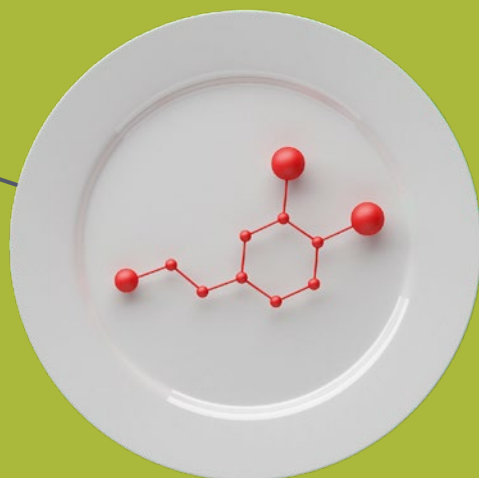


CHEMIE NA TALÍŘI

ONDŘEJ DVOŘÁK

CO SE DĚJE NA PÁNVI, KDYŽ SI SMAŽÍME ŘÍZEK?

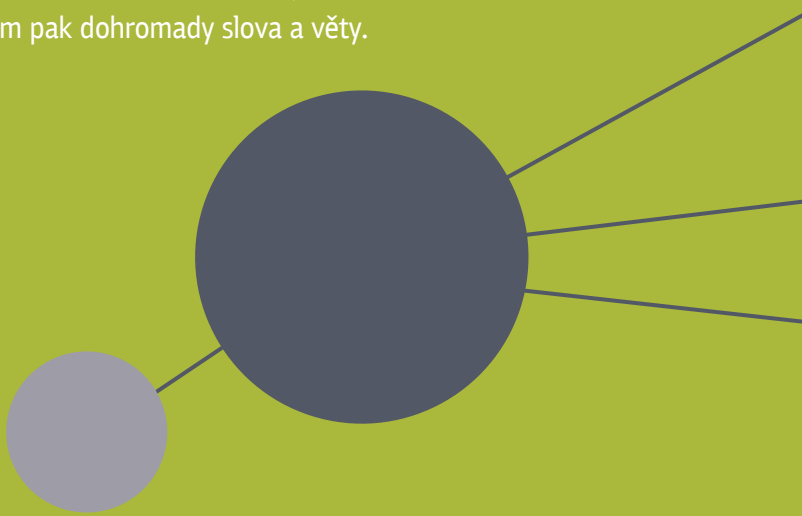


GRADA®



RNDr. Ondřej Dvořák, CSc.

Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy absolvoval v roce 1985, kdy složil přísné doktorské zkoušky. V následujících letech se v Heyrovského ústavu Akademie věd věnoval elektrochemii. Proháněl ionty elektrickým polem z jednoho rozpouštědla do druhého a sledoval, co to udělá. Po aspirantuře (tehdy se tak nazývalo studium Ph.D.) odjel, jak je dobrým zvykem, do pouště amerického jihu, kde zakotvil na New Mexico State University. Dál tam pronásledoval ionty a ještě k tomu si na ně svítil. Ve velmi dobře vybavené univerzitní knihovně se kromě toho věnoval usilovnému studiu teorie obchodu s cennými papíry a nemovitostmi a po návratu do Česka se pustil i do tohoto oboru. Mezi finančnictvím a ekonomikami na straně jedné a přírodními vědami na straně druhé existují velké formální podobnosti. Obojí lze popsat pomocí zobecněných zdrojů a toků, u obojího lze využít diferenciální či stochastické rovnice. Po patnácti letech rozvíjení zejména obchodních center se v polovině prvního desetiletí nového tisíciletí opět vrátil k chemii. Zajímá ho především komunikace pachem, hlavně ale sleduje, co kdo vymyslí chytrého – a skládá o tom pak dohromady slova a věty.





CHEMIE NA TALÍŘI



ONDŘEJ DVOŘÁK



GRADA PUBLISHING



RNDr. Ondřej Dvořák, CSc.

CHEMIE NA TALÍŘI

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, Praha 7
obchod@grada.cz, www.grada.cz
tel.: +420 234 264 401
jako svou 8249. publikaci

Odborná spolupráce RNDr. Eva Juláková, CSc.
Odpovědný redaktor Petr Somogyi
Grafická úprava a sazba Jakub Náprstek
Počet stran 208
První vydání, Praha 2021
Vytiskla tiskárna FINIDR s.r.o., Český Těšín

© Grada Publishing, a.s., 2021
Cover Photo © Depositphotos/vladimirzotov

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.

ISBN 978-80-271-4540-9 (ePub)

ISBN 978-80-271-4539-3 (pdf)

ISBN 978-80-271-2881-5 (print)

OBSAH

ORIENTÁLNÍ
ÚVOD
ANEB KUCHYŇ JE
LABORATOŘ

7

JAKÝ
PRVEK
JE LOMENÁ
ČÁRA?

13

PRVKY 14
SLOUČENINY 15
CHEMICKÉ VZORCE 16
STRUKTURNÍ VZORCE 17
NÁSOBNÁ VAZBA 20
TRIVIÁLNÍ
POJMENOVÁNÍ 21

CHEMICKÉ
REAKCE
OBĚDA

23

VOLSKÉ
OKO NA PÁNVI 24
CUKR V TEPLE 43
KONEČNĚ POŘÁDNÝ
KUS MASA 58

KAPITOLY
ROZVÍJEJÍCÍ
PŘEDCHOZÍ
KAPITOLY

73

KREV
A MLÍKO ANEB
JE BIOCHEMIE
CHEMIE?

119

HRNEČKU,
VAŘ! 120
KREV 131
MLÉKO 139
DALŠÍ TĚLNÍ
TEKUTINY 149

VODA 74
A CO RYBA? 83
INUIITY ZACHRÁNILY
SVÍČKY 91
ZAPOMENUTÁ
HOŘKÁ 103
MIKROŽIVINY 111

FYZIOLOGIE
CHUTI

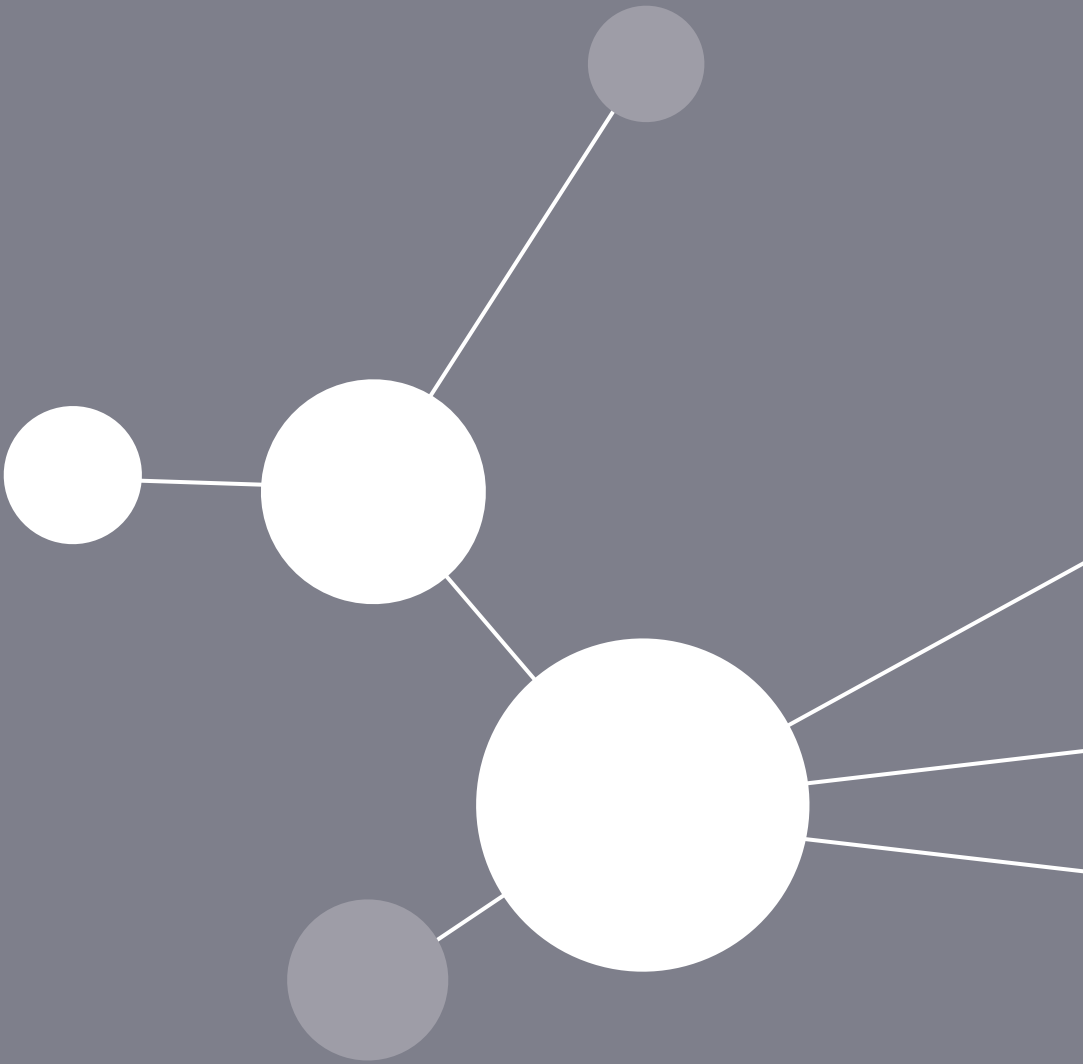
151

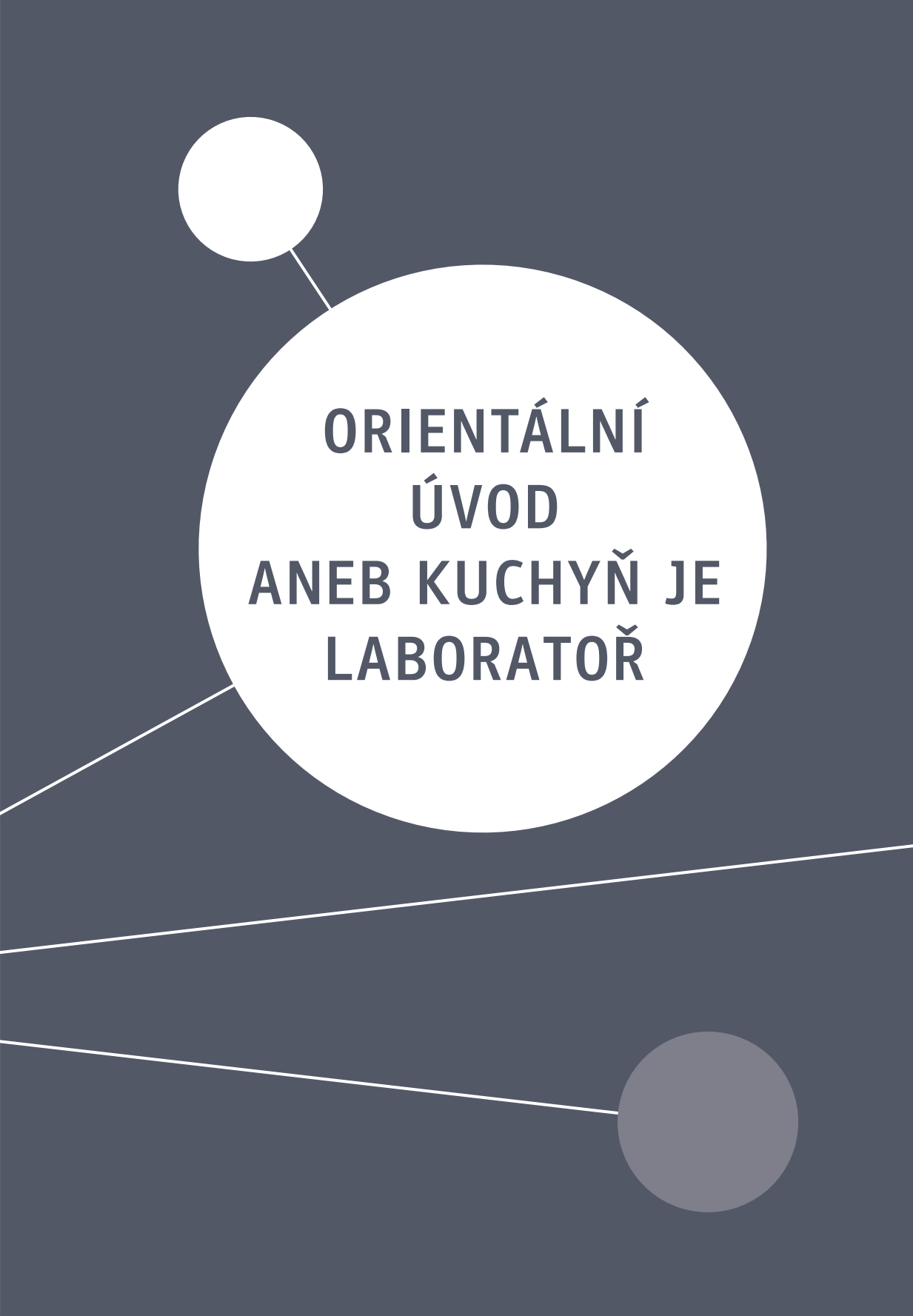
CHUŤOČICH
A DALŠÍ SMYSLY 152
SLOUČENINY VONNÉ
A CHUŤOVÉ 166
ZRAK, HMAT,
SLUCH 172

FYZIKA

175

TEPLO
AŽ HORKO 176
PF, PF, PF,
PAPINŮV
HRNEC 192





**ORIENTÁLNÍ
ÚVOD
ANEB KUCHYŇ JE
LABORATOŘ**

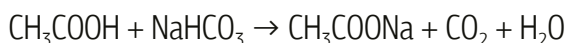
Z chemického pohledu není jídlo nic jiného než směs chemických sloučenin, takže jeho přípravu můžeme považovat za nejvyšší stupeň empirické aplikované chemie. Pracujeme ve specializovaných laboratořích zvaných kuchyně, kde používáme standardní chemické postupy, zejména vážení a různé způsoby zahřívání, které vedou až k chemické přeměně nebo vzájemné reakci různých složek jídla.

Americké klíše říká: „Nikdy nevěř chemikovi, který neumí vařit (*Never trust a chemist who can't cook*)“ (Withers, 2020). Míněno je samozřejmě nevěř mu, pokud jde o chemii. Kolikátého je mu ale věřit můžete.

V této knize najdeme popis dějů, které zpravidla nevědomky, pouze na základě zkušeností, spouštíme při přípravě pokrmů. Pochopíme, co probíhá v našich hrncích, pánvích, kotlících a pekáčích z hlediska chemie. Poznáme, jaké chemické reakce probíhají a jak je můžeme ovlivnit. Současná výuka kuchařství funguje spíše ve východním stylu „sleduj mistra“ než západním analytickým přístupem. Nic proti orientálním metodám, i ty přinášejí dobré výsledky. Ale právě analytický přístup k problému je to, co umožnilo zásadní vzestup naší civilizace. A trochu analytického pohledu se do kuchyně pokusí vnést tato knížka.

Znalost chemie z nikoho neudělá geniálního šéfkuchaře, k tomu je třeba i talent. A geniální šéfkuchař si vystačí se zkušeností, nepotřebuje znát zákony chemie, aby uvařil skvělou krmí. Ale pokud někdo ví, co mu přesně probíhá pod rukama, dokáže to lépe řídit a ovládat, kvalifikovaně (a nikoliv jen zkusmo) měnit podmínky a snáze napravovat chyby a omyly – nebo se jim úplně vyhnout.

Z vlastní zkušenosti mohu potvrdit, že znalost chemie mi pomohla zachránit překyselenou omáčku. Nadbytečný ocet jsem zneutralizoval opatrným přidáváním roztoku jedlé sody. Bublalo a vypělo to hrozně, ale chuť se zlepšila. Neděste se, nešlo o nic jiného než o reakci octa s jedlou sodou (neboli učeně octové kyseliny s hydrogenuhličitánem sodným):



Oxid uhličitý CO_2 z omáčky vybublal ven, čímž jsem nepatrnou měrou přispěl k ohřátí planety Země, protože jde o skleníkový plyn. Octan sodný CH_3COONa není kyselý, takže sós byl zachráněn!

I kdyby vám poznatky z této knihy v kuchyni vůbec nikdy nepomohly, představuje vědecká hodnota samo o sobě. Rozumět, co přesně nám probíhá pod rukama, je prostě zajímavé, zábavné, je to cool a je v tom i kus dobrodružství. Kromě toho můžete zapůsobit na své partnery či přátele, když odborně pohovoříte o Maillardově reakci probíhající v pánvi při přípravě steaku. A získávání nových poznatků aktivuje oblast mozku zvanou centrum odměn, která vyvolává příjemné pocity.

Knihy vám pomůže nezařadit se mezi 39 % dotazovaných při průzkumu týkajícím se chemofobie, který proběhl v roce 2019 v některých zemích západní Evropy. Zmíněná část respondentů by nejraději žila ve světě bez chemických sloučenin (Siegrist & Bearth, 2019). Byl by to věru trudný svět, tvořený fotony a občasnou částicí kosmického záření. Útěchou nám může být, že naše vlastní existence by v něm byla vyloučena.

Jak říkával významný československý elektrochemik, již zesnulý profesor Jiří Koryta, chemie je vlastně pouze hypertrofované odvětví fyziky. Fyzika chemii obklopuje ze všech stran. Veškeré procesy, při nichž se nemění složení molekul, patří do fyziky. Součástí fyziky zvané jaderná jsou přeměny atomových jader. Chemii patří pouze procesy zahrnující tenkou slupku elektronů na samém povrchu atomu, tzv. valenční elektrony. I to málo, co se děje s elektrony hlouběji ve vrstvách blíže jádru, patří do fyziky. Ať se díváme nahoru či dolů, všude samá fyzika. K vydělení chemie jako samostatné vědy došlo z čistě praktických důvodů, nikoliv z nějaké vnitřní logiky přírody. Prostě se během historie ukázalo z našeho pohledu šikovně nejružnější sloučeniny mísit, zahřívát je, tavit a jinak trápit – a sledovat, co se bude dít. Výsledkem bylo například chutněji upečené maso, vyleptaná díra, nové barvivo anebo výbuch střelného prachu.

K vydělení chemie jako samostatné vědy z fyziky došlo i proto, že náš svět je světem chemických reakcí. Probíhají v tělech lidí, ostatních živočichů i rostlin kolem nás, v atmosféře a v dostatečně dlouhém časovém horizontu i v horninách pod našima nohama. Pro hypotetické myslící živé bytosti založené na krystalech by roli chemie hrála nauka o krystalech čili krystalografie.

Při práci v chemické laboratoři se postupy čistě chemické a fyzikální navzájem kombinují, prolínají a doplňují. Naprosto běžné kuchařské úkony jako míchání, krájení, mletí, drčení, byť jde o postupy čistě fyzikální, hojně využíváme i v chemických laboratořích či provozech. Při vaření občas sáhneme i po zvýšeném tlaku v papiňáku čili tlakovém hrnci (Papinův hrnec), jenž ovlivňuje i procesy chemické. Každá chemická reakce probíhá v určitém fyzikálním prostředí, které ovlivňuje a které zase ovlivňuje ji.

I znalost fyziky může pomoci napravit chybu. Kdysi jsem do lahve pro domácí výrobu šlehačky dal místo bombičky s oxidem dusným N_2O bombičku na pohled stejnou, která však obsahovala oxid uhličitý CO_2 pro výrobu vody s bublinkami (čili, jak se tehdy říkalo, sodovky či sifonu). Šlehačka byla našlehaná správně, avšak oxid uhličitý jí dodal kyselou chuť. Co je u sodovky na místě, u šlehačky dost vadí. Pomohlo pomalé vypouštění CO_2 a vypláchnutí správnou bombičkou. Po dalším pomalém vypuštění plyné směsi a nasazení správné bombičky měla šlehačka zcela standardní šlehačkovou chuť i konzistenci.

Vztahu chemie, fyziky a vaření si všiml Jean Anthelme Brillat-Savarin [žán antelm brija savarén] (1755–1826) francouzský právník, politik, ekonom a houslista, který do historie vstoupil především jako gastronom. O vztahu věd a kuchařství píše na straně 241 svého díla *O labužnictví*, známého též pod původním jménem *Fysiologie chuti* (Savarin, 1994):

„Fyzika a chemie byly povolány, aby přispěly kuchařskému umění: nejznamenitější učenci nepokládali pod svoji důstojnost zaměstnávat se našimi nejobyčejnějšími potřebami a zavedli jistá zdokonalení, počínaje jednoduchým dělnickým hrnkem na polévku až k oněm extraktům a průhledným jídlům, jež se podávají jen ve zlatých a křišťálových nádobách.“

Zvláštní zmínku zasluhuje klíčový proces, který leží v samotných základech chemie jako vědy. Mám na mysli přesné odměřování množství, zejména vážení (i když v kuchyni si často vystačíme s měřením objemu). Zkušený kuchař se bez vah obejde, ale bez odhadování množství se obejít nemůže.

Pracuje pouze intuitivně na základě zkušenosti. Alespoň přibližné a intuitivní stanovování množství je při vaření neopomenutelné. Při přidávání složek s výraznou chutí, jako je například sůl, ocet nebo silně pálivá paprika, je přesný odhad naprosto klíčový.

Bez stanovení správného množství surovin se v kuchyni neobejdeme, ale naprosto striktní přístup bez zpětné vazby může být na škodu. Při přípravě těsta musíme vzít v úvahu i přesné vlastnosti použité mouky. Některá váže lépe, jiná hůře, takže vodu či mléko přidáváme opatrně. Abychom získali těsto požadované konzistence, sledujeme bedlivě měnící se vlastnosti hmoty v nádobě. Naprosto přesné odvážení mouky podle receptu by mohlo bez zdravého rozumu vést k těstu příliš tuhému, nebo příliš řídkému. Navzdory tomu ale zůstává stanovení množství základním procesem jak vlastní chemie, tak chemie aplikované (čili vaření).

Slovo „vaření“ má v této knize, stejně jako v životě, dva významy. Jednak vlastní přípravu teplých pokrmů obecně, jednak jednu z metod přípravy pokrmů, tepelnou úpravu surovin ve vroucí vodě. I když pečeme nebo smažíme, také vlastně vaříme. V případech nejednoznačnosti použijeme výraz „tepelná úprava pokrmů“ místo obecnějšího významu slova „vaření“. Souvislost mezi přípravou jídel a chemií chápal zmíněný Brillat-Savarin poněkud širěji (Savarin, 1994, s. 221):

„Ono (kuchařské umění) prokázalo nám také nejdůležitější službu pro občanský život, neboť potřeby kuchyně naučily nás užívat oheň, a pomocí ohně zdolal člověk přírodu. Pozorujeme-li věci z vyššího hlediska, můžeme napočítat tři druhy kuchařského umění: První, zabývající se přípravou jídel, podrželo své původní jméno. Druhý druh obírá se rozbohem a zjišťováním základních látek potravin a nazývá se – jak známo – chemií. Třetí konečně, který možno nazvat léčivým kuchařským uměním, je známější pod jménem lékárnictví.“

A nakonec mám pro vás několik dobrých zpráv. Přestože naši potravu tvoří stovky či spíše tisíce nejrůznějších sloučenin, můžeme je rozdělit do několika málo různých typů. Neutopíme se tedy v nepřehledném množství nesouvisajících informací, ale všechno můžeme snadno roztrždit. Z toho vyplývá, že při tepelné úpravě probíhá velké množství konkrétních chemických reakcí, ale opět je můžeme seskupit do několika skupin a neprobírat každou zvlášť.

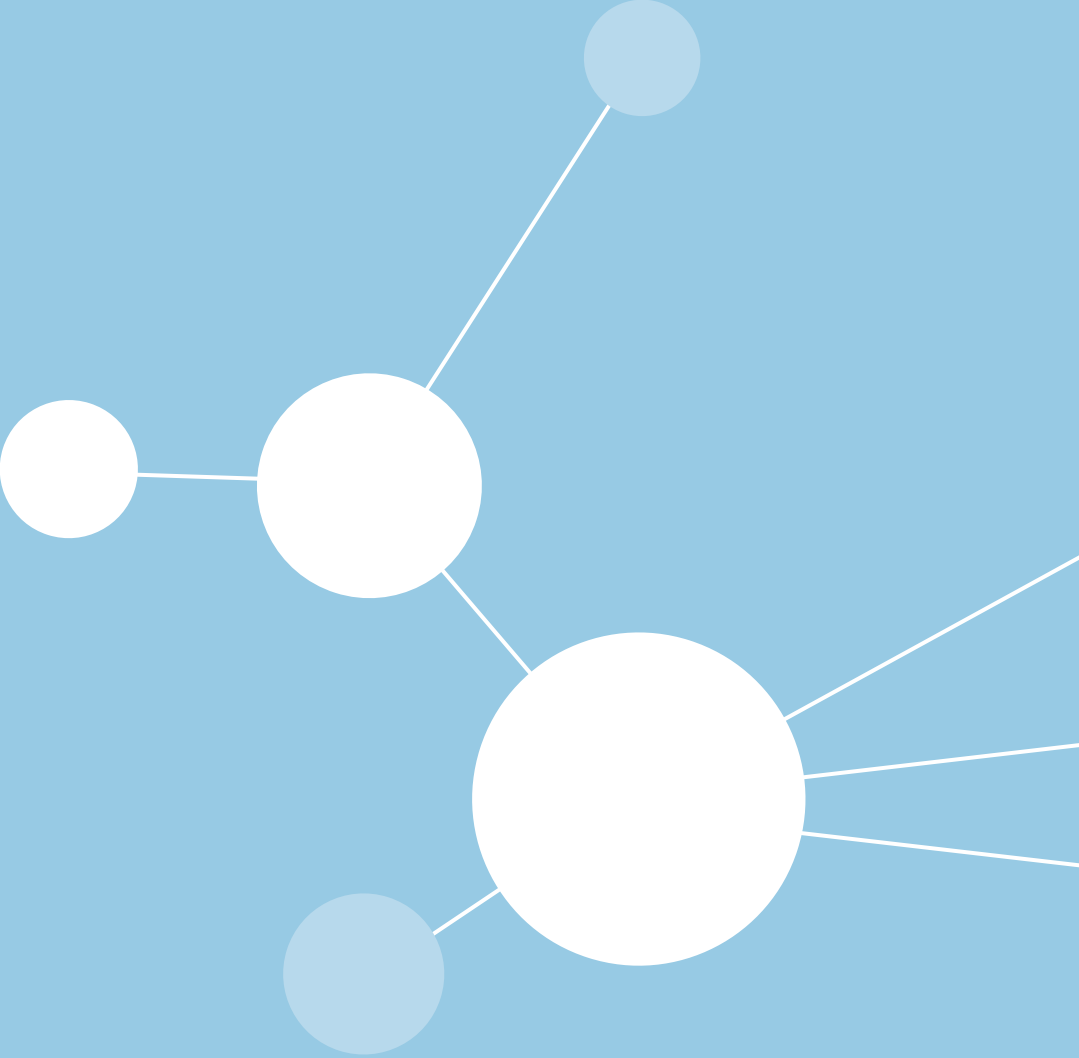
Pro zájemce budou v některých kapitolách uvedeny rámečky, které informace z příslušné kapitoly rozšiřují a zobecňují. Předběžná rozsáhlá znalost chemie není nutná, ale alespoň základní poznatky pomohou a četbu usnadní. I bez nich se vám toto pojednání může stát zdrojem zábavy, radosti i poučení.

Elementární porozumění chemickým vzorcům je nezbytné. Pokud si nejste jisti, následuje krátká kapitolka, která stručně vysvětluje význam a čtení chemických vzorců. Neobávejte se, není na pochopení složitá a řeší pouze nejzákladnější věci, které budeme opravdu potřebovat.

Kapitoly jsou rozděleny tematicky podle činností, jaké v kuchyni provádíme, a podle surovin, jež zpracováváme, nikoliv systematicky podle chemického třídění různých typů reakcí a sloučenin. Východní celostní přístup nám tedy stejně trochu pronikl do striktně západně analytického postupu. V jedné kapitole se tak objeví kvasinky i jedlá soda, tedy biochemie a anorganická chemie, ale život už je takový.

Nejdůležitější je důkladné pozorování. Pozorujte, co se děje, studujte vůně i zápachy, naslouchejte odpařování vody. Nebojte se si sáhnout, ale pozor, ať se nespálíte. Změny elasticity při úpravě masa v sobě nesou cennou informaci. Základem vědy je systematické pozorování zachycené odpovídajícím záznamem. Nebojte se při vaření dělat si poznámky nebo pořizovat fotografie. Ne-
podceňujte důkladnost psaného textu a popis obrázků. Za půl roku nebudete mít u několikáslovné poznámky tušení, oč šlo.

**Hlavní při vaření je ale pracovat s radostí a užít si to.
Kéž vám informace z této knihy
tuto radost a prožitek vylepší a zkrásní!**



1

**JAKÝ
PRVEK JE LOMENÁ
ČÁRA?**

PRVKY

Máte-li základní povědomí o chemických vzorcích, klidně tuto kapitolu přeskočte. Začneme od naprostého počátku, od chemických prvků. Na Zemi jich najdeme 94, spolu s těmi uměle vytvořenými známe 118 prvků. Liší se počtem elementárních částic zvaných protony v jádře. Nejlehčí vodík má jeden, sto osmnáctý prvek jménem oganesson jich má 118. Každý má svůj symbol, který tvoří jedno nebo dvě písmena. První písmeno je vždy velké, ať stojí samostatně, nebo ne. Za ním následuje druhé, malé písmeno (ve dvoupísmenném symbolu). Vodík má značku H, uhlík C, sodík Na. Ho označuje atom prvku holmium, ale HO je hydroxylová skupina složená z jednoho atomu vodíku H a jednoho atomu kyslíku O.

Přehled několika prvků, s nimiž se setkáme, přináší tabulka vpravo. Nazpaměť se je učit nemusíte (právě proto je zde ta tabulka).

Pojmenování prvku	Symbol	Počet protonů v jádře
draslík	K	19
dusík	N	7
fluor	F	9
fosfor	P	15
hliník	Al	13
hořčík	Mg	12
chlor	Cl	17
chrom	Cr	24
jod	I	53
kadmium	Cd	48
kobalt	Co	27
křemík	Si	14
kyslík	O	8
lithium	Li	3
mangan	Mn	25
měď	Cu	29
molybden	Mo	42
nikl	Ni	28
oganesson	Og	118
olovo	Pb	82
osmium	Os	76
palladium	Pd	46
platina	Pt	78
rtuť	Hg	80
rubidium	Rb	37
selen	Se	34
síra	S	16
sodík	Na	11
stroncium	Sr	38
stříbro	Ag	47
tellur	Te	52
uhlík	C	6
uran	U	92
vanad	V	23
vápník	Ca	20
vodík	H	1
zinek	Zn	30
zlato	Au	79
železo	Fe	26

Přehled významných prvků

SLOUČENINY

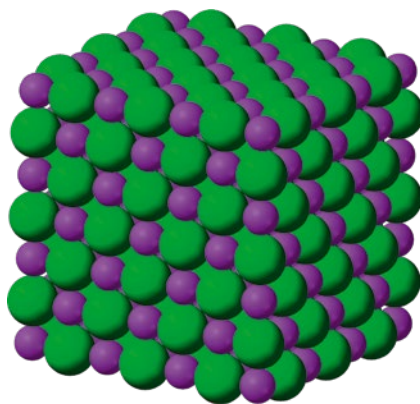
O sloučeninách hovoříme, pokud se dva nebo více různých atomů spojí dohromady a vytvoří molekulu. Atomy drží pohromadě chemické vazby. Rozeznáváme dva základní typy, kovalentní vazbu a iontovou. U iontové vazby se jednotlivé nabitě částice zvané ionty navzájem přitahují nebo odpuzují – podle znaménka svého náboje. Vytvářejí tím molekuly a větší struktury, krystaly.

Typický příklad je sůl kuchyňská, chlorid sodný NaCl. Kladně nabitě kationty Na^+ a záporně nabitě anionty Cl^- se navzájem přitahují a vytvoří molekulu NaCl. Na^+ nazýváme kation sodný, Cl^- je anion chloridový. Písmeno *t* se ke kmeni *ion* připojuje ve všech ostatních pádech kromě 1. a 4. pádu čísla jednotného: kation, kationtu, kationty. Často se setkáme s výrazem iont s *t* na konci i v 1. a 4. pádu.

Celé molekuly odpovídající vzorcům jako NaCl se vyskytují jen v párách. U chloridu sodného to znamená, že molekuly NaCl existují v této podobě za teploty nad bodem varu, což je 1413 °C. V roztocích a krystalech nacházíme samostatné ionty, které udržují polohy působením vzájemných přitažlivých a odpuzivých elektrických sil mezi náboji opačného, respektive shodného znaménka. To, co vidíme v kuchyni, je hromádka krystalků, které obsahují mnoho uspořádaných kationtů sodných i aniontů chloridových. Ale strukturu krystalu vytvářejí jednotlivé samostatné ionty, nikoliv molekuly NaCl. Nicméně složení celého krystalu popisuje vzorec NaCl dobře, protože je v něm stejně kationtů Na^+ jako aniontů Cl^- .

V jiných sloučeninách nacházíme druhý typ vazby, zvaný kovalentní. Tvoří ji dva záporně nabitě elektrony mezi kladně nabitými atomovými jádry. Jejich záporný náboj odstíní kladné náboje jader, takže se neodpuzují. Záporný náboj elektronů přitahuje jádra k sobě, takže jde o stabilnější uspořádání, než kdyby byl každý atom samostatný. Nutno doplnit, že v našem okolním makrosvětě těžko vytvoříme napodobeninu něčeho takového. Jde o uspořádání kvantového mikrosvěta, kde taková struktura tvořená elementárními částicemi zůstává stabilní, avšak pouze v extrémně malých rozměrech. Pomocí viditelných elektricky nabitých koulí žádný srovnatelný model nevytvoříme.

Kovalentních vazeb může být mezi dvěma stejnými atomy několik. Mezi atomy uhlíku může být jedna, dvě nebo tři. Hovoříme o vazbách jednoduché, dvojné a trojné. V oxidu uhličitém je mezi atomy kyslíku a uhlíku vazba dvojná. Z hlediska vzniku známe ještě vazbu koordinační. Jde o normální kovalentní vazbu, ale oba elektrony dodá jediný atom. Časem se ke koordinační vazbě ještě dostaneme a povíme si o ní víc v kapitole věnované krvi.



Krystalová struktura chloridu sodného, tvořeného sodnými kationty (fialové koule) a chloridovými anionty (zelené koule)

CHEMICKÉ VZORCE

U sloučenin s nevelkým počtem atomů si vystačíme s jednoduchými sumárními vzorci, které vyznačují počet atomů jednotlivých prvků. Voda (správně systematicky oxan, což nikoho nikdy nenapadne ani vyslovit, leda žertem) má sumární vzorec H_2O . Z toho je naprosto pochopitelné, že k jednomu atomu kyslíku O jsou připojeny dva atomy vodíku H. Počet atomů jednoho prvku ve sloučenině označuje dolní index za symbolem prvku. To je ta malá dvojka o něco níže ve vzorci H_2O . Pokud by tento dolní index měla být jednička, tedy že v molekule sloučeniny je jen jeden atom příslušného prvku, nepíše se. Nepíšeme tedy H_2O_1 , ale H_2O . Přidáme-li druhý atom kyslíku, získáme peroxid vodíku, kde už dolní index píšeme u obou symbolů atomů H_2O_2 , protože atomů kyslíku je víc než jeden.

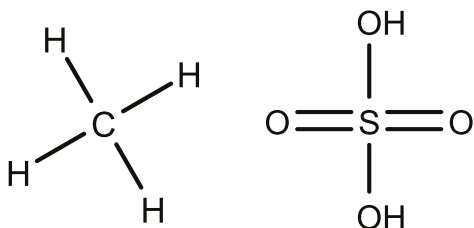
Na dalších jednoduchých vzorcích si ukážeme rozdíl mezi dvěma základními skupinami sloučenin, anorganickými a organickými. Organické sloučeniny jsou všechny sloučeniny uhlíku s vodíkem i s ostatními prvky – kromě oxidu uhelnatého CO, oxidu uhličitého CO_2 , kyseliny uhličitě H_2CO_3 a jejich solí uhličitanů a hydrogenuhličitanů. Typický uhličitan je soda na praní, uhličitan sodný Na_2CO_3 , typický hydrogenuhličitan je jedlá soda, hydrogenuhličitan sodný $NaHCO_3$. Dále mezi anorganické sloučeniny počítáme všechny ostatní binární sloučeniny uhlíku s ostatními prvky kromě vodíku. Binární znamená, že sloučeninu tvoří atomy pouze dvou prvků. Jako příklad uveďme sirouhlík CS_2 a karbid křemičitý SiC, ze kterého se vyrábí „karborundum brousek, za korunu kousek“. Přehledně to sumarije následující tabulka.

oxid uhelnatý	CO	1 atom uhlíku C	1 atom kyslíku O	
oxid uhličitý	CO_2	1 atom uhlíku C	2 atomy kyslíku O	
voda	H_2O	1 atom kyslíku O	2 atomy vodíku H	
kyselina uhličitá	H_2CO_3	1 atom uhlíku C	2 atomy vodíku H	3 atomy kyslíku O
uhličitan sodný	Na_2CO_3	1 atom uhlíku C	2 atomy sodíku Na	3 atomy kyslíku O
hydrogenuhličitan sodný	$NaHCO_3$	1 atom uhlíku C	1 atom sodíku Na	3 atomy kyslíku O, 1 atom vodíku H
karbid křemičitý	SiC	1 atom uhlíku C	1 atom křemíku Si	
sirouhlík	CS_2	1 atom uhlíku C	2 atomy síry S	

Anorganické sloučeniny uhlíku

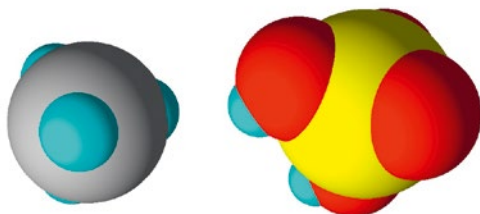
Sloučeniny dělíme na anorganické a organické proto, že se to během vzniku chemie jako vědy ukázalo jako praktické. Uhlík má totiž mezi prvky zcela jedinečnou schopnost vytvářet velké struktury ze zřetězených atomů uhlíku, asi takto: $-C-C-C-$. Jsou i jiné prvky, které vytvářejí řetězce (například síra), ale žádné nejsou tak pevné, stabilní a dlouhé. Veškerý nám známý život je založen na sloučeninách zřetězeného uhlíku.

U složitějších sloučenin musíme znát ještě vzorce strukturní, které naznačují či přesně popisují vzájemné uspořádání atomů v molekule. Nejjednodušší organická sloučenina je hořlavý plyn methan CH_4 . Jako anorganickou sloučeninu uveďme kyselinu sírovou, H_2SO_4 , kterou najdeme například v akumulátorech automobilů. Jejich strukturní vzorce vypadají takto:



Vlevo chemická struktura methanu, vpravo kyseliny sírové

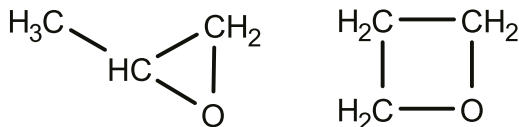
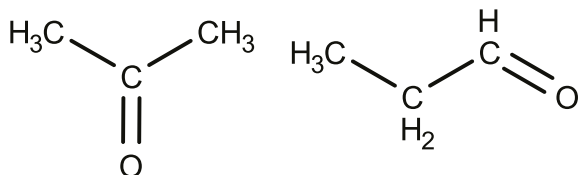
Ani molekula methanu, ani molekula kyseliny sírové ve skutečnosti nevypadá úplně přesně jako na obrázku. Atomy nejsou v rovině, jsou nějakým způsobem uspořádány v prostoru. Pro základní přiblížení stavby molekuly je ale uvedený vzorec dostačující. Ve skutečnosti molekula methanu vypadá jako čtyřstěn a kyselina sírová ještě složitěji.



Vlevo prostorová struktura methanu, vpravo kyseliny sírové

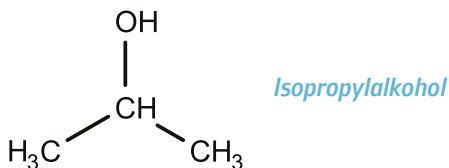
STRUKTURNÍ VZORCE

U methanu a kyseliny sírové bychom si vystačili s jednoduchým sumárním vzorcem, ale uvádím je zde jako jednoduchý přechod ke složitějším strukturním vzorcům. Existují sloučeniny (zejména organické), kde si s jednoduchými sumárními vzorci nevystačíme. Vzorec $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ může označovat aceton, propanal, 1,2-propylenoxid nebo 1,3-propylenoxid čili oxethan. Tady už musíme sáhnout po zápisu, který uspořádání atomů alespoň naznačí. Každou část molekuly popíšeme samostatným jednoduchým vzorcem a seřadíme je za sebe. Aceton můžeme napsat CH_3COCH_3 , propanal $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$, 1,2-propylenoxid $\text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{O}$ a 1,3-propylenoxid $(\text{CH}_2)_3\text{O}$. Tyto vzorce odpovídají strukturám na obrázku na následující straně.

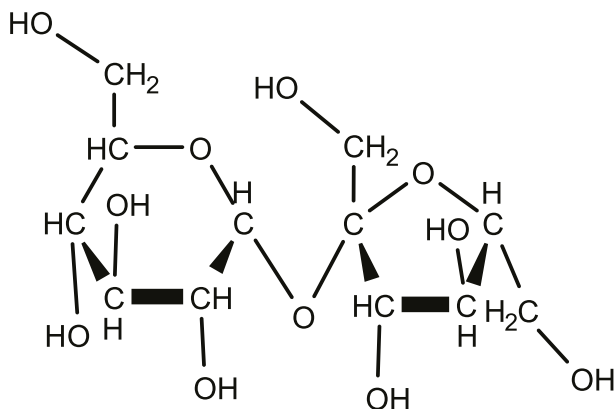


*Chemická struktura acetonu (vlevo nahoře), propanalu (vpravo nahoře)
a propylenoxidu (oba vzorce dole)*

Podívejme se ještě na jednu organickou molekulu, isopropylalkohol $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$. Všimli jste si těch závorek? Takto můžeme označit skupinu atomů, která není součástí hlavního řetězce. Váže se na uhlík, za kterým je zapsán. $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ odpovídá následující struktuře.



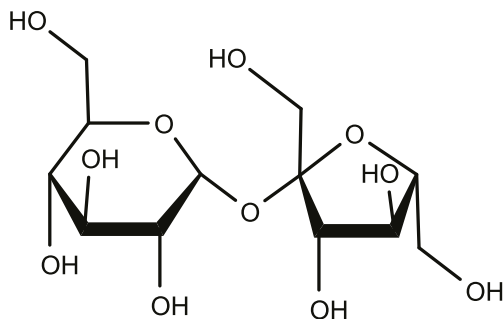
Pro malé molekuly je tento způsob psaní vzorců přehledný. U větších molekul se složitější strukturou můžeme narazit. Jak vidíme na následujícím obrázku, znázornit chemickou strukturu kuchyňského cukru (neboli sacharosu) je nepřehledné.



Molekula sacharosu se všemi znázorněnými atomy uhlíku a vodíku

Vzorec můžeme přepsat i v jiné podobě.

*Chemická struktura
sacharosu
ve zjednodušeném vyjádření*



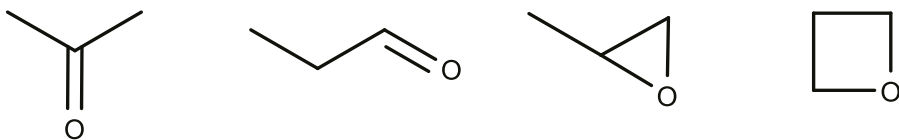
Ve strukturních vzorcích někdy řetězec atomů uhlíku nahrazujeme lomenou čarou se stejně dlouhými úsečkami. Úsečka znázorňuje chemickou vazbu, lomení a všechny konce čar atomy uhlíku. I velmi tupé zalomení značí atom uhlíku. Když kreslíme složitý vzorec, dopouštíme se jistého zjednodušení, nebo přesněji řečeno transformace. Chemické sloučeniny (kromě těch nejjednodušších) jsou prostorové útvary. Pokud je zachycujeme do plochy – a lhostejno, zda to bude na displej, monitor nebo papír –, musíme je upravit na dvojrozměrné. Dopustíme se tím určitého zkreslení a může se stát, že z jednoho atomu uhlíku vycházejí dvě jednoduché vazby v přímce. V takovém případě symbol prvku uvedeme. Nepíšeme – –, ale –C–.

Atomy vodíku si pouze domyslíme podle pravidla, že uhlík je čtyřvazný. Na každém zalomení a konci čáry je proto tolik atomů vodíku, kolik neobsazených míst zbývá. Označme počet čar (vazeb) vedoucích od jednoho atomu uhlíku jako n . Pro počet atomů vodíku na tomto konkrétním atomu uhlíku platí, že se rovná $4 - n$. Methan ale označujeme vždy CH_4 , nikoliv tečkou.

Teď už můžeme odpovědět na úvodní otázku kapitoly: Jaký prvek značí lomená čára? Je to uhlík!

Znázorníme-li chemickou vazbu tlustou čarou, jak to vidíme na obrázku sacharosu, znamená to, že tato vazba leží blíže než vazba znázorněná tenčí čarou. Pokud místo čáry použijeme hodně protáhlý trojúhelníček (klín, jak rovněž vidíme na obrázku sacharosu), znamená to, že tlustší konec je pozorovateli blíže než tenký, bodový na druhém konci. Je to stejné, jako když se díváte na desku a vnímáte perspektivu. Nejtlustší se jeví nejbližší strana, boční strany ubíhají dozadu a ze zadní vidíme jen hranu. Ve vzorci ji naznačuje obyčejná tenká čárka.

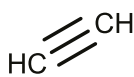
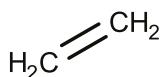
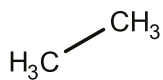
Takto vypadá zjednodušená chemická struktura již zmíněných chemických sloučenin acetonu, propanalu, 1,2-propylenoxidu a 1,3-propylenoxidu, vyjádřená pomocí lomených čar.



Zjednodušená chemická struktura acetonu, propanalu a 1,2-propylenoxidu a 1,3-propylenoxidu

NÁSOBNÁ VAZBA

Vazby mezi atomy uhlíku v organických sloučeninách jsou trojího typu: jednoduchá, dvojná a trojná. Jednoduchou vazbu značíme jednoduchou čarou, dvojnou dvojitou a trojnou trojitou, jak vidíme na následujícím obrázku. Najdeme na něm porovnání vzorců jednoduchých uhlovodíků ethanu, ethenu a ethinu se všemi uhlíky, zachycené pomocí lomených čar a v prostorovém vyjádření zleva doprava.



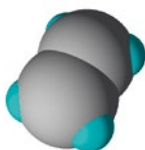
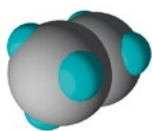
Strukturní vzorce uhlovodíků ethanu, ethenu a ethinu

A takto prostě vypadá ethan, ethen a ethin ve zjednodušené podobě pomocí čar. Nutno podotknout, že u takto jednoduchých sloučenin vyjádření pomocí čar nepoužíváme. Zde slouží pouze k usnadnění pochopení principu.



Zjednodušeně strukturální vzorce uhlovodíků ethanu, ethenu a ethinu

Pomocí prostorových modelů vypadají jednoduché uhlovodíky takto:



Tvar molekul ethanu, ethenu, ethinu (zleva doprava)

Jednoduchou vazbu vytvářejí dva elektrony ze dvou atomů uhlíku, dvojnou dvakrát dva elektrony z každého zúčastněného atomu uhlíku a trojnou třikrát dva elektrony. Dvojná vazba je o něco pevnější než jednoduchá, ale ne dvakrát pevnější. Obdobně to platí i o vazbě trojné.

Styk různých násobných vazeb navzájem anebo s jednoduchou vazbou rovněž znamená atom uhlíku. Toto $=$ je správný zápis ve významu $-\text{C}=\text{}$. Ale pozor, vycházejí-li dvě dvojná vazba z jednoho atomu uhlíku, což je možné, musíme to zapsat $=\text{C}=\text{}$. Jak ale odlišíme, když z jednoho atomu uhlíku vychází jedna dvojná a dvě jednoduché vazby? Jednoduše. Napíšeme $=\text{C}<$ nebo $>\text{C}=\text{}$.

A jak zapíšeme, když z jednoho atomu uhlíku vychází jedna dvojná a jedna trojná vazba? Pozor, tohle byl chyták, to nejde – uhlík je čtyřvazný. Taková sloučenina neexistuje!