To jsou u stříbra ty zakázané nečistoty, o nichž jsem již mluvil. Proč? ptáte se zvědavě. Inu proto, že uvedené prvky dávají se stříbrem nerozpustné sloučeniny: chlorid, bromid, jodid, či siřník stříbrný. A jejich nerozpustnost znemožňuje oligodynamické uplatnění stříbra, neboť na nerozpustné látky je voda slabá, aby z nich vytvořila kovové ionty. A vodě máme hlavně co děkovati za výrobu kovových kationtů z rozpustných solí oligodynamických kovů. Molekuly vody jsou totiž dipólové čili dvojpólové. Představme si je jako rovnoramenné trojúhelníky, ve kterých je vrchol, v němž se protínají obě stejná ramena, obsazen atomem kyslíku, vyzbrojeným dvěma zápornými náboji. Jak pak k nim přišel? To víte, sebral je i s oběma elektrony jimi nabitými dvěma atomům vodíku — nezapomeňte, že voda má chemickou formuli H_2O , které jsou umístěny na obou koncích základny, jež je delší, než jednotlivá ramena. Nu, a tyto vodíkové atomy jsou zase ozbrojeni kladnými náboji. Přišly k nim tak, že automaticky se v nich uplatnily kladné náboje jejich jader čili protonů, jakmile kyslík sebral každému jeden záporný elektron. Nakonec to dopadne tak, že vítězný kyslík s oběma ukořistěnými elektrony i s jejich zápornými náboji se posadí pyšně na vrchol trojúhelníku, zatím



co oba ukradené atomy vodíku se stydlivě vzdálí i se svými dvěma kladnými náboji co nejdále od kyslíku až na základnu trojúhelníku. Podobně i v di-

pólových molekulách jiných látek neleží atomy různých prvků je skládajících v jedné přímce, takže těžiště kladných a záporných nábojů v nich nepadají do jednoho bodu. Dipólovost vody má právě velkou zásluhu o to, že voda vyrábí kationty, neboť taková dipólová molekula vody je jako korouhvička na střeše. Je totiž ochotna točit se kterýmkoli směrem. Dejme tomu, že do vody, ve které jsou bakterie, hodíme trochu krystalků běžné, rozpustné stříbrné soli, dusičnanu stříbrného. Co se stane? Molekuly vody podle hesla organisace dipólů — kam vítr, tam plášť — stočí se svými zápornými kyslíkovými konci k atomům — správněji řečeno: k iontům — stříbra, čouhajícím z některých rohů nejzákladnějších krystalů, majících rozměry několika desítmiliontin milimetru. Normálně jsou totiž takové atomy či ionty v rozích krystalů; vodní dipóly je k sobě přitáhnou oněmi svými zápornými konci, protože tyto atomy stříbra jsou kladně nabitě. Jiné molekuly vody přitáhnou k sobě svými kladnými vodíkovými konci záporně nabitě skupiny dusíku a kyslíku v dusičnanu také přítomné a krystaly dusičnanu stříbrného jsou rozbity na ionty, jako kus skla na střešiny. Kationty stříbra začnou pak hned oligodynamicky dorážet na záporně nabitě bakterie. Vidíte, jak v tom všem je ta potvůrka elektřina? Ona, přátelé, dokonce sama stříbrné kationty i vyrábí, a to při tak zvané elektrokata dynaci. Ta záleží v tom, že vodu, ze které odstraníme nečistoty, necháme protékat mezi stříbrnými deskami, do nichž přivádíme stejnosměrný proud. Nastává elektrický rozklad vody na kladný kation vodíkový a záporný anion hydroxylový, složený z atomu vodíku a atomu kyslíku. Tento hydroxyl spěchá ke kladným stříbrným deskám, čili k anodám a vytahuje, smím-li tak říci, ionty stříbra z rohů krystalů. Vznikne hydroxyd stříbrný, z něhož voda již dovede uvolnit volné kationty stříbra. A ty jdou ovšem zase na záporné bakterie. — Stříbrem zničíme ve vodě bakterie také tak, když stříbro vyloučíme z roztoku dusičnanu stříbrného na písek či pórovité látky a pak přes tak upravené hmoty vodu filtrujeme. — Řekněte, není stříbro opravdu podivuhodný kov? A není jeho působení na bakterie skoro zázračné? Ale není obdivuhodná i sama voda, která mu v tom pomáhá a léčí si tak i sama své nedostatky? Pomoc druhých je vždy dobrá, ale svépomoc je nejlepší.

Jedovaté kovy

Z řady kovů, o jejichž jedovatosti lze mluvit, vybereme pět tak zvaných jedovatých kovů moderní doby: zinek, rtuť, thallium, olovo a arsen.

Začneme zinkem. Jeho objev či spíše tušení je spojeno s velkým jménem zakladatele chemie lékařské, totiž s jménem Paracelsa Bombasta von Hohenheim, syna švýcarského lékaře. Řekl jsem, že tento učenec, jež obyčejně nazýváme prostě Paracelsem, a jenž žil v letech 1459 až 1541, zinek jen tušil. Je tomu tak doopravdy, neboť Paracelsus viděl a popsal roku 1530 jen zinečnatou rudu a ne samotný zinek v ní obsažený. Ruda, kterou popsal, byla blejno zinkové čili sfalerit, siřník zinečnatý, a Paracelsus jí dal pro špičatý tvar jejích krystalů název *zincken*, což v nářečí jeho tehdejšího korutanského působiště znamená špičaté hory. Paracelsus tušil v rudě kov, stejně kapalný jako rtuť. Byl v tom ohledu synem své doby, která mísila úctu před zjištěnou skutečností a touhu po ní s nevědeckou pověřivou fantasií. Pochopitelně byl ve své představě daleko od skutečnosti. Zinek není ani kapalný ani tak obdivuhodný jako rtuť, která v očích tehdejších badatelů znamenala podstatu některých kovových vlastností: lesk, tažnost, zatím co druhá složka kovů byla podle tehdejších názorů síra, reprezentující barvu a hořlavost kovů. O kovech totiž tehdy soudili, že se skládají ze rtuti a síry.

Je zinek doopravdy jedovatý či ne? Jsou vážní lidé, kteří tvrdí, že tak zvaná slévačská horečka vzniká z par žhavého zinku, jiní neméně vážní lidé přičítají vznik této horečky nečistotám v surovém zinku. Je to možné, ale zajisté lze předpokládat, že sloučeniny zinku jsou nesporně jedovaté. Lze to předpokládat již ze zásadní zkušenosti, že látky, které působí desinfekčně — a sloučeniny zinku tak působí — jsou ve větším množství jedovaté. Soli zinku jsou bezbarvé, v roztoku mají odporou chuť. Patrně již ta jejich nepříjemná chuť má být výstrahou před jejich zlým účinkem. Uvedu z nich především bílý kysličník zinečnatý, známý pod názvem běloba zinková. Jak tento praktický název naznačuje, užívá se této sloučeniny jako bílé barvy, ale ona koná dobré služby i v lékařství, užívá se jí totiž na masti, na pasty a na zásypy. Desinfekční účinek iontů zinku, jistě srovnatelný s účinkem iontů stříbra, je zřejmý z užívání roztoků chloridu a síranu zinečnatého k impregnaci dřeva, v ženském



I. olovené kuličky, II. výpary olova

lékařství k výplachům a u síranu kromě toho i z použití na vyplachování očí. Jistě pak právem očekáváme od iontů zinku podobný oligodynamický útok na bakterie, jak jej již známe z působení stříbra. Ale kromě toho se uplatňují při výplaších i v mastech ionty zinku i tím, že tvoří s bílkoviny nerozpustné sloučeniny, což má za následek smršťování sliznice. Cizím slovem tomu říkáme, že zinek působí adstringenčně. U zinkové masti říkáme lidově, že vysušuje rány. Pochopitelně: bílkoviny se jejím působením smršťují.

Rtuť jedem i lékem

Mohou-li být nějaké pochybnosti o jedovatosti zinku, nejsou zato nejmenší pochybnosti o jedovatosti rtuti, které měl být zinek v představě Paracelsově podoben. Rtuť je jedovatá jak sama, tak i ve svých sloučeninách. Je řada povolání, která se obírají samotnou rtutí: dělníci v rtuťových dolech, výrobci teploměřů, zlatníci, pokud pozlacují v ohni zlatou amalgamou. Jsou na druhé straně lidé, kteří užívají rtuťových sloučenin na lékařský předpis. Ti všichni mohou onemocnět otravou rtutí, a to formou chronickou. Tato forma se jeví nervosou, dráždivostí, třesením, vyměšováním slin, atd. Pokud se člověk stýká se rtutí proto, že to je jeho povolání, je nejlepší a nejradikálnější léčení změnit povolání. Nejde-li to, nutno užívat léčiv, která rtuť z těla vylučují, jako mléko a sýry. Obě látky dávají se rtutí nerozpustné sloučeniny. Vedle této trvalé otravy je i otrava akutní, naléhavá, jevící se poleptáním žaludeční sliznice a konečně i jakási forma uprostřed mezi akutní a chronickou, totiž subakutní, která se jeví vyrážkami na kůži a zánětem ústní sliznice.

Rtuť se liší od zinku značně tím, že jí v podobě jejích sloučenin užíváme i vnitřně. Další rozdíl, který dělá ze rtuti takto užívané nebezpečný lék, je ten, že rtuť tvoří s látkami, jež vyleptá z bílkovin, sloučeniny rozpustné, kdežto zinek, není tak leptavý a dává s bílkoviny sloučeniny nerozpustné. U zinku při vnějším užívání je to, jak jsme viděli, výhodou, u rtuti, užívané vnitřně nebo omylem či se sebevražedným úmyslem vnitřně požitě, je to velkým nebezpečím, protože rozpustné rtuťnaté sloučeniny kolují tělem a rozvádějí rtuť do všech jeho částí.

Podobně jako užíváme kysličníku zinečnatého za základní složku na zinkovou mast, užíváme též kysličníku rtuťnatého, na rtuťovou mast. Ovšem neužíváme ho v podobě červeného precipitátu, známého ze školních pokusů, kdy pálením z něho pan učitel či paní učitelka připravovali kyslík, jež dokazovali vzplanutím doutnajícím louče, nýbrž v podobě žlutého kysličníku, připraveného sražením roztoku sublimátu čili chloridu rtuťnatého louhem sodným či draselným. Je to mast velmi radikální, užívaná proti příjici.

Kdežto olovo se dostává do těla hlavně vdechováním, u rtuti lze naopak říci, že a se šíří tělem prostřednictvím žaludku a střev. Tím přecházím vlastně k vnitřnímu užívání sloučenin rtuti. Možná, že trnete. Což opravdu takovou jedovatou látku, jako je rtuť, po které i zuby vypadávají, kosti se ničí, ledviny se zanítí, lékaři vnitřně předpisují? Předpisují, a to v podobě tak zvaného kalomelu čili chloridu rtuťnatého, to je

chloridu rtuti jednomocné — pozor: sublimát čili chlorid rtuťnatý je chlorid rtuti dvojmocné! Tento kalomel má vlastně jméno, jež je složeno ze dvou řeckých slov: kalos — krásný a melas — černý. Slovo černý přichází v názvu proto, že tato



Zelená čára thallia

bílá nerozpustná látka, která, je-li čerstvě připravena, je líbivě průsvitná — odtud snad to řecké slovo kalos v jeho názvu naznačující tento líbivý vzhled, se mění v černou látku. Nalejeme-li totiž na kalomel čpavek, vzniknou z něho černé kapičky rtuti a ovšem i složitá sloučenina s čpavkem. K čemu ale mohou lékaři předepisovat takovou krásnočernou látku — jak bych snad mohl to řecké slovo kalomel překládat — která jistě neztratí nic ze své jedovatosti? ptáte se stále zaraženě. Inu, předpisují ji jako energické projímadlo, tam, kde je zapotřebí důkladně desinfikovat střeva, tedy při choleře, úplavici a při příjici.

Již jsem se zmínil o dvojmocném kolegovi tohoto kalomelu, o sublimátu. Jeden i druhý jsou chloridy, jenže tenhle druhý — sublimát — je rozpustný ve vodě a užívá se jen zevně, k desinfekci. Nazýváme jej sublimátem, protože se dříve vyráběl sublimací síranu rtuťnatého s chloridem sodným. Přitom vznikaly molekuly chloridu rtuťnatého a unikaly do vzduchu, čili sublimovaly v podobě par, které se pak srazily v hranolkovité krystalky. Je to snad nejprudší minerální jed, smrtící dávka je 0,18 g, protijedem je hojné požívání čerstvého bílku, který s ním tvoří nerozpustnou sloučeninu.

Ve zředěném roztoku 1:1000 se chová nejvýš užitečně. Je totiž výtečným anti-septickým činidlem, kterým impregnujeme dřevo, aby nehnilo. Slouží též k desinfekčnímu omývání, k čemuž užíváme sublimátových pastilek. Ty jsou směsí kuchyňské soli, sublimátu a červeného barviva eosinu, jenž je též barvivem červeného inkoustu.

Zelená čára thallia

Třetí jedovatý kov moderní doby je thallium. Bylo objeveno roku 1861 úspěšným badatelem v oboru elektrických výbojů ve zředěných plynech Crookesem, když chtěl vlastně získati prvek podobný síře, selen, z odpadních hmot jedné harcké továrny na kyselinu sírovou. Je to kov měkký jako olovo, takže se dá rýpati nehtem, je stříbrolesklý jako rtuť, ale brzy tento lesk ztrácí. Máloukterý prvek prodělal v lékařství tolik náhlých změn od nejvyšší důvěry k nejvyšší nedůvěře. Lékaři jej předpisovali v důvěře k jeho dobrým vlastnostem pro vnitřní užívání, ale nakonec přece jenom převládla nedůvěra a dnes se užívá thallia vlastně jen v průmyslu, při výrobě skla, barev, k ohněstrůjství — zbarvuje totiž plamen zeleně, odtud pochází i jeho název, řecké slovo thallos znamená zelenou větev — a k ničení rostlinných škůdců i krys. K otravám thalliem dochází nejvíce omylem.

První tři dny se nejeví ještě žádné příznaky, pak v následujících čtrnácti dnech se dostaví bolestivé záněty nervů v nohou, v kolenech, v bedrech, kůže je precitlivělá, údy ochrnují, vzniknou bolesti ve střevech, nastanou průjmy či zácpa, mohou nastat

i poruchy zrakové. Ve třetím týdnu se dostaví charakteristický následek otravy thalliem: člověk ztratí všechny vlasy a chlupy, vědomí se zakalí, stavy vzrušení se střídají se stavy sklíčenosti, až se dostaví smrt. Pozoruhodné je, že thallium je podobně jako arsen jedem, jenž i po smrti, bylo-li ho užito k vraždě, volá o pomstu. Pronikne totiž z mrtvého těla i do hlíny, ve které byl otrávený pohřben a dá se i v minimálním množství dokázat citlivou spektrální analysou, při které zkoumáme optickým hranolem světlo obarvené parami zkoumané rozpuštěné látky. Thallium se přitom prozradí zelenou čarou ve spektru. Člověk by skoro chtěl nad touto citlivou reakcí napsat detektivku na thema: Zelená čára žaluje.

Olovo vstupuje do plic

Dalším jedovatým kovem moderní doby je olovo. Otravy olovem patří k nemocem z povolání. Jsou jimi postiženi lidé, kteří pracují s olovem nebo s jeho slitinami. Příležitostí k otravě je mnoho; představte si, co vše se z olova a jeho slitin dělá: tlakové roury, akumulátorové desky, klempířská pájka, liteřina, broky, ložiskové kovy atd. A neřekli byste, jak snadno se můžete nadýchat atomů olova. Vzpomínáte, že jsem to již naznačil u rtuti: olovo se dostává do těla vdechováním. Ale dám vám raději příklady. Otrava olovem byla zjištěna na příklad u zahradníka, který delší dobu upravoval část zahrady, ve které byla střelnice; pochopitelně hlína byla bohata na olověné střely. Podobně onemocněli otravou olovem redaktoři v redakci nacházející se nad tiskárnou. Olovo se dostane z plic do krve a rozkládá červené krevní barvivo na porfyrin, rostlinné barvivo, které se pak dá v moči dokázat. V těle se usazuje olovo v kostech, ledvinách, nervech, střevech i svalech. Nejčastější formou otravy olovem je forma chronická, vzniklá trvalým stykem s olovem či s jeho slitinami.

Počáteční příznaky jsou bledost, vrásky, nechutenství, zácpa, hubnutí, v moči se ukáže porfyrin a v ústech se objeví smutná okrasa: černý lem na dásních, vytvořený černým siřníkem olovnatým. Tento siřník vznikl z olova obsaženého ve slinách a ze sirovodíku vznikajícího rozkladem zbytků potravin mezi zuby. Později cítíme v ústech kovovou, nasládlou chuť, dostáváme bolení břicha, křeče v okončetinách, krevní tlak se zvýší a nastává obrna svalstva. Ta vznikne vytvořením nerozpustné sloučeniny olova s kyselinou mléčnou, tvořící se ve svalech při námaze, nebo s kyselinou fosforečnou, uplatňující se v těle při výměně látek. Olovo zachvátí však i mozek a nervy, dostaví se nespavost, bolesti hlavy, epileptické záchvaty, oslabení zraku a sluchu a pokles inteligence. Nejlépe je změnit povolání a odvádět olovo z těla jedlou sodou, projimadly a teplými koupelemi. Otrava se dá rozhodně léčit, dokud nenastane obrna svalstva.

A konečně pátý jedovatý kov: arsen. Nejznámější jsou jeho dvě jedovaté sloučeniny: plynný arsenovodík čili arsin a bílý práškovitý kysličník arsenitý čili arsenik, otrušík, utrejch. K usmrcení člověka stačí 3 desetiny gramu arseniku, který však, jak jsem již uvedl u thallia, se prozradí i po smrti otráveného, zde ovšem nikoliv zelenou čarou, která žaluje, nýbrž modravým plamenem hořícího arsinu, na který působením vodíku arsenik převedeme. Zde žaluje na vraha vedle tohoto modrého plamene i tak zvané arsenové zrcadlo, jež vznikne, vložíme-li do plamene arsinu chladnou porcelánovou misku, na které se arsen vzniklý rozkladem arsinu srazí v podobě tmavé skvrny.

Zajímavý je protijed při otravě arsenem: čerstvě připravený hydroxyd železitý, rezatá rosolovitá látka, vážíci na shlucích svých molekul molekuly arseniku. Ale buďme k arseniku spravedliví: v malých dávkách, které se postupně zvyšují, jej lékaři se zdarem předepisují nemocným, kteří potřebují zesílit. — Předvedl jsem vám malý úsek z chemie a jejího vztahu k lidskému zdraví, ale i tento malý úsek stačí, abyste si uvědomili, kolik věcí v těle se vysvětlí chemickými pochody: na příklad dobrý vliv na sliznici sloučeninami zinku, obrna vzniklá otravou olovem i ten olověný lem na dásních a konečně i působení protijedů, ať již v podobě mléka či bílku nebo hydroxydu železitého.

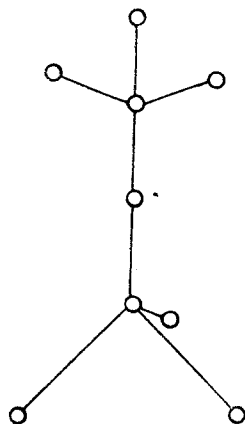
Také něco o cementu

Cementy — je jich totiž více druhů — patří k stavebním hmotám. O nejdůležitější stavební hmotě, maltě, skládající se z hašeného vápna a písku, jsme se již zmínili. Na jednom obrázku jste dokonce viděli, jak působením kyslíčnicku uhličitého se v maltě ve zdivu mění hašené vápno — hydroxyd vápenatý — při tvrdnutí v krystalický, klen-
cový uhličitan vápenatý, vápenec.

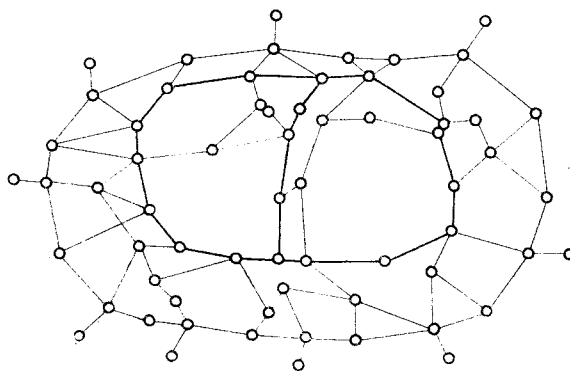
Ale i cementy při tvrdnutí krystalují, jak k tomu brzy přijdeme. Vůbec vidíme, že zárukou pevnosti jakéhokoliv druhu jsou pouze krystaly. Tak teď k tomu, co to jsou c e m e n t y. Jsou to práškovité hmoty, které rozdělány vodou tuhnou i pod vodou. Jak zřejmo, nepotřebujeme k jejich tvrdnutí kyslíčnicku uhličitého jako u malty, nýbrž vlastně vody (!). Ale to se vám může zdát být divným jenom na začátku, hned porozumíte, proč tomu tak je.

Proč voda působí na tvrdnutí cementu

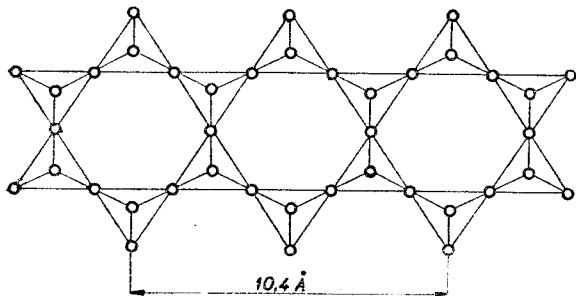
Učebnice chemie říkají, že cementy se vyrábějí jemným mletím, smíšením suro-



a) Základní čtyřstěny, jejichž spojením vzniknou složité krystaly křemičitanu



b) Složité krystaly přicházející v křemičítanech



c) podlouhlé krystaly přicházející v asbestu.

lice uplatňují čtyřstěny, které právě se spojují v složité krystalové tvary.

Na obrázcích vidíte ukázky, jak křemičitany dovedou krystalovat. Pozoruhodné jsou do délky se táhnoucí krystaly a s b e s t u, vysvětlující vláknitost asbestu.

Různé druhy cementů

Známe především *p o r t l a n d s k ý c e m e n t*, který obsahuje 1,7 váhových dílů kysličníku vápenatého na jeden díl kysličníku křemičitého, hlinitého a železitého. Výhodným zužitkováním strusky, odpadající z vysoké pece při výrobě železa, je struskový cement, který je chudší na kysličník vápenatý než cement portlandský.

Velmi užitečný spíše pro stavební účely uvnitř domu je *S o r e l ů v c e m e n t*, což je směs páleného magnesitu (uhličitanu hořečnatého) a chloridu hořečnatého. Smíšením s dřevěnými pilinami dostaneme z něho *x y l o l i t* (z řeckých slov, doslovně přeloženo: d ř e v o - k á m e n), z něhož hotovíme podlahy.

Drcení a pálení

Zmínili jsme se již, jak důležité je jemné mletí surovin. Užíváme k tomu především *k l a d i v o v é h o d r t i č e*, který sestává ze čtyř kladiv, rozbíhajících se paprskovitě na čtyři strany. Kladiva se otáčejí vedle sebe v bubnech a drtí nasypávanou surovinu. Tím ovšem ještě není docíleno jemného rozemletí, takže drť musíme ještě mlít a teprve rozemleté suroviny mísíme v potřebném poměru.

K pálení směsi užívá se nejčastěji otáčecích čili rotačních pecí, které jsou dlouhé až 100 m, mají průměr 2—3 m a mají sešikmenou polohu. Směs sypeme do hořejšího konce a proti ní vyfukujeme od dolního konce uhelný prach, jehož plamen postupuje proti materiálu. Pec se otáčí pomalu na svislých podstavcích a rozeznáváme v ní několik pásem: nejvyšší *p ř e d e h ř í v a c í*, v němž se směs předežívá, uprostřed je *p á s m o p á l i c í a s p é k a c í*, v nichž se materiál pálí *k s l i n u t í*, to jest až k teplotě, při které začíná tát (asi 1500° C), a konečně dole je *p á s m o c h l a d i c í*, v němž se stavená zrnka cementová, t. zv. valounky, chladí. Pak se valounky melou v rourových mlýnech, dlouhých až 10 m, z nejtvrďší ocele, o průměru až 2 m. Mlýny se otáčejí kolem vodorovné osy a uvnitř se zároveň otáčejí ocelové koule, které vhozený materiál drtí na jemnou moučku.

Cement základem betonu

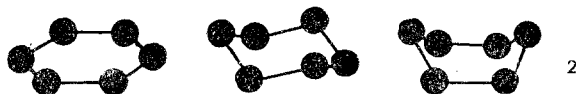
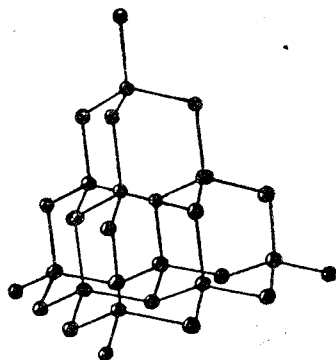
Cement je jistě dobrou věcí již sám o sobě, ale v moderním stavitelství má zvlášť význam jako základní složka **b e t o n u**, z něhož stavíme domy, údolní přehrady, v nichž zadržujeme vodu, zkrátka pomalu vše, na čem vyžadujeme zvláštní pevnost a spolehlivost.

Beton je směs cementu a písku nebo štěrku s potřebným množstvím vody. Prokládáme jej železnými tyčemi, abychom jeho pevnost zvýšili. Cement i železo k sobě dobře lnou a mají stejný koeficient roztaživosti, t. j. roztahují se při zahřátí o 1°C o stejnou délku. Dostaneme tak **ž e l e z o v ý b e t o n**, který však má také své křehkosti. Velmi neblaze na něj působí mořská voda, jejíž hořčnaté soli se vodou rozkládají a uvolňují volné kyseliny, zvláště solnou a sírovou, které rozpouštějí vápník, přítomný v betonu. Také na něj působí škodlivě odpadní vody z továren, obsahující kyseliny, a konečně i obyčejná voda, je-li v ní rozpuštěn kyslíčnick uhlíčitý. Nezbyvá než bránit i tuto moderní stavební látku před těmito chemickými útoky asfaltovými nátěry.

Diamant a tuha, učitelé organické chemie

»Tohle budou nějak divní učitelé,« řeknete podezíravě. Diamant je tvrdý, organické látky, sloučeniny uhlíku, jako máslo, asphalt a pod. jsou měkké. Ještě bychom tak připustili jakousi podobnost mezi nimi a tuhou, která je také měkká, ale co může mít společného kromě toho uhlíku, jenž je ve všech těch látkách obsažen, tvrdý diamant s měkkou tuhou a měkkými organickými látkami? A přece je zde jedna hluboká spojitost, která zároveň vysvětluje rozdílnou tvrdost těchto látek: je to různé a přece hodně podobné uspořádání atomů uhlíkových u diamantu, tuhy i organických látek v jejich krystalových tvarech, jimž, jak víme, říkáme krystalová mříž.

Určení krystalových mříží u různých látek nám umožnily Roentgenovy paprsky



1) Model diamantu.

2) Možné tvary benzenového kruhu.

svým odrazem na krystalových plochách. Jejich odražené záření lze zachytiti na fotografické desce, kde zanechají tmavé body, uspořádané v pravidelné obrazce. Z těchto obrazců můžeme nejen určit, jak jsou vzdáleny od sebe roviny krystalové mříže, nýbrž můžeme určit i polohu atomů v krystalech.

Diamantový čtyřstěn

Tak bylo dokázáno, že nejmenší krystaly diamantu mají podobu pravidelného čtyřstěnu, v jehož rozích jsou čtyři atomy uhlíku a pátý je uprostřed v těžišti čtyřstěnu. Vzdálenost dvou sousedních atomů je $1,54 \text{ \AA}$ (ångströmů), t. j. 1,54 stomiliontin centimetru. Je to vlastně i velikost poloměru uhlíkového atomu. Velká tvrdost diamantu dokazuje, že takové spojení uhlíkových atomů je velmi pevné. Tlačíme-li diamantem na krystal nějaké jiné látky, ustupují atomy tohoto krystalu atomům diamantu; říkáme, že diamant řeže jiné látky. Co je to tedy vlastně tvrdost? Nic jiného než nepošitelnost atomů nějaké látky. Ale u diamantových čtyřstěnů vidíme pozoruhodný zjev. Jejich základny nejsou přesně roviny, nýbrž roviny zprohýbané a tvoří s dalšími rovnoběžnými základnami, vzdálenými od nich o jednoduchou či vícenásobnou výšku čtyřstěnu, vrstvu.

Kdybychom si sestavili model z takového počtu diamantových čtyřstěnů, abychom jejich spojením obdrželi zase nějaký větší čtyřstěn, viděli bychom v tomto modelu zajímavou věc. (K vůli průhlednosti bychom nejlépe takový čtyřstěn neslepili ze slepených papírových stěn, nýbrž sestrojili bychom pouze jeho kostru ze čtyř drátů, jež by spojovaly čtyři atomy rohové s pátým atomem v těžišti. Rohové atomy bychom nespojili. Atomy v rozích či v těžišti bychom naznačili kuličkami z nějaké tvrdé látky, již bychom mohli napíchnout na dráty, na př. z tvrdého vosku). Viděli bychom, že vždy šest atomů uhlíkových tvoří jakýsi šestiúhelník, kolem kterého bychom mohli opsati kružnici, ale tento šestiúhelník není útwarem plošným, nýbrž prostorovým, jaksi zprohýbaným, protože jeho atomy neleží v jedné rovině.

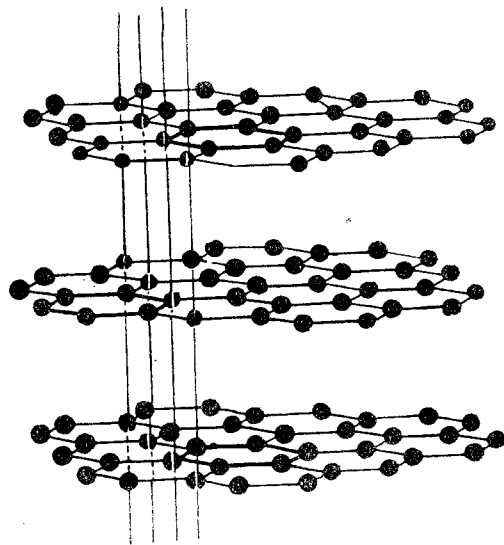
Čtyřstěn a šestiúhelník

Všichni z vás, kdo trochu slyšeli o organické chemii, zbystrí zde jistě zrak i sluch. Ejhle, šestiúhelník s uhlíkovými atomy v rozích! Není to ono známé benzenové (benzoloové) jádro, s nímž se setkáváme ve všech sloučeninách t. zv. řady aromatické? (Sloučeniny aromatické dobýváme hlavně z kamenouhelného dehtu a říkáme jim tak proto, že mívají význačnou vůni; aroma je totiž řecké slovo, znamenající vůni.) Zajisté, s tímto jádrem se setkáváme skutečně již u diamantu a vy jistě začínáte tušiti, že přece jen je nějaká hlubší souvislost mezi tím zatrachtilým tvrdým diamantem a měkkými organickými látkami.

Ale zdá se mně, že slyším také nespokojené námitky: »A což ony organické sloučeniny, které nemají toto jádro? Jaká je spojitost mezi diamantem a sloučeninami řady mastné, kde atomy uhlíkové jsou vedle sebe seřazeny v otevřený řetěz a nikoli v uzavřený trojúhelník?« (Páteří sloučenin mastných, zanechávajících mastné skvrny na papíře — odtud ten název —, jsou uhlovodíky, jež dobýváme z nafty.) Jsou skutečně takové sloučeniny bez uhlíkového šestiúhelníku a je jich mnoho nejen v naftě,

nýbrž i v tucích, olejích, mýdlech, ale přece mnohem větší počet je těch, které napodobují diamant přijetím uhlíkového šestiúhelníku. Kolik je jenom na př. t. zv. dehtových barviv a léčiv!

Prosté srovnání nesmírného počtu sloučenin řady aromatické se sloučeninami řady mastné (sloučenin obou druhů, mastných i aromatických, je asi 500.000) a zamýšlení se nad jejich svérázným chováním, dokazujícím jejich větší stálost proti sloučeninám řady mastné, nám naznačuje, že uhlíkaté látky pokládají za výhodnější bráti za svůj základ konstrukci, jež přichází u tvrdého diamantu, totiž uhlíkový šestiúhelník. Jako by slyšely hlas přírody: »V tomto znamení zvítězíš!« Mohli bychom říci, že tvoření uhlíkového šestiúhelníku je u uhlíkatých látek pravidlem a tvoření otevřených řetězců výjimkou, jež se na neposlušných mastných sloučeninách vlastně vymstí.



Vrstvy atomů v krystalu tuhy

Proč je tuha měkká

Ale již slyším druhou námitku. »Ale co je vlastně ten diamantový šestiúhelník aromatickým sloučeninám platný, když diamant je tak tvrdý a organické látky tak měkké?« — Zde nám přiskakuje na pomoc tuha. Ta je také měkká a kromě toho i méně hustá než diamant. Diamant má hustotu 3,52, tuha 2,30. Hmota tuhy je zřejmě řidší. Důvod je zajímavý: i v tuze se setkáváme s uhlíkovými čtyřstěny a uhlíkovými šestiúhelníky, ale ty jsou od sebe více vzdáleny než u diamantu. Zvětšený prázdný prostor má za následek ovšem i menší hustotu.

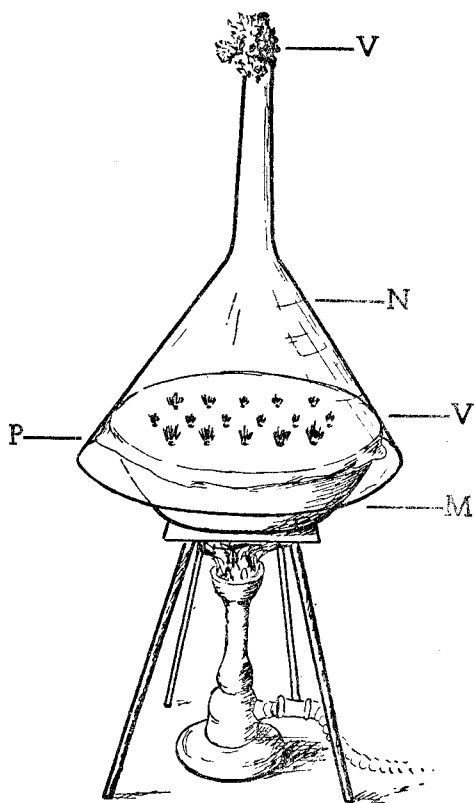
U tuhy pozorujeme ještě jednu odchylku od diamantu. Zatím co u diamantu jsou vrstvy, vytvořené čtyřstěny, zvlněné, protože základny čtyřstěny jsou zvlněné, jsou u tuhy základny více rovinné a vrstvy čtyřstěnnů též skoro rovné. Je to důležitý rozdíl, vysvětlující měkkost tuhy. Jednotlivé vrstvy tuhy, vytvořené z pevných, vítězných šestiúhelníků jsou tuhé, nelámou se, ale pro svůj rovný povrch nezapadají do sebe vzájemně jako zprohýbané vrstvy diamantu, nýbrž klouzají přes sebe a dají se od sebe lehce oddělit, takže se tuhou, sestrou tvrdého královského diamantu, dají mazati i strojové součásti. Nepatrný důvod — větší plošnost šestiúhelníků — a takové následky!

Šestiúhelníková šlechta podobna šlechtě vzácných kovů

Stejně je tomu u aromatických sloučenin. Vezměme si na př. naftalen (naftalin), tuhý uhlovodík aromatický, skládající se ze dvou uhlíkových šestiúhelníků. (Tyto dva šestiúhelníky tvoří jeho molekulu.) Sám o sobě má molekulu pevnou, ale vrstvy naftalenu podobně jako u tuhy dají se snadno od sebe oddělovati. Též i jednotlivé molekuly naftalenu se dají v jednotlivých vrstvách od sebe dobře oddělovati. Zahříváme naftalen! Množství molekul odletuje z něho tak snadno, že naftalen ani nezkapalní, nýbrž proměňuje se hned v páry, sublimuje. Je to způsobeno tím, že jeho oba šestiúhelníky, mající v deseti rozích atomy uhlíkové (dva rohy jsou oběma šestiúhelníkům společné) tvoří absolutně soběstačný, hrdý útvar, dokazující bratrství s diamantem. Šestiúhelník uhlíkový, ať jeden či více takových šestiúhelníků pohromadě (anthracen má tři takové šestiúhelníky), jsou tak soběstačné útvary, že nelnou ani k sousedním šestiúhelníkům, tvořícím sousední molekuly. Na obrázku na této straně, vidíte sublimaci anthracenu: zahříváním se jeho molekuly mění v plynné, jež opět na chladných místech vykrystalují.

Proto si ovšem ani sousední molekuly navzájem nepomáhají, každá molekula je sama pro sebe a my můžeme látku pouze zahřívati, aby jednotlivé molekuly bez vzájemného pomáhání odletovaly na chladnější místa. Tedy u diamantu, tuhy i aromatických sloučenin je skvěle vybudovaná aristokratická osamocenost. Samostatný šestiúhelník je vysvětlením všech jejich vlastností, protože každý krystal či molekula je jedincem pro sebe. A dost nám tato šlechtická nesdílnost připomíná podobnou nesdílnost a nespolečenskost vzácných plynů.

Jedinou námitku byste možná nakonec měli. Víte sice, že i čtyřstěn patří ke krychlové soustavě, ale mohli jste si myslit podle toho, co jste již slyšeli, že příroda dává přednost jenom krychlím. A čtyřstěn diamantu přece jen není totožný s krychlí. Buďte klidni. Učenci, kteří vidí v krychlích cosi tak dokonalého, že podle jejich názoru i příroda takřka nařizuje tuhým látkám, aby krystalovaly v krychlích, dovedou čtyřstěny pěkně zakreslit do krychle.



- M — nečistý krystalický anthracen.
N — skleněný trychtýř.
P — propíchaný pergamenový papír, v jehož otvorech se usazují krystaly čistého anthracenu.
V — krystaly čistého anthracenu.

V chemickém lese

Naše kniha, jak vidíte, spěje ke konci a je potřeba podat vám trochu přehledu o nových dějinách chemie a o budoucích jejích plánech. Mnoho se o tom dovíte v následující povídce z »chemického lesa«. Poslyšte vypravování o jedné královně, která se jmenuje »Kyselina sírová«.

Velikost a pád „Jejího Veličenstva“ kyseliny sírové H_2SO_4

Jak se tak doby mění. Dlouhou dobu byla kyselina sírová prohlašována za »krev chemického průmyslu« a právem. Dnes je však pád tohoto chemického Veličenstva hotovou věcí.

Sedněme si trochu na chemického Pegasa*) a představme si průmyslovou chemii jako les, v němž jednotlivé stromy, tu nižší a tenčí, tu vyšší a tlustší, již svými rozměry představují jednotlivé průmyslově významné chemické látky. I takový les stárne, malé stromky mohutní a mohutné chátrají. Starý chemický les měl jednoho takového Veličkána Velikánoviče, strom, jehož sláva dotýkala se až chemického nebe. Tímto stromem byla kyselina sírová. Celý les byl pod jejím poručenstvím, zasahovala svými kořeny do kořenů jiných stromů, svými větvemi stínila či brzdila jiné stromy v jejich vývoji, zkrátka ovládla vše.

Skromné začátky

Samovládná kyselina sírová ovšem nevzrostla ve veliký strom jen vlastní silou. Žila již pradávno jako nesmělá rostlinka, vždyť byla nalezena volná, ovšem v malých množstvích, ve vodách blíže sopek. Alchymisté ji dovedli připravit uměle již v 8. století, ale teprve mnich *Basilus Valentinus*, známý skvělou alchymistickou fantasií (napsal též chvalozpěv na antimon: »Vítězný vůz antimonu«) ji popsal v 15. století. Patrně se stejným nadšením jako antimon, jež povýšil na lékaře snad všech nemocí.

Dlouho rostla kyselina sírová jen tak při zemi. Ale roku 1791 začala růst ve strom obrovský. Tehdy totiž začal *Leblanc* vyrábět sodu tak, že sůl kuchyňskou zahříváním s kyselinou sírovou proměnil v síran sodný (vznikla při tom kyselina solná), ten pak smísil s vápencem a uhlím a dostal po vypálení směs sody a sírníku vápenatého. Jakými podivuhodnými oklikami přišla kyselina sírová ke své moci! Měla vlastně pomoci ke slávě sodě, a zatím šla Leblancova výroba k duhu především jí samotné. A zase: ani sodu nezačal Leblanc vyrábět kvůli jejím krásným očím, nýbrž proto, že Anglie začala tkát látky z bavlny, již ji zásobovaly její kolonie. Na praní látek bylo potřeba mýdla, na výrobu mýdla bylo potřebí sody a Leblanc ji nedovedl vyrábět jinak než pomocí kyseliny sírové. Tak tohle pomohlo kyselině sírové k jejímu postupu. Udělala — jak říkáme — skvělou kariéru.

Kyselina sírová si dělá roboty

Představte si jenom: nejprve si lidé mysli, že bez ní nelze dělat sodu, že bez ní

*) Pegas, okřídlený kůň z řeckého bájesloví, nosící hromy a blesky řeckému hlavnímu bohu Diovi.

nelze dělat síran sodný (potřebný k výrobě modrého barviva ultramarinu), že se bez ní nehne při výrobě kyseliny dusičné (HNO_3). Všimněte si, jak se zde již seznamujete s jednotlivými stromy chemického lesa. Ale i ta kyselina dusičná byla politováníhodný tvor vedle kyseliny sírové, představte si, že z počátku nevěděli o jiném jejím použití, než zase při výrobě kyseliny sírové komorovým způsobem. (V Gloverově věži před olověnými komorami se nitroska — směs kyseliny dusičné a sírové — teplem plynů, vystupujících z praženého kyzu rozkládá na kysličníky dusíku, zprostředkující pak v olověných komorách sloučení kysličníku siřičitého (SO_2) z kyzových plynů s kyslíkem vzdušným a vodní parou na kyselinu sírovou.) Tak si tedy kyselina sírová dělala sama i své »roboty« či »golemy«: kyselinu dusičnou si sama vyrobila z čilského ledku. Stejně si lidé mysleli, že bez kyseliny sírové nevyrobí kyselinu solnou, chlor, louh sodný, draselný, salmiak, kyselinu fosforečnou z kostí, hnojiva draselná (síran draselný), amonná (síran amonný), potaš (uhličitan draselný). Pak při rozvoji naftového průmyslu uplatnila se kyselina sírová i jako rafinační — čistící — prostředek benzínu, petroleje, mazacích olejů. Zkrátka, držela své poddané v chemickém lese v náležitě přísnosti a na tři kroky od těla.

První atentáty na „kyselinu sírovou“

Ale již r. 1864 byl proti ní spáchán atentát. *S o l v a y* začal vyrábět sodu bez kyseliny sírové. Byl to pořádný blesk do pyšné koruny tohoto pyšného Velikána Velikánoviče. *Solvay* si to promyslel ďábelsky: rozpustil sůl kuchyňskou v žíravém čpavku, nechal roztok stékat ve věži s vyšších pater na nižší, uváděl do něj plynný kysličník uhličitý a dole se usazovala ssedlina kyselého uhličitanu sodného, z kterého pálením bylo možno dostat uhličitan normální — sodu — a roztok chloridu amonného (salmiaku).

Chceme-li být úplnými, uveďme, že již krátce před tím, roku 1862 udeřil do Velikána Velikánoviče první blesk — ovšem daleko menší než *Solvayův* — když *G r ü n e b e r g* v Prusku začal vyrábět síran draselný bez kyseliny sírové z chloridu draselného a síranu hořečnatého. Pak začali vyrábět i potaš bez kyseliny sírové (do r. 1890 ji vyráběli jako Leblancovu sodu), totiž uváděním kysličníku uhličitého do roztoku chloridu draselného, v němž byl rozmíchán uhličitan hořečnatý. Konečně roku 1890 začala elektrolytická výroba chloru, louhů, potaše z roztoků chloridu sodného a draselného.

Osvobození zotročené kyseliny dusičné

Poslední blesky byly již dost mohutné, ale to ještě nebyly věci nejhorší. Skutečná bída přišla na kozáka, když se i kyselina dusičná osvobodila z nedůstojného vasalského poměru ke kyselině sírové: roku 1905 ji začali vyrábět ze vzduchu pomocí elektrického oblouku a roku 1911—1913 začal *B o s c h* a po něm *H a b e r* vyrábět jako přechodný výrobek na cestě ke kyselině dusičné čpavek z dusíku a vodíku.

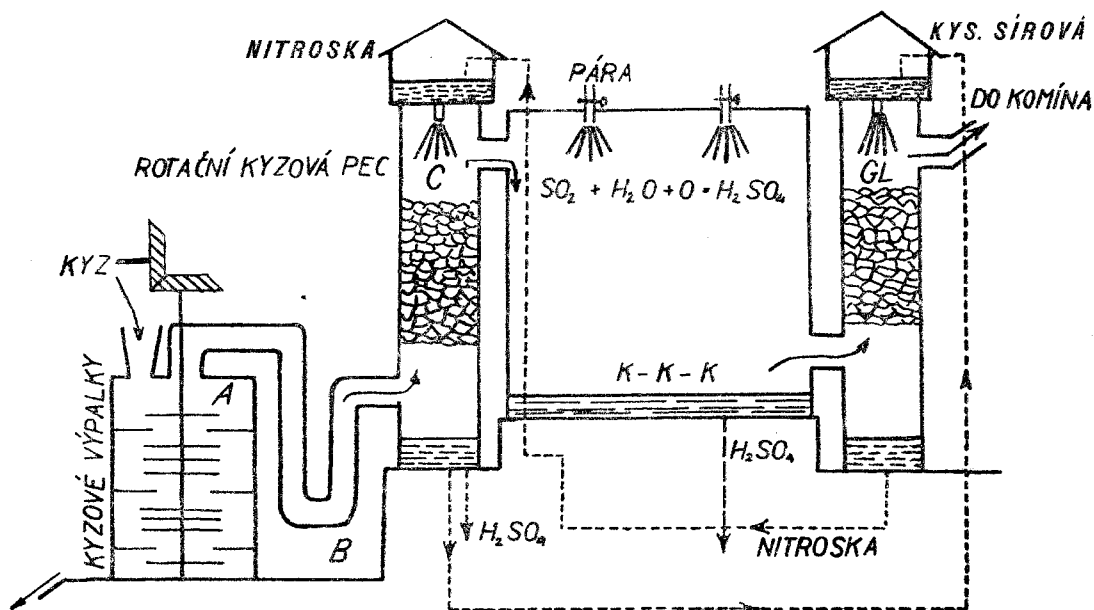
A to byly poslední rány osudu, jež se snesly na našeho Velikána Velikánoviče.

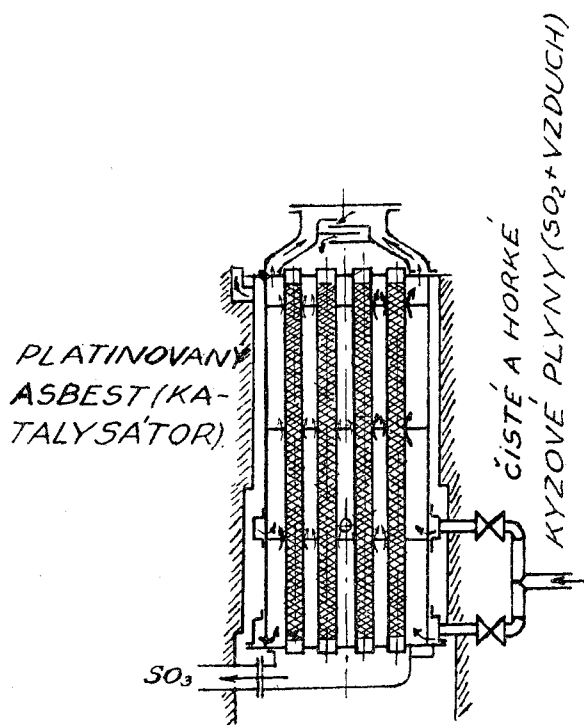
Nové chemické Veličenstvo: vodík

Dnes je kyselina sírová již stařenka na pensi. Ale má zdravý kořínek, ještě se dost drží, jenže v chemickém lese již vyrůstá jiný diktátorský strom, tentokrát i theoreticky víc oprávněný ke svému prvenství: vodík, praotec prvků. (Neboť atomy všech prvků obsahují ve svých jádrech vodík.) Není to podivuhodné? V článku o hvězdách jsme musili napsat, že vodík má vstup do nich zakázán a zde na Zemi vyrůstá v něm nový Velikán Velikánovič, ovládající veškerou průmyslovou chemii.

Věnujme starému Velikánu Velikánoviči při rozloučení ještě moderně naladěnou vzpomínku. Dnes vyrábíme H_2SO_4 moderněji než v olověných komorách. Užíváme k tomu systému šesti věží čtvercového průřezu, o výšce 12 m, a vyplněných šamotovými kameny. Kyselina sírová vzniká vlastně v prvních třech věžích, podobně jako v komorách, v těchto věžích stéká po kamenech nitroska, (směs kyseliny sírové a dusičné). Ve zbývajících třech věžích naopak stéká shora kyselina sírová, proti ní vystupují kyslíčníky dusíku, uvolněné z nitrosky a opět vzniká nitroska. (Na obrázku je komorová výroba; K—K—K je soustava olověných komor.) Ale ještě modernější způsob výroby — a na konec také jistě vyhraje — je t. zv. kontaktní způsob, při němž se kysličník siřičitý slučuje s kyslíkem vzdušným vedením přes platinovaný asbest či přes kysličník vanadičný na SO_3 (kysl. sírový).

Věnovavše tak ještě pohled uznání padlému Veličenstvu, rozhlédněme se ještě jednou po chemickém lese. I novému Velikánu Velikánoviči — vodíku — pomohla ke vzrůstu náhoda: výroba čpavku z dusíku a vodíku. Dnes má vodík před sebou budoucnost skvělou: vyrábíme z něho čpavek (z toho opět kyselinu dusičnou; a jaký ta má význam pro výrobu traskavin!), močovinu jako cenné hnojivo, umělý líh, benzin,





pohonné oleje. Vodík má své kořeny v uhlí, z něhož destilací dostáváme svítiplyn nejméně s 48⁰/₀ vodíku, a opět vodík vrací uhlí, co od něho přijal: působením vodíku na práškovité hnědé uhlí dostáváme benzin a pohonné oleje. Vodík tkví svými kořeny i v acetylenu C₂H₂ (sloučenina dvou atomů uhlíku a dvou atomů vodíku), jenž je druhým velkým stromem v dnešním chemickém lese. Neboť z acetylenu děláme umělý líh, kyselinu octovou a přes různé okliky i umělé hmoty a zvláště kaučuk.

Ale co je to všechno proti novému Velikánu Velikánoviči, proti vodíku? I acetylen i vše ostatní je či bude pod jeho vládou. Udrží se vodíkové Veličenstvo déle než padlé »Veličenstvo« kyselina sírová? Zdá se to být víc než jisté.

Umělé hmoty

Vítězství theoretické organické chemie

Zamyslíme-li se nad umělými hmotami a nad nejzákladnějšími složkami, z nichž je vyrábíme, musíme pocítiti nesmírný obdiv k theoretické organické chemii. Kdo z vás se již učil ústrojně čili organické chemii a slyšel jména ethylen, acetylen, divinyl, styrol a pod., domníval se, zvláště když při tom viděl profesora či učitele chemie nadšeně kreslit na tabuli tak zvané dvojně, po případě trojně vazby mezi uhlíkovými atomy, že to jsou sice látky, které dovedou přivést ve vytržení theoretického organického chemika, ale jinak že to jsou věci velmi nezáživné. (Připomínka: jsou-li s o u s e d n í uhlíkové atomy sloučeny s tolika atomy jiného prvku, zvláště vodíku, že jich více nemohou přijmout, vznikají sloučeniny n a s y c e n é, v nichž při psaní vzorce spojíme oba sousední uhlíkové atomy j e d n o d u c h o u vodorovnou čarou — vazba j e d n o d u c h á. Na př. racionelní — skupinová — formule ethanu je H₃C—CH₃. Mezi oběma skupinami CH₃ je vazba jednoduchá. — Mohou-li oba sousední uhlíkové atomy přijmout, každý se své strany, ještě p o j e d n o m atomu vodíku, naznačujeme to ve vzorci d v ě m a vodorovnými čarami mezi uhlíkovými atomy — vazba d v o j n á. Na př. racionelní vzorec ethyleny: H₂C=CH₂. Může-li konečně každý z obou uhlí-

kových atomů přijmout ještě dva atomy vodíku, naznačíme to ve čtverci t ř e m i vodorovnými čarami — vazba t r o j n á . Na př. racionelní vzorec acetyleny je $\text{HC}\equiv\text{CH}$. Sloučeniny s dvojnými a trojnými vazbami nazývají se nenasyčené.)

Ale již řadu let mají tato a jiná jména velký praktický význam jako výchozí suroviny pro umělé hmoty a theoretickým organickým chemikům, pracujícím vášnivě v laboratořích, dostává se tím nesmírného zadostučinění ve dvojném smyslu: 1. dokazuje se, že organické chemii patří budoucnost a to zvláště budoucnost praktická; 2. že všechny ty »hříčky« s dvojnými a trojnými vazbami stojí za to, aby byly stále stejně vášnivě sledovány jako dosud, neboť právě ta dvojnost a trojnost vazeb, naznačující, že atomy uhlíku mohou se sloučiti ještě s jinými prvky, je věcí velmi slibnou pro vznik nových látek. Dvojnost a trojnost vazeb dělá totiž sloučeniny agilními, reaktivními, »schopnými nových podniků«, řekli bychom po lidsku.

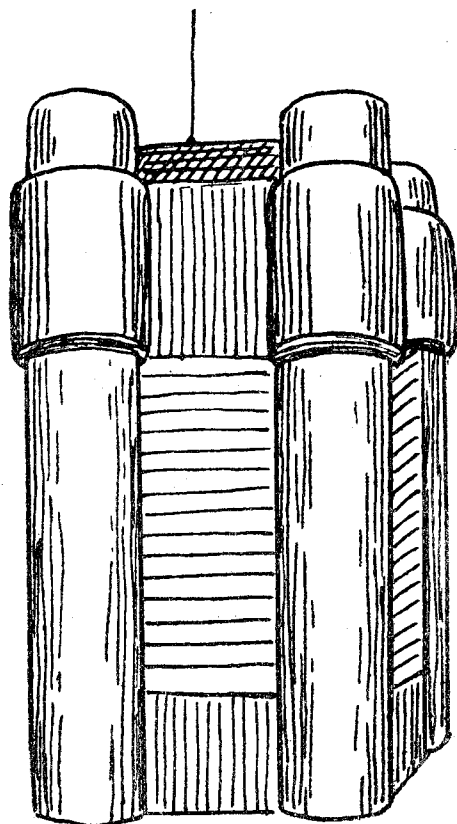
Organické chemii theoretické dostává se zadostučinění i v praktickém uplatnění vlastnosti, jakou projevuje plyn, zvaný formaldehyd ve styku s jinými organickými látkami. Dává s nimi tuhé pryskyřice, opět tedy nové umělé hmoty.

Praktická otázka

Teď, když jsem rozvinul obraz významu dvojných a trojných vazeb i agilnosti formaldehydu a skončil jsem takřka apotheosou — zbožštěním — organické chemie, položí mně jistě každý čtenář praktickou otázku: z čeho, z jakých s k u t e č n ý c h surovin ty umělé látky vyrábíme. — Počítejme s třemi hlavními surovinami pro výrobu umělých hmot: 1. s mlékem, 2. se dřevem, 3. s uhlím. Jako vedlejší suroviny k chemickému uplatnění uhlí musíme připočítat ještě 4. vápno a 5. vodu. Konečně je řada pomocných látek, mezi nimi i jedovatý kyanovodík, a řada katalysátorů, t. j. látek urychlujících chemické pochody, jako na př. sůl, rtuť či kovový sodík.

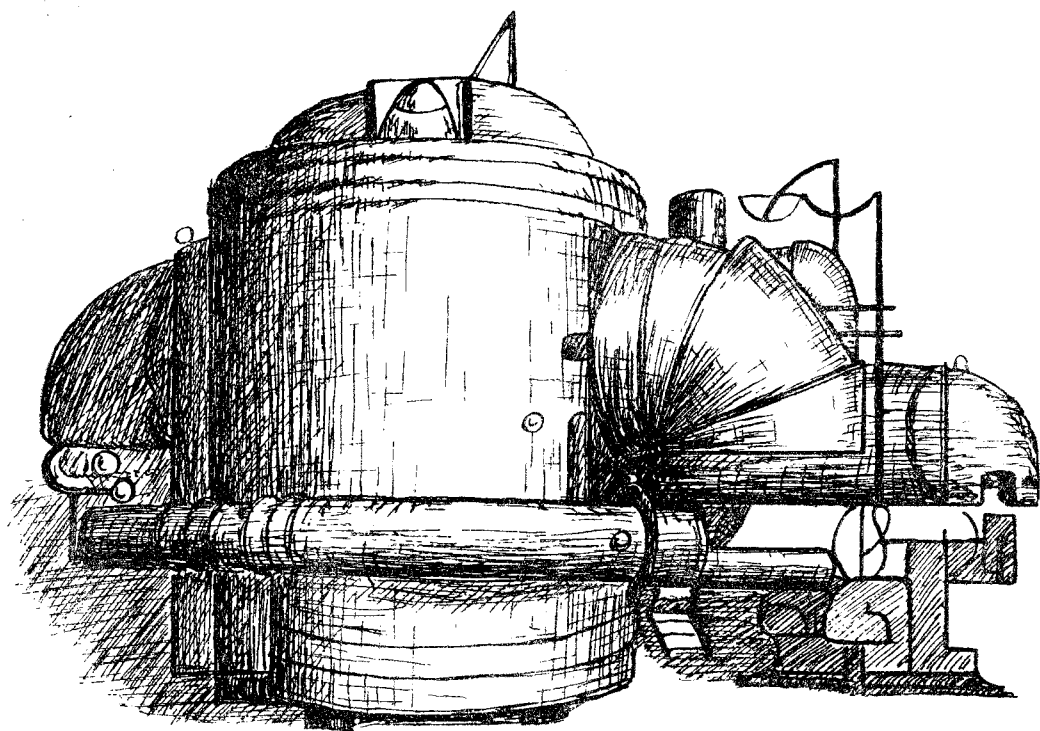
Formaldehyd

Bez formaldehydu by neexistovaly umělé hmoty z mléka, ani četné umělé pryskyřice. Formaldehyd je velmi reaktivní plyn desinfekčních účinků. Můžeme jej vy-



Etázový lis na kasein (k str. 181)

ráběti jak ze dřeva, tak z uhlí. Jeho roztok ve vodě známe pod názvem formalin. Je to plyn velmi zajímavý po té stránce, že se jeho molekuly mohou za určitých podmínek dohromady spojovat, což se jeví i ve změně skupenství: z plynu se stane tuhá látka, známá na př. jako formaldehydové pastilky, užívané k desinfekci místností. Zahříváním na lihových kahanech se mění zase v plyn, který působí desinfekčně. Tímto spojováním molekul ve větší celky a změnou skupenství tím vzniklou připomíná formaldehyd látky, jako divinyl, $\text{CH}_2=\text{CH} \cdot \text{CH}=\text{CN}_2$ (čili butadien), acetylen, styrol a pod., kde spojováním molekul původně řídkých hmot — plynů či kapalin — vznikají husté, tuhé látky, umělé hmoty. Takové spojování molekul nazýváme polymerisací. — Formaldehyd vyrábíme oksličením neboli oxydaci dřevného lihu, který nazýváme též methylalkohol či methanol ($\text{CH}_3 \cdot \text{OH}$). Vedeme páry dřevného plynu smíšené se vzduchem přes rozžhavená měděná síta a páry lihu se oksličí na jiný plyn charakteristického zápachu, t. zv. formaldehyd. Dřevný líh vyrábíme dvěma způsoby, buď suchou destilací dřeva (pálením za nepřístupu vzduchu), při čemž dostaneme dřevné uhlí, dehet, surový dřevný ocet (směs kyseliny octové a dřevného lihu) a hořlavý plynový podíl, nebo ze žhavy uhlí a vody. Tento druhý způsob je vlastně výrobou vodního plynu, skládajícího se asi z 50⁰/₀ vodíku a 30⁰/₀ kysličníku uhelnatého vedle jiných plynů. Dmýcháme totiž vodní páru na žhavé uhlí, čímž se vodní pára rozloží na vodík a kyslík, jenž se hned sloučí s uhlí-



Přístroj na výrobu umělého kaučuku

kem z uhlí na kysličník uhelnatý. Vedeme-li pak směs obou těchto plynů — vodíku a kysličníku uhelnatého čili vodní plyn — přes vhodný katalysátor, dostaneme líh dřevný, z něhož oxidací vznikne formaldehyd. Připomeňme si zde, že tento vodní plyn je též východiskem pro umělý benzin.

Co udělá formaldehyd z mléka?

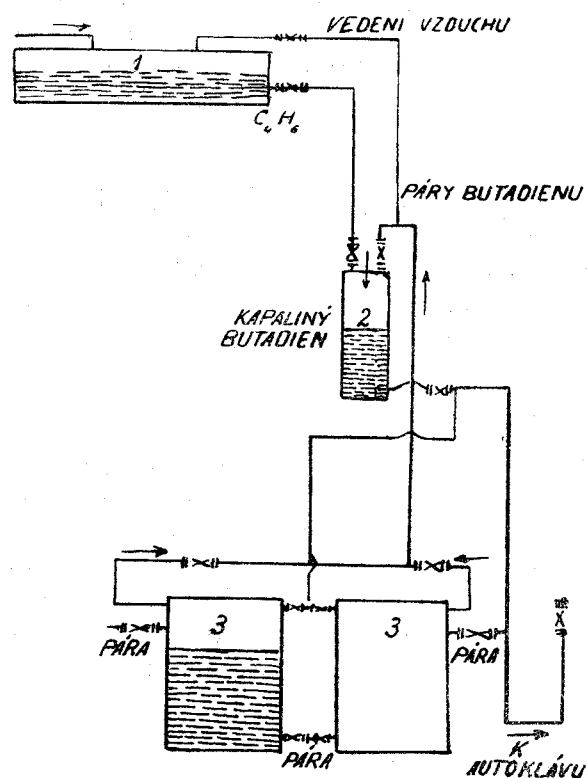
Formaldehyd není pro vznik umělých hmot důležitý svou polymerisací, ale tím, že zhušťuje, kondensuje jiné látky, ať kapalné či krystalické a neobrabitelné, tím, že se s jejich molekulami sloučí na látky tuhé a obrabitelné. Říkáme tomuto pochodu kondensace. Proberme si především, co dovede formaldehyd udělat z mléka. Nepotřebujeme k tomu plnohodnotného mléka, nýbrž mléka odtučněného, a z něho opět jen mléčné bílkoviny neboli kaseinu, kterého je v mléce 2,8%—3%. Vysrážíme tento kasein tak, že k teplému, odtučněnému mléku přidáme syřidlo, t. j. chemickou sloučeninu, kterou obdržíme vyluhováním telecích žaludků vodou. Sražený, usušený a rozemletý kasein smísíme s takovým množstvím vody, až zrnitá hmota zbobtná a změkne. Vodu necháme na kasein působit i několik hodin, pak zbobtnalou hmotu lisujeme — vlastně jaksi meleme — v přístroji, podobnému svou konstrukcí mlýnku na maso. V přístroji jsou i děrované desky na způsob sít, takže z lisu vyjde úplně homogenní hmota v podobě tyčí. Tyto tyče ještě až tepla slisujeme v etážových lisech na desky. Teď teprve je kasein zralý ke kondensaci, t. j. ke slučování s formaldehydem. Kaseinové desky či tyče vložíme do nádob s 5% roztokem formaldehydu ve vodě, tedy se zředěným roztokem formalinovým a formaldehyd se slučuje s kaseinem pomalu od povrchu dovnitř na tvrdou umělou hmotu, umělou slonovinu čili galalit. Při tomto slučování se vylučuje voda asi podobně jako při chemickém pochodu, nazvaném neutralisace, kdy se slučuje kyselina se zásadou na sůl a vzniká voda. Postup tvrdnutí lze dobře sledovat naříznutím desky či tyče, které z formalinové lázně vyjmeme, a pozorováním, jak se mění lom světla v tvrdnoucí desce. Kondensace postupuje pomalu. Tato pomalost je při vzniku umělých pryskyřic charakteristická pro každé podobné působení formaldehydu i na jiné látky. Toto působení totiž trvá celé dny až celé měsíce. Ztvrdlé desky či tyče pak sušíme, opět lisujeme, aby dostaly rovný tvar, a zpracováváme na předměty, k jejichž výrobě galalitu užíváme, na př. na kulečnické koule, knoflíky atd.

Fenolové pryskyřice

Podobně jako galalit vzniká slučováním formaldehydu s kaseinem, vznikají i fenolové pryskyřice, známé pod jménem bakelity, slučováním, tedy opět kondensací formaldehydu s fenolem. Musíme však jprve poznati, co je to fenol a látky jemu podobné, t. zv. kresoly. Při výrobě svítiplynu suchou destilací kamenného uhlí dostaneme tuhý zbytek (koks), kapalný podíl (dehet a čpavková voda) a plynový podíl (svítiplyn, z něhož rozkladem uhlovodíků ve styku se žhavými stěnami retort získáme retortový uhlík na uhlíkové desky, do galvanických článků a pod.).

Dehet destilujeme: do 170° C přechází lehký olej hustoty 0,91 až 0,95, z něhož dostaneme benzen (benzol) C_6H_6 , toluen C_7H_8 , xylen C_8H_{10} , kapalné hořlavé uhlo-

vodíky, hodící se k mísení s benzinem jako paliva do výbušných motorů, karbolový olej (do 230° C o spec. váze 1,01), těžký olej (do 270° C o spec. váze 1,04) a anthracenový olej (nad 270° C). Pro nás je nejzajímavější karbolový olej, protože z něho dostaneme fenol, kresoly i naftalen, který po přeměně na kyselinu ftálovou slouží k výrobě laků i pryskyřic. Karbolový olej smísíme s louhem sodným, čímž se přemění fenol, známý jinak pod názvem kyseliny karbolové, a kresoly na sodné sole, rozpustné ve vodě. Nerozpustí se v louhu sodném látky rozpustné ve vodě. Oddělíme oboje látky od sebe filtrací a rozkládáme sodné sole fenolové a kresolové kyselinou sírovou. Tím se vyloučí opět fenol i kresoly ve směsi, z níž ochlazením vykrystaluje fenol, kdežto kresoly zůstanou kapalné. Fenol $C_6H_5 \cdot OH$ jsou bílé, vlhkojemné, jehličkovité krystaly o bodu tání 42° C, které se zabarvují časem do červena. Chemicky je to benzen C_6H_6 , jehož molekula se podobá pravidelnému šestiúhelníku, takže má v každém rohu skupinu CH , složenou tedy z jednoho atomu uhlíku a jednoho vodíku, v níž je jeden vodík nahrazen t. zv. hydroxylovou skupinou OH (jeden atom kyslíku a jeden vodíku). Kresoly $C_6H_4 \cdot (OH) \cdot (CH_3)$ jsou fenoly, v nichž jest jeden vodík ve skupinách CH nahrazen skupinou CH_3 (methyl, odvozený od methanu CH_4 odtržením jednoho vodíku). Jsou tři; podle vzájemných poloh obou skupin OH a CH_3 v různých rozích benzenového šestiúhelníku je nazýváme »ortho«, (bod tání 31° C), »meta« (4° C), »para« (36° C). Nejdůležitější pro vznik umělých hmot je »meta kresol«, který, jak je zřejmo, je za obyčejné teploty kapalný.



Fenol či kresoly smísíme s formalinem ve velkých nádobách, které můžeme vytápěti. Kondensace, t. j. slučování formaldehydu s molekulami fenolu či kresolu, je provázena vývojem tepla, t. j. probíhá exothermicky a může při rychle stoupající teplotě probíhat až výbušně. Vznikne za současného uvolnění vody pryskyřice, kterou musíme z retorty vypustiti ještě za tepla a dokud je kapalná. Musíme ji pak rychle ochladiti, protože by jinak kondensace pokračovala dále ke stupňům v praxi nežádoucím.

Důležitý po stránce theoretické i praktické je zjev, že kondensace probíhá jinak v kyselém a jinak v zásaditém roztoku. V kyselém roztoku se sloučí formaldehyd nejprve pouze s jednou molekulou fenolu na fenolalkohol o formuli $C_6H_4(OH)CH_2OH$ a tato sloučenina se sloučí s další druhou molekulou fenolu na methyldifenol $C_6H_4(OH)CH_2 \cdot C_6H_4(OH)$ za odtržení vody.

V alkalickém (zásaditém) roztoku uplatňuje se z počátku více formaldehyd. Jeho dvě molekuly se sloučí s jednou molekulou fenolu na fenoldialkohol $C_6H_3(OH)(CH_2OH)_2$, který opět s další — druhou — molekulou dá za odštěpení vody resol, který se teplem stane netavitelný a nerozpustný. Formulka resolu je $C_6H_3(CO_2H)OH-CH_2-C_6H_4(OH)$. Skoro bychom řekli, že snadnější je výroba pryskyřic při zásadité reakci. Tam totiž pokračuje další kondensace a tvrzení již pouhým teplem, kondensovaná pryskyřice se přitom dá do nádob z mosaze, olova či skla a zahřívá na $80^\circ C$, při kteréžto teplotě ztvrdne pryskyřice dokonale za 24 až 41 hodin.

U pryskyřic kondensovaných v kyselém roztoku nutno přidávat opět formaldehyd. Je zajímavé, že to nemusí být formaldehyd volný, nýbrž i v podobě sloučenin, na př. v podobě bílé práškovité hmoty, zvané hexamethylentetramin neboli urotropin $N_2(CH_2)_6N_2$, jejíž výrobou sloučením 6 molekul formaldehydu se 4 molekulami čpavku za vystoupení 6 molekul vody.

Fenolové pryskyřice, barvy žluté, jsou rozpustné v lihu, ale ne v olejích, což by je činilo nepotřebnými k nátěrovým účelům. Ale dodáme jim této vlastnosti smíšením s přirozenými pryskyřicemi či rostlinnými oleji, jako na př. s kalafunou, terpentínovým či lněným olejem a pod. Hotové fenolové pryskyřice chovají se různě při bobtnání, táhnutí a rozpouštění. Tak na př. laky z fenolových pryskyřic jsou v t. zv. stavu A. To znamená, že pryskyřice, používané jako laky při zahřívání tají a rozpouštějí se v různých rozpustidlech. Jestliže pryskyřice v tomto stavu zahřejeme, ztrácejí schopnost rozpouštět se v rozpustidlech, zbobtnají ještě v některých kapalinách, na př. v acetonu, ale přestanou již táhnutí. Tento stav, jenž činí pryskyřici již méně použitelnou, je stav B; v něm jsou pryskyřice, z nichž vyrábíme lisované hmoty. A konečně dalším zahříváním ztrácejí tyto pryskyřice i bobtnatelnost a stanou se zcela nebobtnatelnými a netavitelnými. Mluvíme o stavu C. K tomuto stavu patří ušlechtilé pryskyřice a hotové lisované části.

Použití

Nadpis této části článku pochopíte, vzpomenete-li si na bakelitové elektrické vypínače a vůbec na isolační součásti při elektrické instalaci. Znáte dobře hnědou, čokoládovou barvu těchto součástí. Jejich podstatou jsou fenolové pryskyřice, smíšené s plnicími látkami, jako s dřevěnými pilinami či s vlákny asbestovými nebo s práškem z jiných nerostů. Tyto plnicí látky mají příznivý vliv i na zvýšení různých druhů pevnosti. Při výrobě umělých hmot tohoto druhu je hlavní podmínkou dobrá impregnace plnicích látek roztavenou pryskyřicí. Chápete proto jistě, že k tomuto účelu se hodí pryskyřice ve stavu A. Smísíme tedy na př. dřevěné piliny a barviva s pryskyřicí ve stavu A a směs hněteme při teplotě, při níž obyčejně pryskyřice taje. Poněvadž při hnětení vzniká teplo, může se nám stát, že kondensace zahájená formaldehydem pokračuje dále, — ve vyšších stupních je ovšem ještě neprozkoumána, — že stav A se přemění ve stav B, či dokonce ve stav C, takže nutno při této výrobě počínat si opatrně.

Ale roztavenými pryskyřicemi ve stavu A můžeme impregnovati i hotové tkaninové a papírové pásy nebo i dřevěné dýhy. Impregnaci provádíme tak, že uvedené

látky natíráme vodným, či lihovým roztokem fenolové pryskyřice ve stavu A, pak je sušíme a lisujeme v etážových lisech při teplotě od 150 do 170° C. Tvrdého papíru, t. j. papíru impregnovaného fenolovými pryskyřicemi ve stavu A, užíváme jako stavební isolační látky i stavební látky v elektrotechnice.

Tvrdé dřevo neboli lignofol vyrábíme natíráním bukových hoblin roztokem fenolové pryskyřice a lisováním v rámových lisech za zvýšené teploty. I zde vedle impregnace dřeva postupuje další kondensace pryskyřice a výsledek je ten, že pevnost získaného výrobku je větší než pevnost samotného dřeva. I v truhlářství se používá fenolových pryskyřic ke klížení různých částí a jejich slisováním za tepla. Výhodou tohoto umělého lepidla je daleko větší odolnost vůči vodě a plísním než u lepidel z kostí či rostlin.

Pryskyřice z močoviny

I při jejich výrobě se uplatňuje formaldehyd. Zaslouchnete-li slovo močovina, vzpomene si pravděpodobně nejprve na moč lidskou a zvířecí, z níž bychom ji obdrželi odpařením. Po této stránce původu vzbuzuje v nás močovina pocit určité ošklivosti. Ale pojem močoviny, bílé krystalické látky chladivě slané chuti, očistil roku 1928 německý chemik Wöhler, když ji připravil zahříváním oxykyanatanu amonného, při čemž si vyměnily jednotlivé atomy v molekule svá místa. Říkáme takovému pochodu molekulární přesmyknutí.

Dnešní chemik necítí nechuť k žádné surovině, ale může dokonce s úsměvem předložit močovinu i nejchoulostivější společnosti v podobě umělé látky, vyrobené sice složitěji, ale s druhé strany daleko prostěji, než ji vyrobil Wöhler. Je k tomu zapotřebí jen dvou věcí: 1. dokonalého spálení uhlí na kysličník uhličitý, 2. čpavku, jež uměle vyrábíme podle metody Haber-Boschovy působením vysokého tlaku, vyšší teploty a katalysátorů na směs dusíku, získaného ze vzduchu, a vodíku, získaného na př. ze svítiplynu, v němž ho je 50⁰/₀. V použití podobných metod — vyšší teploty, vysokého tlaku a katalysátorů — pokračujeme i dále při výrobě močoviny z kysličníku uhličitého a čpavku. Oba plyny se sloučí působením tohoto trojitého nátlaku na močovinu podle rovnice: CO_2 (kysličník uhličitý) + 2NH_3 (čpavek) = $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (močovina) + H_2O (voda).

Při výrobě pryskyřic z močoviny, zvaných též pryskyřice karbamidové či méně vhodně aminoplasty, vznikne v mísící nádobě, v níž mísíme močovinu s formalinovým roztokem, monomethylolmočovina — jakási alkoholická sloučenina močoviny — $\text{CO}(\text{NH}_2)\text{NH} \cdot \text{CH}_2\text{OH}$, z níž sloučením s další molekulou formaldehydu vznikne dimethylolmočovina, jakýsi dvojsytný alkohol močoviny $\text{CO}(\text{NH} \cdot \text{CH}_2\text{OH})_2$. Dalšímu postupu kondensace stejně jako u přirozených pryskyřic theoreticky dosud nerozumíme. Známe jen výsledek: vznikne pryskyřice, rozpustná ve vodě, kterou však od vody neoddelujeme, jako se to děje u pryskyřic fenolových. Dále postupujeme podobně, jako při použití pryskyřic ve stavu A. Impregnujeme vláknité látky roztokem pryskyřic ve vodě, impregnovanou látku sušíme, rozemeleme v kulovém mlýně a vyrábíme z ní jasnobarevné a průsvitné předměty. K tomu se totiž pryskyřice z močoviny znamenitě hodí, protože jsou bezbarvé a stále na světle. Že se pryskyřice z močoviny užívá na

jemnější výrobky, je vidět již z toho, že se jako plnicí látky užívá celulosy, tedy chemicky čistého výrobku ze dřeva, více než samotného dřeva, ovšem v podobě dřevěných pilin. Těmito pryskyřicemi končí zatím uplatnění formaldehydu, neboť další kondenzační výrobky, získané pomocí formaldehydu, t. zv. pryskyřice anilinové, jsou teprve ve vývoji.

Naftalen jako surovina

I z n a f t a l e n u (naftalinu), bílých to šupinek, užívaných proti molům, vyrábějí se pryskyřice, užívané hlavně na laky. Naftalen získáváme podobně jako fenol a kresoly z karbolového oleje. V kamenouhelném dehtu plynárenském je naftalenu 4 - 6⁰/₀. Z karbolového oleje získáme jej pouhým ochlazením. Při tom naftalen vykristaluje a lisováním od něho oddělíme olej, jímž je nasáknut. Formulka naftalenu je: C₁₀H₈ a můžeme si jeho molekulu představit jako dva pravidelné šestiúhelníky (benzenová jádra), přilehlé k sobě po jedné straně. Okysličením naftalenu vznikne kyselina ftálová C₆H₄(COOH)₂. Jako jsou tři kresoly, jsou také podle polohy obou skupin COOH možné tři ftálové kyseliny: ortho, meta a para. Pro výrobu pryskyřic má význam ortho-kyselina krystalující v pravidelných hranolech. Ostatně ani jí neužíváme přímo. Chemickou cestou odštípeme od ní molekulu vody a dostaneme anhydrid této kyseliny, opět bezbarvou krystalickou látku.

Již jsem naznačil, že při výrobě ftálových pryskyřic se neuplatňuje formaldehyd; teď dodám, že ftálové pryskyřice vyrábíme působením glycerinu, jež získáme z tuků, na kyselinu ftálovou nebo na její anhydrid (látku vzniklou z ní odštěpením vody C₆H₄(CO)₂O. Vznikne podobná sloučenina s kyselinou, jako jsou i tuky. Říkáme takovým sloučeninám glycerinu a alkoholů — neboť i glycerin je alkohol — s kyselinami esthery. Rozdíl je v tom, že tuky jsou esthery glycerinu s tak zvanými mastnými kyselinami, které mají řetěz otevřený (molekuly mají podobu tyčinek), tedy na př. s kyselinou máselnou, palmitovou, stearovou a pod., kdežto ftálové pryskyřice jsou esthery glycerinu s kyselinou ftálovou, jež patří ke kyselinám s řetězem uzavřeným, t. j. s jádrem benzenovým.

Pryskyřice vznikají již pouhým teplem a bez katalysátorů. Přestaneme při jejich výrobě ve stadiu, kdy vzniklá kapalná pryskyřice je dosti viskosní, t. j. běžně mluveno, dosti hustá. Pak odlejeme pryskyřici do forem a stvrzujeme ji pouhým teplem. Obvykle užíváme těchto pryskyřic k přípravě laků pod názvem glyptalu či alkydalové pryskyřice.

Polymerisační umělé hmoty

Vracím se teď k tomu, čím jsem začal: k obdivu dvojných a trojných vazeb mezi atomy uhlíku. Kondensace, vznikající spojováním molekul formaldehydu, plynu, jenž je prvním produktem při t. zv. rostlinné asimilaci kyslíčnicku uhličitého, jež rostliny vdechují, sloučením tohoto plynu s vodou (z formaldehydu pak vzniká polymerisací cukr, škrob a buničina) je jistě obdivuhodná.

Vznik formaldehydu při asimilaci: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H} \cdot \text{CHO}$ (formaldehyd).

Vznik hroznového cukru (glukosy) polymerisací formaldehydu: $6\text{H} \cdot \text{CHO} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (glukosa).

Slibnější kondensací je však vznik umělých hmot spojováním molekul s dvojnými a trojnými vazbami. Při probírání polymerizačních umělých hmot vyjdeme z pomyslné skupiny, která ve skutečnosti neexistuje, ale je důležitou základní složkou řady sloučenin, z nichž polymerisací vznikají umělé hmoty. Je to radikál (skupina, jež sama nemůže existovati) v i n y l $\text{CH}_2 = \text{CH}$. Vidíme ve vinylu dvě čáry mezi dvěma uhlíky, tedy dvojnou vazbu. »Zhmotnělý« vinyl je b u t a d i e n, těžký to plyn, důležitý při výrobě umělého kaučuku. Butadien nazýváme též divinyl. Vinylové sloučeniny vyrábíme buď z ethylenu neb z acetylenu. Oba plyny můžeme vyráběti z uhlí, především ethylen $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$, který též přichází ve svítiplynu, ale můžeme jej získati v libovolném množství též z acetylenu. Acetylen $\text{CH} \equiv \text{CH}$ čili C_2H_2 pak vyrábíme působením vody na karbid vápíku, jež získáme pálením směsi koksu a páleného vápna v elektrické peci. Vidíme mezi oběma uhlíkovými atomy tři spojovací čáry, tedy t. zv. trojnou vazbu, naznačující, že acetylen se snadno sloučí s jinými prvky, především s vodíkem (tak vznikne z něho ethylen), čímž ovšem počet spojovacích čar klesá a trojná vazba se mění na dvojnou nebo až na jednoduchou. — Ethylen však vyrábíme obyčejně z pitného lihu zahříváním s koncentrovanou kyselinou sírovou, která z lihu odštípne chemicky vázanou vodu. Je to naslédlý, velmi reaktivní plyn, který se slučuje s chlorem na ethylenchlorid, olejovitou kapalinu, z níž též dostáváme určité druhy umělého kaučuku. — Ale přejdeme k acetylenu, plynu, z něhož lze dnes vyráběti spoustu organických sloučenin, významných pro umělé hmoty. Lze z něho na př. vyráběti kyselinu octovou, důležitou k výrobě umělého, t. zv. acetátového hedvábí jejím působením na celulosu. Jenže takto vzniklé octany celulosy mají dnes i vysoký technický význam, smíšeny na př. se sádrovým práškem, dávají t. zv. t r o l i t, z něhož vyrábíme nehořlavé tyče, roury, profily, folie atd. (V tomto pojednání vynechávám výrobu umělého hedvábí, jako poměrně dost známou; jen kvůli úplnosti uvádím, že vedle acetátového hedvábí je především hedvábí n i t r á t o v é, hořlavé, které vyrábíme nitrováním, t. j. působením směsi kyseliny dusičné a sírové na buničinu. Dále známe hedvábí v i s k o s o v é, jež vzniká rozpuštěním celulosy, impregnované louhem sodným, v sirouhlíku na t. zv. viskosu, hustý roztok, jež vytlačujeme do nádob s různými solemi. Nakonec se tak vypere chemicky vázaný sirouhlík i sodík a zbude buničina ve skelné podobě; tak se vyrábí i c e l o f á n.)

Z acetylenu obdržíme působením chlorovodíku vinylchlorid $\text{CH}_2 = \text{CH} + \text{HCl} = \text{H}_2\text{C} = \text{CHCl}$ (vinylchlorid). Z něho působením katalysátorů dostaneme polyvinylchlorid (mnohochlorid), jež podle stupně provedené polymerisace je buď kapalný a užívá se na laky, nebo je tuhý a lze z něho vyráběti tenké desky i celé bloky.

Na druhé straně lze z něho vyráběti i vlákna, hodící se k filtraci. O jiné sloučenině, důležité pro umělé hmoty, jsem se již zmínil na začátku. Je to kapalný s t y r o l (vinylbenzen). Připravíme si jej nikoliv přímo z acetylenu, nýbrž oklikou přes ethylen. Působením ethylenu na benzen (benzol), obdržíme ethylbenzen $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$, z něhož odštěpením vodíku vznikne vinylbenzen $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH} = \text{CH}_2$.

Polymerisaci styrolu můžeme prováděti různě: 1. v podobě jeho par, jež vedeme přes katalysátory; 2. v podobě emulse, kdy jest styrol jemně rozptýlen v kapalině,

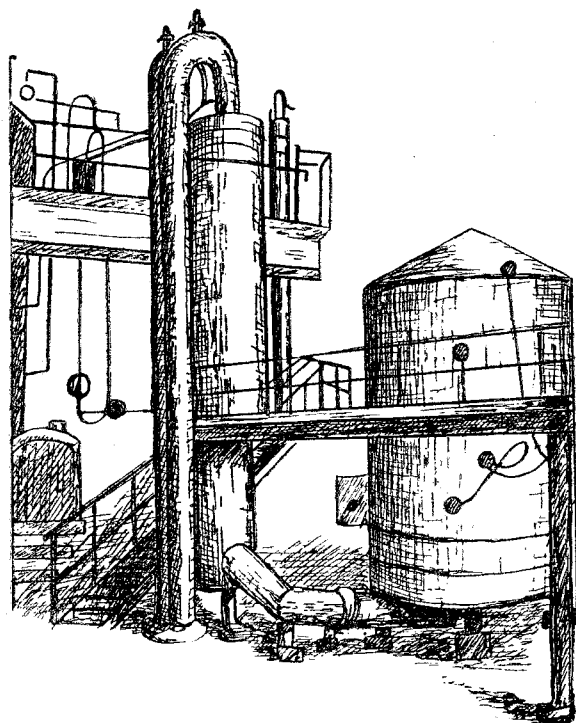
jež jej nerozpouští, a 3. konečně v kapalně podobě. Polymerisačního výrobku, prolystyrolu, užíváme k výrobě isolačních těles, tenkých folií (styroflex, trolitul), hřebenu atd.

Kyselina akrylová

To je též jedna z nenápadných sloučenin s dvojnou vazbou, z níž vyrobené umělé hmoty nejsou pouhé polymerisáty, nýbrž i esthery, jaké jsme již poznali u ftálových pryskyřic. Vzorec této kyseliny je $\text{CH}_2 = \text{CH} \cdot \text{COOH}$. Vidíte, že její formulka začíná zase onou podezřelou skupinou vinylovou. Jistě tedy bude i v této kyselině něco slibného. — Naznačme si cestu, jakou dojdeme k polymerům esterů kyseliny akrylové.

Vyjdeme od ethylenu či od jeho kyslíkové sloučeniny ethylenoxydu $(\text{CH}_2)_2\text{O}$. Působením kyanovodíku dostaneme z něho ethylenkyanhydrin $\text{CH}_2\text{OH} \cdot \text{CH}_2\text{CN}$, odnětím vody vznikne nitril kyseliny akrylové $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CN}$, z něhož vodou dostaneme kyselinu akrylovou a čpavek NH_3 .

Z kyseliny akrylové pak působením různých alkoholů, jako methylalkoholu CH_3OH , ethylalkoholu $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ a pod. obdržíme esthery kyseliny akrylové, na př. její methylester $\text{CH}_2 = \text{CH} \cdot \text{COOCH}_3$. Na umělé organické sklo, zvané plexiglas, jež je polymerem estheru kyseliny akrylové, musíme jít s větší oklikou, především musíme vyjít od acetylenu, z něhož dostaneme kyselinu octovou. Z té získáme známé organické rozpustidlo, zvané aceton, z toho působením kyanovodíku dostaneme acetonkyanhydrin $(\text{CH}_3)_2\text{C} \cdot \text{OH} \cdot \text{CN}$, z něhož odnětím vody vznikne nitril kyseliny methylakrylové, $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3)\text{CN}$ a z něho opět působením vody a pak methylalkoholu dostaneme methylester kyseliny methylakrylové $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3) \cdot \text{COOCH}_3$, jehož polymerisací dostaneme konečně plexiglas. Vůbec vyrábíme z polymerisátů kyseliny akrylové bezpečnostní skla, laky a ochranné pláště. Polymerisáty kyseliny akrylové uplatňují se i ve směsi s polymerisáty vinylových sloučenin na př. v t. zv. mipolamu.



Přístroj na výrobu umělého kaučuku

Umělý kaučuk

Kaučuk je složen z tyčinek, podobných rákosovým hůlkám, na nichž jsou jednotlivá kolínka obsazena atomy uhlíku. Těchto kolínek a zároveň tedy i atomů uhlíku je v takové rákosové hůlce — molekule kaučuku — až 7400. Délka kaučukové hůlky je

8300 Å (ongstrémů), t. j. 0,00083 mm; na molekuly je to značná délka. Umělý kaučuk vyrábíme několika způsoby: 1. buď z butadienu, o němž jsem již mluvil, působením sodíku (t. zv. kaučuk »buna«); 2. nebo z isoprenu, což je kapalina (chemicky: methylbutadien); 3. z dimethylbutadienu (čili methylisoprenu); 4. z vinylacetyleny, jež dostaneme z acetyleny působením chloridu měďno-amonného, z vinylacetyleny pak působením chlorovodíku dostaneme chloropren, z něhož v Americe dělají umělý kaučuk »Dupren«; 5. z chlorovaného butadienu (v Americe); 6. z ethyleny, jež nejprve působením chloru a natriumtetrasulfidu Na_2S_4 převedeme na sloučeninu se 4 atomy síry a z té polymerisací vyrobíme umělý kaučuk t. zv. thiokol.

Kvůli úplnosti zmiňuji se ke konci článku ještě o umělé kůži (vulkanfibru), již vyrábíme z papíru impregnačí chloridem zinečnatým.

Atomová puma

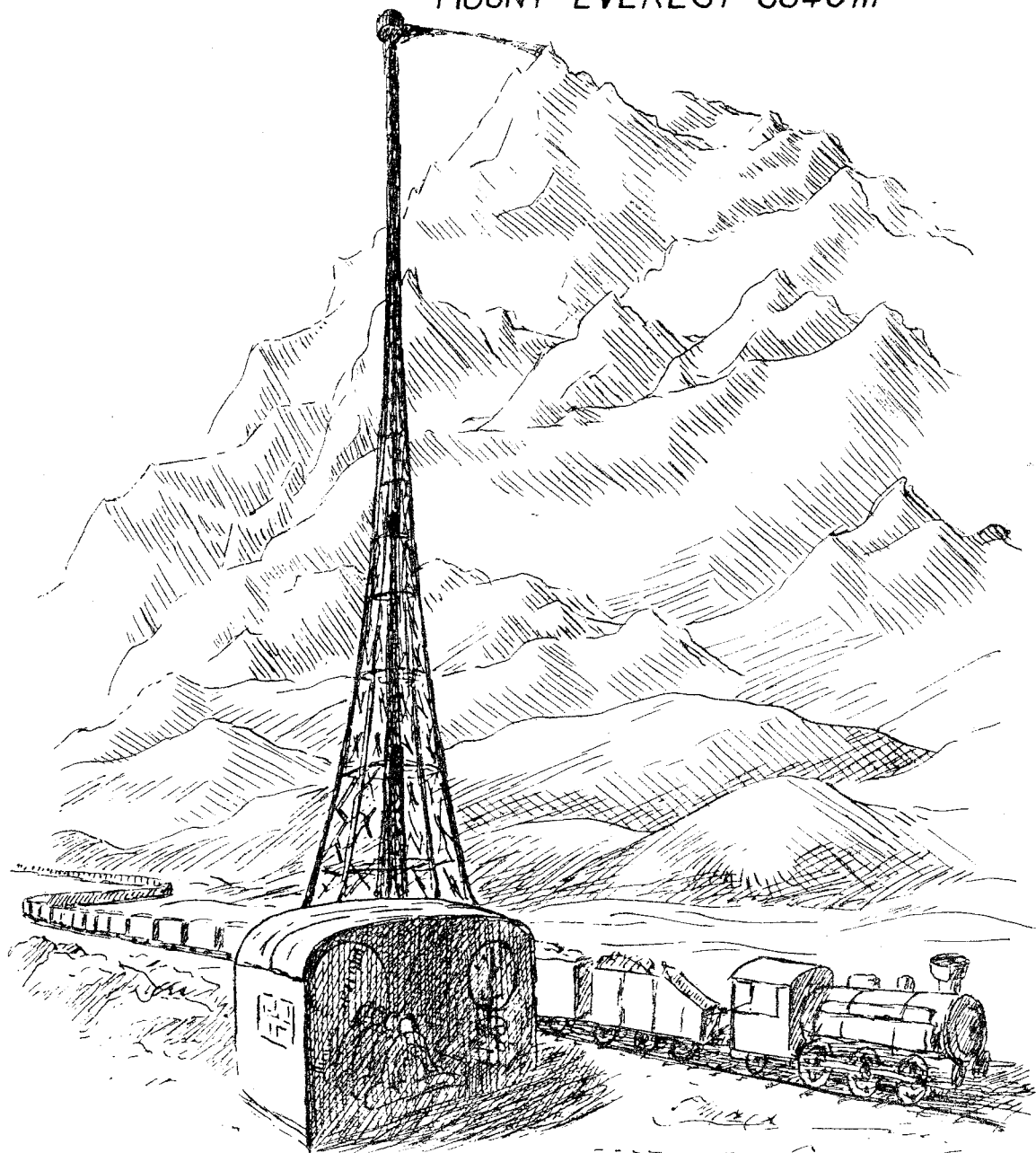
Zdá se podle všeho, že vstupujeme do doby, kterou lze nazývat radioaktivní. Tato doba, která začala objevem radioaktivity uranu Becquerelem r. 1896, pokračovala výkladem nevyčerpatelnosti zářivé energie, jakou Slunce i stálice chrlí do Vesmíru, radioaktivitou, t. j. samovolným rozpadem radioaktivních prvků. Roku 1924 přišel Wagner s podobnou teorií, týkající se Země, že radioaktivitou lze vykládat i zřejmé oteplování Země jevící se v tom, že věčný led na velehorách ustupuje do vyšších poloh, že led i v polárních mořích ustupuje dále k pólům a že i mořská voda se zřejmě otepluje, jak dokazuje téměř desateronásobný úlovek tresek na západním pobřeží Gronska roku 1930 proti roku 1924. (Roku 1924 bylo tam uloveno 836 tisíc kilogramů, roku 1930 osm milionů, sto tisíc kilogramů.) Ale podobně zvýšené úlovky byly zjištěny i ve východní Asii.

Opravdu se zdá, že lidstvo prožívá radioaktivní dobu. Nelze se diviti, vystoupí-li v takové době i příroda s jakýmsi nátlakem na lidi, aby objevili i praktické možnosti využití radioaktivní energie. Toto naléhání přírody, jako by bylo opravdu nad námi ve vzduchu. Víme i z jiných přírodovědeckých objevů, ke kterým došli dva i více učenců skoro současně, na př. objev periodické soustavy prvků od Mendělejeva a Mayera, že některé věci jsou opravdu jakoby ve vzduchu, asi tak jako válka, kterou mnozí lidé tuší v době, kdy jiní jsou ukolébáni v klid. Opravdu se zdá, že objevem atomové pumy, jejíž podstatou je radioaktivita, byl podán nový důkaz, jak příroda je v úzkém spojení s člověkem: uzrála prostě doba, kdy lidstvo má užívat jako zdrojů energie sil, jež k sobě váží v atomových jádrech protony a neutrony, a blížíme se určitě k době, kdy i samotnou hmotu budeme umět přeměňovat v energii.

Jak by to vypadalo, až dokážeme hmotu přeměňovat v energii?

Podle Einsteinovy theorie relativity můžeme si vypočítat, jak velkou energii vydá určité množství hmoty podle vzorečku $E = m \cdot c^2$, kde E je energie v ergch, m je hmotnost v gramech, c je rychlost světla. Tak bychom mohli úplnou přeměnou 1 kg hmoty, ať již bláta či zlata nebo slámy obdržeti po převedení ergů na kalorie teplo

MOUNT EVEREST 8840m



21 500 000 000 000 000 kalorií, t. j. 21 tisíc pět set bilionů kalorií. Tímto teplem bychom uvedli do varu čili ohřáli na 100°C 215 miliard kg čili 215 milionů tun vody. Nebo si můžeme představit hmotu vyjádřenou prací, a to v jednotkách statických,

kilogrammetrech, nebo v dynamických ergech. Jedním kilogramem hmoty, přeměněným na práci zvedneme 1000 tun nebo 50 naložených vagonů na vrchol nejvyšší hory světa, Mount Everestu, vysoké 8840 metrů.

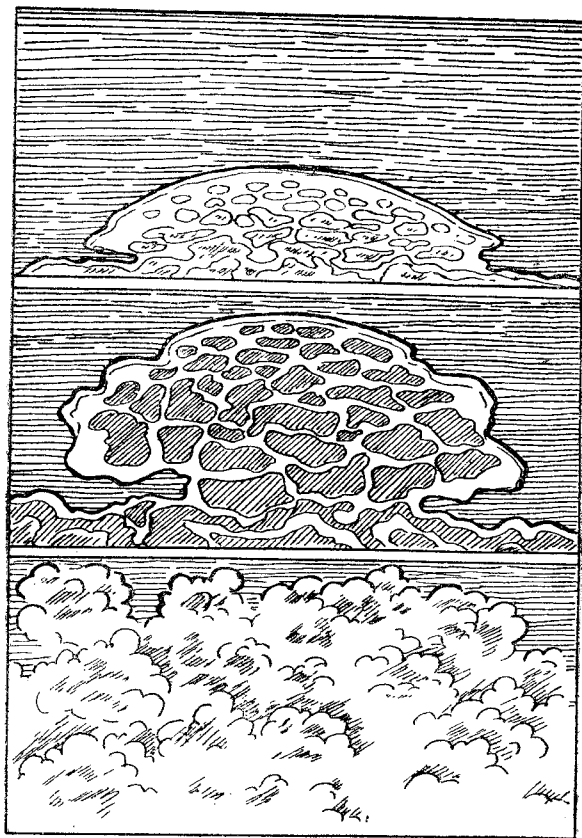
Uran jako výbušná náplň pumy

Učenci, kteří studovali možnost výroby atomové pumy, nedošli pochopitelně ještě tak daleko, aby v pumě dovedli proměnit hmotu v energii, proto si úkol usnadnili použitím radioaktivního prvku, při jehož rozpadu se uvolní přitažlivé síly vážící k sobě protony a neutrony v jádře a přemění se v tepelnou energii. Bylo zapotřebí mnoho práce, nežli našli vhodný radioaktivní prvek v podobě isotopu uranu o atomové váze 235. Již příprava tohoto uranu je velmi obtížná. Ze 140 kg obyčejného uranu, jenž je směsí nejméně tří isotopů o atomových vahách 238, 235 a 234, ve které je podle starší theorie nejtěžšího isotopu 90%, a isotopu 235 jen 1%, obdržíme jen 1 kg tohoto hledaného isotopu.

Pozoruhodné je, že se při rozpadu tohoto isotopu setkáváme se dvěma důležitými okolnostmi, totiž především s tím, že v rozporu s dosavadní teorií o samovolnosti radioaktivního rozpadu vlastně rozpadu uranu napomáháme, a za druhé, že tento rozpad jde velmi daleko. Při něm nevyletují totiž z uranu jako nejtěžší částice bombardovací střely alfa — vzpomeňme na Jeansovo přirovnání rozpadu radioaktivního prvku k nabitému a vystřelivšímu dělu —, nýbrž tyto částice se rozpadají dokonce v neutrony. Zdá se, že zkušenost, k jaké došli učenci při tak zvané umělé radioaktivitě, při níž se neutrony ukázaly jako nejvhodnější bombardovací částice k vytvoření nového krátkodobě radioaktivního prvku, ať již kyslíku či sodíku atd., zvítězila i při výrobě atomové pumy. Neutrony mohou daleko snadněji vnikati do atomových jader, která jako kladně nabitá shluky protonů a neutronů odpuzují kladně nabitě částice, které chtějí do těchto shluků vniknouti. A tak se zdá, že při umělé radioaktivitě, je slávě kladných částic jako jsou protony, deuterony a částice alfa, odzvoněno. Patrně opravdu atomová puma je oslavou neutronů, které vyletěvše z náplně pumy vnikají do atomových jader všeho, co je kolem místa výbuchu: do atomů vápníku v betonových stavbách, do atomů uhlíku, vodíku, kyslíku, dusíku v lidských a živočišných i rostlinných tělech, do atomů prvků tvořících hlínu pole či skály, ať již to jsou atomy křemíku, hliníku či jiných prvků tvořících pevnou zemskou kůru. Snad vše v okolí se stane na kratší či delší dobu radioaktivní a může proto být i po výbuchu pumy po nějakou dobu všemu živoucímu v okolí místa výbuchu krajně škodlivé. Použití vnějšího donucovacího prostředku k intensivnějšímu rozpadu uranu 235 může mít v tomto smyslu dva účely: buď jen urychlit jeho samovolný rozpad nebo donutit tento uran i k rozpadu částic alfa. Uskutečněny mohou být oba cíle zároveň. Podle toho, co dosud vyšlo o atomové pumě na veřejnost, zdá se, že tímto donucovacím prostředkem je snad směs lehkého kovu beryllia či lithia a radioaktivního kovu polonia, jehož částice alfa vyhánějí z lithia a beryllia neutrony, které pak dělají totéž v atomech uranu.

Viditelné a slyšitelné účinky výbuchu atomové pumy

Umělá radioaktivita vzbuzená bombardováním všech okolních atomů v plyných, kapalných či tuhých látkách jen znásobuje strašné mechanické účinky, na které se přemění utajené přitažlivé síly, které dosud vázaly k sobě neutrony a protony v atomových jádrech. Účinky jsou strašlivé a dávají nám jen tušit, co by dokázala hmota, kdybychom ji podle Einsteinovy teorie dovedli přímo měnit v energii. Zatím nám ukázala atomová puma na viditelných a slyšitelných zjevech, které následovaly bezprostředně po výbuchu, co dovedou jen přitažlivé síly, převedené na energii zářivou, tepelnou a pohybovou. Roztržením atomových jader na protony a neutrony vzniklo především teplo, odpovídající několika milionům stupňů. Co dokáže takové teplo v okolí výbuchu, dovedeme pochopit, když si podle výpočtu anglického fysika Jeanse představíme, že špendlíková hlavička, teplá 50 milionů stupňů, t. j. tolik, kolik je asi teplé vnitro stálic, spálí vše kolem sebe v okruhu 1500 km. Dovedete si jistě představit, jaký úžasný světelný efekt způsobí taková nesmírná teplota třeba jen několika — řekněme tří až čtyř milionů stupňů. K tomu si přimyslete nesmírně prudké oteplení okolního vzduchu, který se rozehrát hrne do okolí a zvláště i do výšky do vzdálenosti 10 až 13 km. Do výšky to znamená přímý zásah do stratosféry a uvedení v nezvyklý neklid tohoto jinak klidného atmosférického území nad naší Zemí. Ale prudkým vpádem nesmírně otepleného vzduchu z místa výbuchu do širého okolí vznikne na místě výbuchu částečně vzduchoprázdno, které má za následek, že se na toto místo hrne ze vzdálenějšího okolí studený těžší vzduch. Jak šíleně rychlý úprk teplého vzduchu pryč od místa výbuchu, tak i nejprudší vpád studeného vzduchu na jeho místo vzbudí úžasný tlak několika milionů atmosfér, který vyvrátí vše, co by snad nerozbily neutrony, a který i strašlivými nárazy vzdušných vrstev na sebe vyvolá strašné hromobití.



Postupné šíření výbuchu atomové pumy.

Trojdielný obrázek znázorňuje ve svých třech částech shora dolů, jak podle snímků pořízených při pokusných výbuších se výbuch a jeho průvodní světelné, zvukové a tlakové účinky s počátku šíří spíše po zemi do vzdálenosti asi 10 km, aby se potom rozšíly do stejné, ne-li ještě větší výše.

Atomový motor

Věřím v úspěšnost použití radioaktivních o rozpadu uranu k pohonu motoru a věřím i v to, že dokážeme jednou přeměňovat hmotu přímo v energii, tedy že budeme pohánět motory třeba kouskem bláta, abych dal křiklavý, jenže při tom zcela přiléhavý příklad. To snad bude největší výkon lidského ducha. Ale dokážeme-li to jednou, myslím, že nás to přivede spíše k správné skromnosti, protože si přitom jistě uvědomíme, že je velkou věcí atomy rozbíjet, ale daleko těžší že je atomy vytvářet tak, jak kdysi vznikly v úžasném pravěku, kdy z energie Vesmíru vznikaly elektrony a protony či neutrony, aby vytvořily prvky a z nich sloučeniny. A tu, třeba že jsem hrd na to, že jsem člověk, příslušník obdivuhodně vynalézavého a skvělého druhu živočišstva, jež je pánem tvorstva, myslím, že se lidstvo zastaví. Sotva totiž dokáže tvořit atomy.

Chvála chemie

Připouštím, že stejná práva na chvalo zpěvy mají strojaři, elektrotechnici, architekti i vyznavači přírodovědeckých věd, ale jak nudná — proti chemii — je na př. taková strojařina či elektrotechnika. Stále práce se stejným materiálem, obyčejně kovy, nebo se stejnou silou (elektrina v elektrotechnice). Naproti tomu taková chemie: pomyslete si, že anorganických sloučenin má 40.000 a organických 500.000. S těmi všemi může chemik dělat hotovou »eskamotáž«: staré sloučeniny rozkládat a nové skládat. Ovšem i při všem nadšení musíme být skromní: technicky, ve velkém všechny ty sloučeniny nevyrábíme. Překvapí vás jistě, že anorganický průmysl vyrábí z velkého počtu 40.000 sloučenin jen 250 sloučenin. I organická chemie vás rozčaruje: ze 500.000 sloučenin uhlíku — jen ty počítáme do organické chemie — vyrábíme jich průmyslově jen osm až devět tisíc.

Co chemie dává lidstvu

Ale přesto jsem si jist, že chemie si zaslouží chválu. Nebyla vždy na výši situace, byla plna pověr i podvodů (alchymie), zatím co již jiné přírodní vědy stály ve svém vývoji velmi vysoko. Kolikrát těžila bez vlastní zásluhy jen ze šťastných okolností, ale teď již vyrostla skoro ze všech chyb: dovede nahrazovat a zdokonalovat přírodu a ovládat život člověka. Chemie bývá ve světovém průmyslu statisticky odstrkována. Je spousta podniků, v nichž se výroba děje čistě na základě chemických pochodů, vezměte na př. výrobu železa a kovů vůbec. Kdybychom všechny takové podniky čítali k chemickému průmyslu, vykazoval by tento průmysl v peněžní hodnotě třicetiprocentní podíl na hodnotách veškerého průmyslu. Ale protože — myšleno ovšem žertem — na základě nějaké tajné dohody, která byla mlčky přijata všemi druhými průmyslovými obory, odkazují průmyslovou chemii do skrovnějších mezí, určily druhé obory chemikům hranice stísněnější, v nichž vyrábíme čistě chemicky 12⁰/₀ všech hodnot světového průmyslu. I to je dost, ale vidíte, jak chudinku — chemii — ošidili. Snad si

proto každý na chemii tak troufá, že ona potřebuje ke své »eskamotáži« poměrně málo lidí. Srovnávejme poměry velmi chemické země — Německa. V roce 1928 - 29 bylo v Německu zaměstnáno v zemědělství deset milionů lidí, v celém průmyslu skoro devět milionů lidí, ale v chemii jen přes 800.000, což je samozřejmě velmi málo. V Německu totiž chemický průmysl znamenal v té době 28% hodnot všeho průmyslu, takže by v něm měla být zaměstnána aspoň čtvrtina průmyslových zaměstnanců, tedy nějakých 2,250.000 lidí. Místo toho se setkáváme jen se třetinou tohoto počtu: s osmi sty tisíci lidí. Jak si to vysvětlíme? Chemická »eskamotáž« dovede jít úžasně a nenapodobitelně automaticky, strojově. Spoustu věcí si odbude v technické chemii hmota sama: představte si na př. takové destilační zařízení v organickém průmyslu, na př. při zpracování nafty, při destilaci lihu a pod. Kapaliny se provařují, proměňují v páry, které se opět v chladičích kondensují na kapaliny čistší, úplně samy. Zde je potřeba jen několika lidí na obsluhu zařízení. Podobně je tomu i u nejmodernějších aparátů, v nichž vyrábíme na př. synteticky - uměle - čpavek: v Mariánských Horách u Moravské Ostravy nutíme v rourách o stěnách silných 16 cm dusík a vodík k sloučení v čpavek — z něhož pak děláme kyselinu dusičnou — tlakem 1000 atmosfér (!) a teplotou 500° C. — Řekněte sami, co jsou při takovém pochodu platní lidé. Jsou dobří jen k obsluze přístroje a — k zdokonalování a vynalézání přístrojů lepších: chemie je dobrá a častá zaměstnavatelka strojnického průmyslu, potřebuje nových přístrojů velmi často.

Jak chemie musila dohánět druhé vědy

Uveďme kajícně, že chemický obor nebyl vždy na své výši. V 15., 16., 17. a 18. stol., kdy lidstvo v jiných oborech mělo již *Kolumba*, *Koperníka*, *Luthera*, *Galileiho*, *Keplera*, *Newtona*, *Kanta*, věřili chemici ještě v nemožné věci. Představte si na př., že takový *van Helmont*, který žil v letech 1577 až 1644, tedy v přibližně stejné době jako *Galilei* a *Kepler*, věřil ještě, že myši vznikají ze pšenice a špinavé košile. Snad použil takové košile místo pytle k přechování pšenice; bodejť by se mu tam myši z celého domu neslezly! Proti této víře byla *Stahlova* (1660 až 1734) flogistonová víra, že při hoření prchá z těles nevažitelné fluidum »flogiston« ještě maličkostí.

Ale zato potom to začalo. Pak ke konci 18. stol. se teprve ukázalo, jaké čertovo kópytko čouhá chemii z jejího kouzelnického hávu. Ukázalo se totiž vlastně, že chemie je zakuklená revolucionářka (!). Podívejte se, jaký »nos« měli takoví lidé, kteří kdysi pálili alchymistické spisy! V tomhle případě vezmeme alchymii bezpodmínečně velkomyšlně na milost; přes spoustu omylů byla to přece jen předchůdkyně chemie. A budete jistě překvapeni, řeknu-li vám, že alchymistické knihy dal páliť *Caesar*, *Diolecián* (284—305 po Kr.) i *Levisaurský* (kolem r. 726). Tento *Lev* dal spáliti 300.000 rukopisů. Bohužel první chemický revolucionář — *Lavoisier* —, který roku 1774 dokázal, že hoření není prchání flogistonu, nýbrž slučování s kyslíkem, byl sám popraven francouzskými revolucionáři v jiném smyslu — politickém.

Pomoc bavlny

Teď se začala chemie sbírat. Byla z počátku, jak vidíte, jakýmsi slabým, neduživým děckem. Opravdu na nohy jí pomohl vědecky Lavoisier a průmyslově Anglie, zavedením bavlnářského průmyslu. Anglie, dostávající ze svých kolonií spousty bavlny, začala zuřivě tkát bavlnu. Na tkaniny bylo potřeba mýdel, k jejichž výrobě se užívalo nejprve potaše (uhličitanu draselného) z popele, rostlin, ale to samozřejmě nestačilo. Začal tedy průmysl sody: Leblanc ji začal roku 1791 ze soli kuchyňské (chlorid sodný) vyrábět zahříváním s kyselinou sírovou — vznikl síran sodný — a ten pak páčil s vápen-
cem (uhličitanem vápenatým a uhlím). Vznikla soda (uhličitan sodný) a sirník vápenatý. To již známe.

Chápete, že takováhle výroba dala popud i k vyrábění potřebné kyseliny sírové a protože tkaniny bylo potřeba bělit, i k výrobě chlorovodíku — kyseliny solné — a chloru i bělicích chlorových přípravků. A tak se začalo vše vyrábět, zdokonalovat a vynalézaly se nové věci. Neduživé děťátko — chemie — se konečně mohlo postavit dobře na nohy. Stále nebylo ovšem vše ideální, tak na př. močovina, o níž se soudilo, že může vzniknouti jen v živočišném těle, byla z kyanatanu amonného připravena uměle od W ö h l e r a r. 1828, ale teprve téměř po 100 letech začali ji chemici vyrábět ve velkém jako cenné dusíkaté hnojivo. Mluvíme-li dnes o vyspělé chemii, jak se vyvinula ze slabého děčka, potácejícího se na slabých nožičkách, musíme si uvědomit, že dějiny opravdu vyvinutého chemického průmyslu trvají vlastně jen 50—60 let.

Plány chemie

Tak co má teď chemie nového za lubem? Především je na dobré cestě. Patří totiž k věčně nespokojeným, neklidným duším. Ve výrobě dehtových barviv, jež vládly dost dlouho (od roku 1857), si již mnoho neslibuje, ale po stránce theoretické čeká mnoho od chemie a fyziky atomů, od chemie životních pochodů a po stránce praktické čeká rozvoj výroby biochemických přípravků (hormonů, vitaminů), kvasného průmyslu k získání látek na umělé hmoty, rozvoj výroby umělých hmot a využití uhlí, rostlinných a minerálních olejů, výroby umělých hnojiv atd. Jsou to, jak vidíte, plány velmi praktické, jichž důkladnější vyličení by si vyžádalo novou knihu.

Nezaslouží si tedy chemie skutečné chvály? Kolik věcí dovede vyrábět levněji a dokonaleji než příroda (na př. alizarin, indigo, dusíkatá hnojiva), kolik zásluh má o větší hygienu v lidstvu! Ona dovede přímo vnutit lidem potřebu určitého vynálezu: důkaz, že je velmi dobrá obchodnice. Uvažme na př. spousty mýdla, jež lidstvo spotřebuje. Pravda, že dělala, a dělá i jedy pro chemickou válku. Ale dělá-li to především pro obranu ve válce, k níž je její domovský stát donucen, nemůže jednat jinak.

Chemie je zkrátka věčně neklidná, revoluční věda o podstatě hmoty, o jejích nejmenších složkách a na základě zákonů, panujících mezi těmito nejmenšími složkami — atomy a molekulami — vynalézá a vyrábí, vnucuje se lidstvu a chce je vésti stále výše. A aby je opravdu vedla stále výš, to musí být prvním příkázáním jejích žáků!

OBSAH:

· Úvod	7	Chemické záhady moře	100
I. O HMOTĚ		Moře, dárce nafty	102
Vznik základních složek hmoty	9	Zpracování nafty	111
Vodík ve všech prvcích	18	Nafta a uhlí	113
O vzácných plynech	23	Starý známý: sapropel, nová neznámá: gyttja	116
Mendělejevova soustava	29	Tuhé bohatství Země - uhlí	119
Jak rostliny potvrzují správnost Menděle- jevovy soustavy	36	Jak doplňuje mineralogie chemický vý- zkum uhlí	124
Oběžné elektrony	38	Jak dokončujeme v plynárně rozklad pra- věkého dřeva	126
II. CHEMIE VESMÍRU		IV. CHEMIE VĚCÍ NA ZEMI	
Vznik hvězd	47	Věčná válka v kapalinách	130
Vznik oběžnic	51	O chutné kapalině, jejíž pěna se nám líbí	144
Vstupujeme do nitra hvězd	56	O jiných věcech, které vytvářejí pěnu	147
Co bychom asi dýchali na růz. hvězdách	59	Vzpomínka na Verneův román „Na kometě“	149
Něco chemického o kometách	63	Návrat k přechlazenému jezeru, jež za- mrzlo	154
III. CHEMIE ZEMĚ		O kovech	157
O začátcích Země	66	Zázračné stříbro	160
Jak je Země stará	70	Jedovaté kovy	165
Kde přestává vláda Země	73	Také něco o cementu	169
Svítilí mraky na obloze	76	Diamant a tuha, učitelí organické chemie	171
Země a Vesmír si vzájemně pomáhají	78	V chemickém lese	175
Firma „Slunce a voda“, výroba zemské a atmosférické elektřiny	82	Umělé hmoty	178
A ještě o bouřkách a blescích	86	Atomová puma	188
Chemie blesku a hromu	88	Chvála chemie	192
Něco o průřezu Země a o naftě	91		
O horninách a o moři	96		

POUŽITÁ LITERATURA:

Die Naturwissenschaften, Berlin, roč. 1934—1939 / Chemiker-Zeitung, Köthen, roč. 1934—1938 / James Jeans: Vesmír kolem nás, Praha, 1931 / James Jeans: Tajemný Vesmír, Praha, 1936 / Arthur Eddington: Hvězdy a atomy, Praha, 1936 / Baborovský: Fyzikální chemie, Praha, 1926 / J. Heyrovský: Přednášky z fyzikální chemie / Krejci-Graf: Erdöl, Berlin, 1936 / Běhounek-Heyrovský: Úvod do radioaktivity, Praha, 1931 / Běhounek: Atmosférická elektřina, Praha, 1936 / C. Krauz: Organická technologie, Praha / Bruno H. Bürgel: Aus fernen Welten, Ullstein, Berlin / Erich Schneider: Entwicklungsgeschichte der naturwissenschaftlichen Weltanschauung, Leipzig, 1935 / Ing. Josef Zeman: Od řepného seménka ke kostce cukru, Praha 1937 / James Jeans: Nové základy přírodovědy, Praha, 1937 / William Bragg: O povaze věcí, Praha, 1927 / Chemiker-Kalender, Berlin, 1924 a 1932 / Wessel: Physik, München, 1938 / Doc. Dr. Frant. Schacherl: Nitro atomů, Praha, 1941 / Doc. Dr. Jaroslav Kokta: Svět krystalů, Praha, 1940 / Doc. Dr. Frant. Běhounek: Neviditelné paprsky, Praha, 1939

Dr. Ing. Alois Červín: CHEMIE KOLEM NÁS

III. vydání / S kresbami Anežky Svobodové / Vydal Karel Synek v Praze 1947 / Vytiskla tiskárna A. Haase v nár. správě v Praze v nákladu 3300 výtisků / Cena brož. 125 Kčs, váz. 153 Kčs