

Univerzita Karlova v Praze  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra učitelství a didaktiky chemie

---



Diplomová práce

**Výběr a tvorba výukových materiálů pro podpůrný  
výukový web [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz)**

**Selection and development of educational materials for high  
school support webpage [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz)**

Jana Zaspalová

Vedoucí práce: RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D.

Praha 2010

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením školitele RNDr. Petra Šmejkal, Ph.D., a že jsem všechny použité prameny řádně citovala. Souhlasím se zapůjčením mé diplomové práce ke studijním účelům.

V Praze dne .....

.....

Jana Zaspalová

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu diplomové práce RNDr. P. Šmejkalovi, Ph.D. za odborné vedení a trpělivost při zpracování této diplomové práce. Ráda bych také poděkovala středoškolským profesorům, kteří vyplnili můj dotazník. A velké díky patří mé rodině a přátelům za psychickou podporu, kterou mi poskytli nejen během psaní této diplomové práce, ale během celého studia.

Jana Zaspalová

## **ABSTRAKT**

V rámci této diplomové práce byl vytvořen nový výukový materiál ve formě výukového textu, PowerPointové prezentace, webové stránky, pracovních listů, testů, her a experimentů k tématu syntetické makromolekulární látky a v menším rozsahu (výukový text, PowerPointová prezentace a webová stránka) i k tématu nové materiály. Tyto materiály byly vytvořeny pro web [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz), výukový web Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze, který zajišťuje distribuci výukových materiálů. Vytvořené výukové materiály by měly doplňovat stávající materiály pro SŠ učitele a žáky, které se na webu [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz) již nachází. Materiály jsou, po obsahové stránce zpracovány v souladu s Rámcovým vzdělávacím programem pro gymnázia (RVP-G) a současně v souladu s Katalogem požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky. Součástí práce je také rešerše a zhodnocení vybraných učebnic chemie pro střední školy (SŠ) a vybraných českých internetových zdrojů, vše na téma syntetické makromolekulární látky. Vypracovaný materiál má sloužit SŠ učitelům jako podpůrný materiál pro výuku zaměřenou na vznik, vlastnosti a využití makromolekulárních látek a nových materiálů.

### **Klíčová slova:**

[www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz), syntetické makromolekulární látky, polymer, polymery, plast, plasty, monomer, termoset, termoplast, homopolymer, kopolymer, polymerizace, polykondenzace, polyadice, recyklace, nové materiály, fotovoltaický článek, fotovoltaický jev, kompozitní materiály, nanomateriály, kovy s tvarovou pamětí, výukový text, prezentace, pracovní listy, testy, laboratorní pokusy, didaktické hry, výukové hry, hodnocení učebnic

## **ABSTRACT**

This diploma thesis deals with selection, design and creation of new education materials for high school teacher supporting webpage [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz). The selection of the proper theme was done on the basis of research and evaluation of recent materials on the mentioned webpage and materials created at the Department of chemical education of Faculty of Science of Charles University in Prague. Preliminarily, the themes of synthetic macromolecular materials and new materials were selected. The convenience of the selected themes was confirmed by research and evaluation concerned to the preliminarily selected theme of recent high school textbooks and webpages. Consequently, educational materials in the form of PowerPoint presentations, websites, worksheets, tests, games and experiments focused on the themes of synthetic macromolecular substances and new materials were created. Materials were processed in accordance with the Framework Education Programme for Secondary General Education (Grammar Schools) as well as in accordance with the requirements of the Catalogue of graduation exam requirements from chemistry. The PowerPoint presentation and the webpage on synthetic macromolecular materials were roughly evaluated by group of teachers and the results of the evaluation are also part of the thesis. The created educational materials should complement the existing materials for secondary school education, which already exist on the website [www.studiuemchemie.cz](http://www.studiuemchemie.cz). Created material should serve for secondary school teachers as support materials for their courses focused on the formation, properties and utilization of macromolecular materials and new materials.

### **Keywords:**

[www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz), synthetic macromolecular materials, polymer, polymers, plastic, plastics, monomer, thermoset, thermoplastic, homopolymer, copolymer, polymerization, polycondensation, polyaddition, recycling, new materials, photovoltaic cell, photovoltaic effect, composites, nanomaterials, metals with shape memory, educational text, presentation, worksheets, tests, laboratory experiments, educational games, textbook evaluation

# OBSAH

Seznam zkratk	8
I. Úvod	9
II. Cíle	14
III. Vytipování témat vhodných pro zpracování	15
IV. Použitý software	16
V. PowerPointové prezentace a weby zaměřené na výuku tématu syntetické makromolekulární látky	17
V.1. PowerPointové prezentace zaměřené na syntetické makromolekulární látky	20
V.2. Weby zaměřené na syntetické makromolekulární látky	22
VI. Zhodnocení vybraných středoškolských učebnic a přehledů	23
VI.1. Zhodnocení učebních textů	23
VI.2. Analýza pojmů a závěrečné hodnocení vybraných učebních textů	32
VII. Výukový text	43
VII.1. Syntetické makromolekulární látky	43
1. Něco málo z historie, aneb od Mayů až po současnost	46
2. Začít od Adama, tedy od základních pojmů	51
3. Struktura, aneb vzhůru do světa polymerů	54
3.1. Kovalentní struktura	54
3.2. Stereochemická struktura	55
3.3. Konformační struktura	56
3.4. Nadmakromolekulární struktura	57
4. Vlastnosti syntetických polymerů	58
4.1. Velikost polymeru	58
4.2. Tvar polymeru	60
4.3. Poloha substituentů	60
4.4. Energie chemické vazby	60
4.5. Typ vazeb v řetězci	61
4.6. Mezimolekulární přitažlivé síly	61
4.7. Velikost vázaných substituentů	62
4.8. Chování při zahřátí	62

5. Reakce polymerů .....	63
5.1. Přeměna funkčních skupin.....	63
5.2. Roubování.....	63
5.3. Síťovací reakce .....	64
5.4. Degradace (depolymerizace) .....	65
6. Polyreakce.....	65
6.1. Polymerizace.....	66
6.2. Polykondenzace .....	76
6.3. Polyadice.....	82
7. Recyklace.....	84
VII.2. Nové materiály .....	87
1. Fotovoltaické články.....	88
2. Kompozitní materiály .....	93
3. Kovy s tvarovou pamětí.....	97
4. Nanomateriály.....	99
VIII. PowerPointová prezentace .....	103
IX. Programování internetové stránky.....	107
X. Struktura internetové stránky .....	111
XI. Další výukové materiály .....	114
XI.1. Laboratorní experimenty .....	114
XI.2. Pracovní listy .....	132
XI.3. Testy .....	146
XI.4. Hry.....	155
XII. Tvorba dotazníku a jeho vyhodnocení .....	158
XIII. Závěr .....	164
XIV. Použité zdroje .....	166

## Seznam zkratek

CSS	Cascading Style Sheets
č.k.	číselný kód
HDPE	vysokohustotní polyethylen
HTML	HyperText Markup Language
LDPE	nízkohustotní polyethylen
MML	makromolekulární látky
PA	polyamidy
PA 6	polyamid 6
PA 6,6	polyamid 6,6
PE	polyethylen
PES	polyestery
PET	polyethylentereftalát
PMMA	polymethylmetakrylát
PP	polypropylen
PřF UK v Praze	Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze
PS	polystyren
PTFE	polytetrafluorethylen
PVA	polyvinylalkohol
PVAC	polyvinylacetát
PVC	polyvinylchlorid
RVP	Rámcově vzdělávací program
RVP-G	Rámcově vzdělávací program pro gymnázia
SŠ	střední škola
ŠVP	Školní vzdělávací program
VŠ	vysoká škola



# I. Úvod

Na začátku nového tisíciletí se do českých škol zavádí nový systém vzdělávání, který je tvořen třemi stěžejními pilíři. Prvním pilířem byl nový školský zákon č. 561/2004 Sb., který vstoupil v platnost 1. ledna 2005. „*Tento zákon upravuje předškolní, základní, střední, vyšší odborné a některé jiné vzdělávání ve školách a školských zařízeních, stanoví podmínky, za nichž se vzdělávání a výchova uskutečňuje, vymezuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob při vzdělávání a stanoví působnost orgánů vykonávajících státní správu a samosprávu školství.*“ [1]. Současně se vstupem tohoto zákona do škol vchází i nový systém kurikulárních dokumentů, který lze rozdělit na státní a školní úroveň. Pod státní úroveň spadají Národní program vzdělávání (NPV) [2] a Rámcové vzdělávací programy (RVP) [3]. Vzájemný rozdíl v těchto programech spočívá v jejich nahlížení na vzdělávání. Národní program vzdělávání formuluje požadavky na vzdělávání jako celek, zatímco RVP vymezují závazné rámce vzdělávání, stanovují konkrétní cíle, formy, délku a obsah vzdělávání. RVP jsou dokumenty tvořené ministerstvem školství pro každý druh vzdělávání zvlášť, např. pro gymnázia vzdělávání je závazný Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (RVP-G) [3], pro odborné vzdělávání je závazný Rámcový vzdělávací program pro odborné vzdělávání (RVP-OV) [4] nebo pro základní vzdělávání je závazný Rámcový vzdělávací program pro základní školy (RVP-ZV) [5]. Školní úroveň představují Školní vzdělávací programy (ŠVP), které jsou tvořené jednotlivými školami na základě příslušných RVP. ŠVP jsou daleko konkrétnější ve vztahu k cílům a obsahu vzdělávání než RVP a podle nich je realizováno vzdělávání na dané škole. Jde o veřejné dokumenty, pro rodiče potenciálních studentů či jich samotných, kdy ŠVP pak mohou sloužit jako podklady pro výběr vhodného gymnázia nebo střední školy tak, aby vyhovovala jejich požadavkům a potřebám na vzdělávání. Zavádění RVP do škol proběhlo ve dvou etapách. První etapa začala 1. září 2007, kdy se žáci prvních a šestých tříd základních škol a prvních ročníků osmiletých gymnázií začali učit podle svých ŠVP. V druhé etapě se 1. září 2009 k výuce podle ŠVP přidaly první ročníky čtyřletých gymnázií, středních odborných a průmyslových škol a středních odborných učilišť. Jak bylo naznačeno, nový systém vzdělávání přináší oproti minulosti i modifikované cíle. V systému vzdělávání 21. století je kladen velký důraz na tzv. klíčové kompetence, které mají vést k rozvoji jedince a schopnosti využít získaných

vědomostí v běžném životě: „Klíčové kompetence představují soubor vědomostí, dovedností, schopností, postojů a hodnot, které jsou důležité pro osobní rozvoj jedince, jeho aktivní zapojení do společnosti a budoucí uplatnění v životě.“ [3]. Mezi tyto kompetence patří kompetence k učení, k řešení problémů, kompetence komunikativní, sociální a personální, občanské a kompetence k podnikavosti, které žáci mají získávat ve vztahu k danému předmětu během vzdělávání a poté dále rozvíjet [3]. Z uvedeného je zřejmé, že k rozvoji kompetencí mají vést ŠVP a přístup učitele k výuce, nikoliv přímo RVP, které striktně nenařizují, jak, kdy a co se v jednotlivých předmětech probere, ale poskytují jakýsi rámec učiva a filozofii, jak k naplnění cílů a klíčových kompetencí dojít. Učitelům tedy poskytují určitou volnost, s jejíž pomocí mohou skloubit informace, které předkládají svým žákům, s rozvojem jejich klíčových kompetencí. Třetím pilířem nového systému vzdělávání jsou státní (společné) maturity, které s velkou pravděpodobností okusí svoji premiéru v květnu 2011. K státním maturitám byly vytvořeny publikace Katalogy požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky [6], které relativně podrobně (na rozdíl od RVP-G) vymezují rozsah učiva, který žáci musí k úspěšnému složení maturitní zkoušky zvládnout. Každému maturitnímu předmětu je věnován jeden katalog. Chemie se týká přirozeně Katalog požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky z chemie (dále jen katalog). V těchto katalozích jsou uvedeny informace o požadavcích k maturitní zkoušce kladených na žáky středních škol. Učitelé tak mohou přizpůsobit své podklady požadavkům k této zkoušce.



Obr. 1 **Katalog požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky**  
Obrázek převzat z <http://www.novamaturita.cz/katalogy-pozadavku-1404033138.html>

S novým nastupujícím systémem vzdělávání v ČR nastává vhodná příležitost ke změnám ve vzdělávacím obsahu, který se už více jak dvacet let nezměnil. Otázka, jak se to podařilo, bude zodpovězena až v dalších letech, je ale jisté, že uvedené změny vyžadují po učitelích změny jak ve vzdělávacím obsahu, tak v prostředcích a způsobech výuky. Je tedy také zřejmé, že stávající výukové materiály ve formě učebnic a jim podobných se stávají pomalu zastaralé,

jak obsahem, tak formou a je zřejmé, že je bude třeba doplnit dalšími výukovými materiály a prostředky.

Rozšíření počítačů, multimédií a komunikačních medií, jako je např. internet, téměř do každé domácnosti přináší i nový pohled na stávající výuku. Ve školách se rozšiřuje využívání dataprojektorů a interaktivních tabulí. Postupem času možná nikoho neudiví, že každá třída, ba i každý žák, jsou vybaveni vlastním počítačem a elektronická třídní kniha nebude něčím zvláštním. Stejně tak učitelé pomalu nahrazují své staré dobré přípravy a vytvářejí si nové, modernější a aktualizovanější, neboť moderní prezentační prostředky jim umožňují prezentovat učivo názorněji a jednodušeji. Ovšem každé pro má své proti. Vytváření zcela nových materiálů nebo pouhá jejich modifikace do světa informatiky a multimediálních technologií je poměrně časově náročná. Pro samotné učitele se často stává příprava nových materiálů téměř nereálná. I ti aktivní z nich v záplavě dalších povinností jako je vyplňování různých formulářů, podávání hlášení, vedení tříd, organizační činnost atd., budou jen velmi obtížně hledat čas na vytváření nových příprav, navíc informační gramotnost učitelů nabývá různých úrovní a zvládnutí některých programů, především obrázkových editorů, je časově náročné. Pak učitelé uvítají, pokud mají k dispozici již předpřipravené komplexnější nebo i částečné výukové materiály, které mohou k přípravě svých vlastních příprav využít, ať už ve formě v jaké jsou a nebo jejich úpravou. Zdrojem těchto materiálů může být kromě jiného internet, na kterém se v současnosti vyskytuje nepřeberné množství webů a podpůrných aplikací zaměřených na výuku chemie. Kvalita materiálů na těchto webech kolísá a i jejich oblíbenost je různorodá. Oblíbené a prověřené časem jsou např. stránky Gymnázia Jeronýmova [7] a Gymnázia F. X. Šaldy v Liberci [8]. Svoje příznivce získává i projekt tzv. digitální úložiště materiálů (DUM) [9], ve kterém učitelé za určitý honorář po recenzním řízení mohou uložit své výukové materiály a nechat je tak k dispozici svým kolegům. Je jasné, že jmenované weby nejsou jedinými, existují další české i zahraniční stránky se zaměřením na výuku. Učitelé tak mají možnost si vybrat z velkého množství různých materiálů, které právě jemu nejvíce vyhovují, ovšem snadnost publikace materiálů na internetu má i své nevýhody. Některé stránky pouze okopírují obsah stránek jiných, uživatel, tak ztrácí čas, a snižuje se různorodost dostupných materiálů. Dalším a závažnějším problémem je, že některé zveřejněné texty nejsou kontrolovány svými autory, natož recenzovány nebo oponovány. Tyto materiály mohou být plné chyb gramatických, ale

také faktických, informací nepřesných nebo zavádějících. Uživatelé velmi obtížně zjišťují, jestli je daný materiál relevantní s možností se na něj spolehnout, a tak se zvyšuje poptávka po zdrojích relevantních s důvěryhodnými informacemi. Tvorba výukových webů vysokými školami a univerzitami je podstatně složitější vzhledem k jejich dalším aktivitám, ale vzhledem k tomu, že tištěné informační zdroje jsou nahrazovány elektronickými, měla by být podpora učitelů základních a středních škol jednou z jejich aktivit. Jako jedna z prvních vysokých škol v ČR přišla Vysoká škola chemicko-technologická v Praze (VŠCHT), která na stránce s podtitulem „ECHO: Elektronické opory pro výuku chemie“ [10] poskytuje řadu materiálů, stejně jako další vysoké školy a univerzity, převážně kateder učitelství a didaktiky chemie.

Stejně jako ostatní vysoké školy, se i Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze (PřF UK) rozhodla vytvořit portál se zaměřením na podporu výuky chemie. Web [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz) vznikl pod záštitou PřF UK v Praze a jeho cílem je vytvořit podpůrný internetový portál pro žáky a učitele základních a středních škol, který bude nabízet a distribuovat kvalitní a důvěryhodné výukové materiály zaměřené na výuku chemie, k tomu by mělo napomoci, že většina materiálů publikovaných na webu je oponováno nebo recenzováno, dokonce řada z nich prošla testováním ve výuce na ZŠ, SŠ nebo VŠ. Distribuce výukových materiálů není jediný cíl tohoto portálu, jeho dalším cílem je nabízení dalších funkcí, které by uživatelům ulehčili práci s webem a jeho využití při výuce. V neposlední řadě se také snaží reprezentovat PřF UK v Praze a z těchto důvodů je stylizován do odpovídajícího provedení a žlutohnědé barvy. Web je dostupný ze tří adres: [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz) a [www.vyukachemie.cz](http://www.vyukachemie.cz) charakterizují zaměření webu a <http://www.natur.cuni.cz/studiumchemie> představující přidruženost k PřF UK v Praze v podobě charakteristické domény „natur.cuni.cz“. Cílem webu je postupně pokrýt co největší oblast chemických a příbuzných témat tak, aby jeho záběr byl co nejširší a jím poskytovaná podpora co nejlepší. Web [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz) je ale poměrně mladý a zatím nedisponuje takovým množstvím materiálů jako některé jiné weby a zdaleka nepokrývá celou šíři chemických oborů a témat. Je tedy patrné, že je nezbytné, aby web byl nadále rozšiřován prostřednictvím tvorby nových materiálů zaměřených na témata, která na webu chybí. To je žádoucí i v případě, že nějaký podobně zaměřený materiál už je na českých nebo zahraničních

webech dostupná, neboť takový samozřejmě nemůže být z důvodu autorských práv na portálu [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz) publikován.

## II. Cíle

Cílem této diplomové práce je vytvoření nových vhodných výukových materiálů pro web [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz) tak, aby se rozšířilo množství témat pokrytých působností webu. Tohoto hlavního cíle bude dosaženo prostřednictvím dílčích cílů. Ty zahrnují vytipování či nalezení vhodných témat, která budou zpracována, tak, aby se tato témata na webu [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz) již nenacházela. K upřesnění vhodného tématu poslouží také rešerše a zhodnocení vybraných učebnic chemie pro SŠ a českých internetových zdrojů z hlediska výskytu a zpracování předběžně vytipovaného tématu na základě rešerše různých druhů prací (bakalářských, diplomových, doktorských, apod.) zpracovaných na Katedře učitelství a didaktiky chemie PřF UK v Praze, které se na zmíněném webu převážně nachází.

Předpokládanou formou zpracování vybraného tématu je výukový text společně s prezentací, které budou případně doplněny dalšími materiály (náměty experimentů, didaktické hry apod.), aby nabízené spektrum materiálů poskytovalo učitelům širší možnosti využití ve výuce i v přípravě na ní.

### III. Vytipování témat vhodných pro zpracování

Na základě výsledků z mé bakalářské práce *Výběr a testování výukových materiálů a jednoduchých experimentů pro web www.studiumchemie.cz* [11], která se mj. zabývala rešerší diplomových prací Katedry učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty UK v Praze, byla vytipována porovnáním s učebnicemi a současnými závaznými pedagogickými dokumenty, kterými jsou RVP-G [3] a Katalogem požadavků ke státní závěrečné zkoušce [6], některá témata, která ještě na Katedře učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty UK v Praze v rámci různých typů nebyla zpracována nebo byla zpracována pouze okrajově, odlišnou formou a nebo již nejsou aktuální (např. staré názvosloví organické chemie). Z těchto témat bylo pro zpracování v rámci této práce zvoleno jako hlavní téma syntetické makromolekulární látky. Jako doplňující téma pro tuto práci byly vybrány nové materiály, které představují mj. fotovoltaické články, kompozitní materiály, kovy s tvarovou pamětí a ve velmi malé míře nanomateriály, které již byly zpracovány v bakalářské práci Antonína Ambrože z roku 2008: *Úvod do chemie nových materiálů* [12] a především v diplomové práci Zdeňky Hájkové z roku 2009: *Návrh implementace nových poznatků z interdisciplinárního oboru „nanotechnologie“ do výuky přírodovědných předmětů na SŠ* z roku 2009 [13].

Hlavní téma syntetických makromolekulárních látek bylo vybráno z několika důvodů:

- a) na výukovém webu [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz) toto téma zcela chybí a mezi staršími diplomovými pracemi je pouze jedna, a to práce Marie Malechové z roku 2006: *Odpadní látky, plasty a ekologie* [14], vypracované jako školní projekt, která se daného tématu dotýká pouze okrajově,
- b) z hodnocení učebnic (viz kapitola 6) vyplynulo, že ty nejvíce používané nepokrývají s ohledem na RVP-G a Katalog požadavků celé téma syntetických makromolekulárních látek,
- c) význam plastů neustále roste a dnes se setkáme jen s minimálním počtem věcí, které jsou zcela bez syntetických polymerních látek.

## IV. Použitý software

MICROSOT CORPORATION: **MicrosoftOffice (VER. 2007)** [15] k vytvoření výukových textů, pracovních listů, PowerPointových prezentací, tabulek a grafů

ACD/LABS: **ACD/ChemSketch Freeware v. 10.0** [16] k vytvoření chemických struktur, vzorců a rovnic.

ADOBE SYSTEMS: **Adobe Photoshop CS 3** [17] k vytvoření a upravení obrázků.

COFFEECUP SOFTWARE: **CoffeeCup Free HTML editor** [18] k vytvoření HTML stránek.

PDFFORGE.COM: **PDF Creator** [19] k převodu textových formátů do formátu pdf.



## V. PowerPointové prezentace a weby zaměřené na výuku tématu syntetické makromolekulární látky

Po výběru vhodného tématu byla provedena rešerše zdrojů v českém jazyce s ohledem na vybrané hlavní téma syntetických makromolekulárních látek. Pomocí internetového vyhledávače Google™ byla nalezena celá řada PowerPointových prezentací a webových stránek týkající se syntetických makromolekulárních látek, ze kterých byly vybrány ty nejzdařilejší. Ty byly v rámci práce zhodnoceny po stránce obsahové a prezentační. Jak bylo zmíněno a jak je z následujícího seznamu patrné, hodnoceny byly pouze české prezentace. Důvod je zcela jednoduchý, jazyková bariéra brání širšímu využití zahraničních prezentací učiteli. I ti jazykově nadanější mohou být zbrzděni při jejich využití okruhem prezentací pokrytých problematik, které je dáno specifiky daných vzdělávacích systémů a přístupů v zahraničí. Skutečný obsah zahraniční prezentace se tak může značně lišit od obsahu „běžně“ vyučovaného v ČR a vyžadovaného českými kurikulárními dokumenty. Předělávání prezentace a její doplňování pak učiteli může zabrat nemalé množství času. I překlad prezentace, který je nutné provést i vzhledem k tomu, že výuka na českých školách musí být realizována v českém jazyce, bývá časově velmi náročný, což vede k tomu, že nelze předpokládat masivní využívání prezentací a výukových textů napsaných v cizím jazyce. Dalším důvodem slabšího využívání zahraničních prezentací mohou být nejasná autorská práva u těchto děl, navíc není vždy známo, zda je daná práce recenzována, což lze v případě českých děl lze zjistit snáze.

Zhodnoceny byly následující vybrané, a dle mého názoru nejzdařilejší, prezentace:

### **Seznam PowerPointových prezentací:**

GYMNÁZIUM PODBOŘANY: *Makromolekulární látky* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z [http://www.gymnazium.podborany.cz/soubory/prace/vyhanlova\\_latky.ppt](http://www.gymnazium.podborany.cz/soubory/prace/vyhanlova_latky.ppt)

FAKULTA METALURGIE A MATERIÁLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ TECHNICKÉ UNIVERZITY OSTRAVA: *Polymery* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z [http://www.fmfi.vsb.cz/shared/uploadedfiles/fmfi/5\\_polymery.ppt](http://www.fmfi.vsb.cz/shared/uploadedfiles/fmfi/5_polymery.ppt)

Ing. MICHAL STEHLÍK, Ph.D – *Polymery a kompozity* (Materiály pro rekonstrukce staveb – CI57) [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z <http://147.229.27.214/vyuka/CI57/POLYMERYaKOMPOZITYp%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ka%20CI57.ppt>

JAN POSPÍCHAL – *Polymerní materiály* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z [http://jan.pospichal.biz/kestazeni/polymerni%20materialy%20\(s%20obrazky\).ppt](http://jan.pospichal.biz/kestazeni/polymerni%20materialy%20(s%20obrazky).ppt)

JAN POSPÍCHAL – *Rozdělení a použití polymerů* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z <http://jan.pospichal.biz/kestazeni/rozdeleni%20a%20pouziti%20polymeru.ppt>

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI – *Polymery 1 a 2* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z [http://nemat.zcu.cz/MN/Prednasky/MN\\_prednaska8/Polymery1.ppt](http://nemat.zcu.cz/MN/Prednasky/MN_prednaska8/Polymery1.ppt) a [http://nemat.zcu.cz/MN/Prednasky/MN\\_prednaska8/Polymery2.ppt](http://nemat.zcu.cz/MN/Prednasky/MN_prednaska8/Polymery2.ppt)

FAKULTA PŘÍRODOVĚDNĚ-HUMANITNÍ A PEDAGOGICKÁ TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI: *Plasty* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z [http://www.fp.tul.cz/kch/exnar/fs/prezentace/14S\\_Plasty.ppt](http://www.fp.tul.cz/kch/exnar/fs/prezentace/14S_Plasty.ppt)

#### **Seznam webových stránek:**

PTÁČEK, J.: *Makromolekulární látky* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z <http://maturuj.kvalitne.cz/chemie/otazky/makromolekularni.htm>

CANOV, M.: *Polymery* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/polymery/polymery.html>

GYMNÁZIUM, STŘEDNÍ ODBORNÁ ŠKOLA A VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA LEDEČ NAD SÁZAVOU: *Makromolekulární látky (plasty)* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z <http://www.gvi.cz/files/chemie/mml.pdf>

GYMNÁZIUM F. X. ŠALDY V LIBERCI: *Makromolekulární látky* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z <http://chemie.gfxs.cz/data/plasty/plasty.pdf>

K tvorbě nové prezentace i webu byly zmíněné prezentace i webové stránky využity jako inspirace a zdroj, ale současně byly tyto prezentace i weby kriticky zhodnoceny z pohledu výskytu prezentačních, grafických, popř. faktických chyb, aby se tyto chyby nevyskytovaly v nově vytvořené prezentaci.

## V.1. PowerPointové prezentace zaměřené na syntetické makromolekulární látky

Při hledání PowerPointových prezentací na téma syntetických makromolekulárních látek nebyla nalezena žádná, která by byla směřována přímo do rukou středoškolských učitelů. Převážně se jednalo o prezentace studentů nebo učitelů VŠ, popřípadě SŠ žáků. Ve většině případů ale nejsou vytvořeny tak, aby sloužily jako vodítko tématem, ale spíše jako zdroj informací. Většinou tedy byly tyto prezentace, co se množství údajů týče a tím pádem i množstvím textu, velmi bohaté. Spíše tedy vytvářely výukový text než prezentaci jako vodítko výkladem. Prezentace vytvořené studenty popř. učiteli pod hlavičkou vysokých škol byly svou úrovní určeny spíše studentům a potřebám těchto VŠ. Pro potřeby učitelů SŠ tak jsou tyto prezentace možná příliš komplikované a obsahově náročné, s tím, že některé jednodušší pojmy neobsahují, nejsou také zcela v souladu s RVP-G. Překvapivě, většina prezentací vytvořených žáky SŠ byla poměrně kvalitní, ačkoliv nebyly recenzovány a potenciálně mohou obsahovat chyby. Bylo možno nalézt prezentační nedostatky (špatně zvolené barevné schéma, typ písma atd.), ačkoliv to může být do značné míry způsobeno osobním vkusem. V následujících odstavcích je uvedeno zhodnocení několika nejzdařilejších prezentací a webových stránek na téma syntetických makromolekulárních látek

Z celé řady PowerPointových prezentací za nejzdařilejší považuji prezentaci *Makromolekulární látky* [20], jejímž autorem je s největší pravděpodobností jeden ze studentů **Gymnázia Podbořany**. Veškeré informace v této prezentaci jsou na snímcích, ale v tomto případě to nevadí. Autor se nesnaží čtenáře zahltit informacemi a i rozložení textů a obrázků je zdařilé. Navíc využití vhodného bezpatkového fontu s příjemnou velikostí písma podtrhuje kvalitu této prezentace. Tímto ale klady končí. Obrázků, které se zde vyskytují, je sice dostatečné množství, většina je ale poměrně nízké kvality a bez udání zdroje. Je možné, že prezentace má sloužit jako průvodce tématem, ale žádný komentář její součástí není. Obsahově je prezentace zaměřena pouze na část problematiky syntetických makromolekulárních látek, nesplňuje tak požadavky uvedené v Katalogu požadavků k maturitní zkoušce z chemie.

Další PowerPointovou prezentací zabývající se syntetickými makromolekulárními látkami je prezentace *Polymery* [21] vytvořená na **Fakultě metalurgie a materiálového**

*inženýrství Technické univerzity Ostrava*. V prezentaci je využit vhodný bezpatkový font ke konci s dost často měnící se velikostí. Rozmístění obrázků a textu je přijatelné, přičemž obrázků je přiměřené množství. Veškerý text je na snímcích, v tomto případě je to ale poněkud rušivé, neboť místy se čtenář v textu až ztrácí, je však možné, že v tomto případě u mne hraje roli i pozadí a barva písma. U obrázků není znám původ, navíc některé snímky prezentace představují pouze naskenované listy s výpisky a obrázky, které byly vytvořeny ručně. Autor se i zde věnuje pouze určitému úseku problematiky syntetických makromolekulárních látek a s ohledem na Katalog požadavků nepokrývá celou šíři učiva pro SŠ.

PowerPointová prezentace *Polymery a kompozity* [22] byla vytvořena **Ing Stehlíkem, Ph. D.** jako prezentace k přednášce na Ústavu stavebního zkušebnictví FAST VUT v Brně. Prezentace je určena pro přednášku na vysoké škole, a tak trochu tomu odpovídá obsah, neboť je informačně velmi bohatá. Autor používá dostatečně velký bezpatkový font s dostatečným počtem obrázků, které jsou však pouze naskenované z učebnic. Obrázky a text jsou rozloženy přiměřeným způsobem. Prezentace není komentovaná, tedy veškerý text je napsán na jednotlivých snímcích. I když se prezentace dostatečně přiblížila Katalogu požadavků, není informačně celistvá.

*Polymerní materiály* [23] a *Rozdělení a použití polymerů* [24] jsou PowerPointové prezentace vytvořené **Janem Pospíšilem**. Prezentace *Polymerní materiály* obsahuje obrázky, které se zaměřují jak na strukturu, tak na aplikaci polymerů, ale bez udaných zdrojů a s anglickým textem. Autor využívá patkový font, který znesnadňuje čtení příliš velkého množství textu. Opět jde o prezentaci s veškerým textem na snímcích a týkající se pouze části syntetických makromolekulárních látek. Prezentace *Rozdělení a použití polymerů* je velice obdobná, včetně všech kladů i nedostatků, prezentaci *Polymerní materiály*, kterou doplňuje. Po obsahové stránce by obě prezentace jako komplet mohly být použity při výuce. Jediný rozdíl je totiž v pozadí a absenci obrázků u druhé jmenované.

Zaměstnanci *Západočeské univerzity v Plzni* vytvořili dvě PowerPointové prezentace zaměřené na syntetické makromolekulární látky, a to *Polymery 1 a 2* [25]. U obou prezentací bylo použito patkové písmo s velkým počtem obrázků, jejichž kvalita se velmi mění a není znám jejich původ. Jednotlivé umístění obrázků a textu je dobré. Obsah informací je

z hlediska Katalogu požadavků postačující, ale velké množství textu na snímku v kombinaci s patkovým fontem se stává nepřehledným. Prezentace také neobsahuje obrázky v částech, které jsou zaměřené na použití jednotlivých polymerů.

Poslední PowerPointovou prezentací je prezentace *Plasty* [26] vytvořené zaměstnanci *Fakulty přírodovědně-humanitní a pedagogické technické univerzity v Liberci*. Autoři vsadili na jednoduchost a dobře využitý prostor snímků s jednoduchým pozadím a bezpatkovým fontem. Text je ve velké míře ztučňován, tím vzniká v některých pasážích pocit, že je ho na snímku až moc. Doplnujících obrázků je poměrně málo s různou kvalitou a bez uvedení zdrojů. Stejně jako předchozí, není tato prezentace komentovaná. Právě v tomto případě komentář opravdu chybí, protože u jednotlivých polymerů je uveden název a jeho vzorec, ale už ne jeho aplikace.

## V.2. Weby zaměřené na syntetické makromolekulární látky

Webových stránek zabývajících se syntetickými makromolekulárními látkami bylo nalezeno ještě méně než PowerPointových prezentací. Většina odkazů, které byly vyhledány pomocí vyhledávače Google™, byly ve formátu dokumentů pdf nebo doc.

Web *Honzy Ptáčka* [27] obsahuje všechny základní informace k tématu polymerních látek. Jedná se o jedinou stránku v černobílé kombinaci, kdy na černém pozadí je prostý text napsán patkovým fontem bez jediného obrázku.

Na webu *Canov* [28] je použitý patkový font s barevnou změnou k zdůraznění některých informací. Obsahová stránka webu je zaměřena pouze na mechanismy vzniku jednotlivých polymerních látek, bez dalších motivačních obrázků a uplatnění polymerních látek.

Pdf dokument *Makromolekulární látky* [29] vytvořený zaměstnancem *Gymnázia Ledče nad Sázavou* obsahuje všechna témata v souladu s požadavky v Katalogu požadavků. Text je napsán patkovým písmem doplněný několika obrázky, u kterých není udán zdroj.

Další pdf dokument *Makromolekulární látky* [30] vytvořený Petrem Rozmajzlem z *Gymnázia F. X. Šaldy v Liberci* splňuje vše podle Katalogu požadavků. Autor používá bezpatkové písmo se zvýrazněnými důležitými informacemi doplněné o vzorce polymerních látek s rovnicemi jejich vzniku, jejichž kvalita je ve většině případů poměrně nízká.

## VI. Zhodnocení vybraných středoškolských učebnic a přehledů

Po vybrání vhodného tématu ke zpracování bylo provedeno taktéž „hrubé“ zhodnocení vybraných středoškolských učebnic a přehledů. Učebnice byly vybrány a hodnoceny na základě diplomové práce Olgy Kučerové: *Enzymy, vitaminy a hormony ve středoškolském vzdělávání* [31], která také prováděla hodnocení učebnic. Výběr učebnic k hodnocení byl realizován stejně jako v případě zmíněné diplomové práce [31], v které autorka hodnotila ty učebnice, které podle výsledků výzkumu Mgr. M. Klečky z Pedagogické fakulty Západočeské Univerzity v Plzni [32] jsou nejčastěji používány na SŠ v ČR. Jelikož autorka hodnotí pouze čtveřici „učebnic“, byla jejich škála doplněna o další učebnice a přehledy, které by se také mohly na středních školách využívat. Vybrány tedy byly tyto učebnice: *Chemie pro střední školy 3. díl*, *Chemie II (organická chemie a biochemie) pro gymnázia*, *Chemie pro střední školy*, *Chemie 2b pro střední školy*, *Chemie 9 pro základní školy a víceletá gymnázia* a *Chemie II pro 9. třídy základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií*. Mezi vybranými učebnicími texty byly tyto přehledy: *Přehled středoškolské chemie*, *Chemie v kostce II pro střední školy* a *Odmaturuj z chemie*. Všechny tyto publikace byly v krátkosti zhodnoceny a poté byla provedena analýza pojmů [dle 31].

### VI.1. Zhodnocení učebních textů

#### VI.1.1. Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl [33]

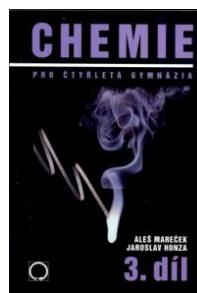
Autoři: Mareček, Aleš;

Honza, Jaroslav

Nakladatelství: Olomouc

ISBN: 80-7182-057-1

Rok vydání: 2005



Obr. 2 *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl*

Jak je z názvu patrné, tato učebnice je určena studentům čtyřletých gymnázií, ve které jsou informace rozděleny do dvou základních částí, a to *Deriváty uhlovodíků* a *Biochemie*. Část *Deriváty uhlovodíků* je rozdělena do šestnácti kapitol (*Úvod*, *Halogenderiváty uhlovodíků*, *Organokovové sloučeniny*, *Hydroxyderiváty*, *Thioalkoholy a thiofenoly*, *Ethery*,

*Aldehydy a ketony, Karboxylové kyseliny, Síla kyselin a výpočet pH, Funkční deriváty kyselin, Substituční deriváty karboxylových kyselin, Nitrosloučeniny, Aminy, Heterocyklické sloučeniny, Syntetické makromolekulární látky a Optická aktivita*). Kapitola *Syntetické makromolekulární látky*, kterou budu dále blíže hodnotit, je rozdělena do tří podkapitol (*Polymerizace, Polyadice a Polykondenzace*).

Orientace v textu je usnadněna obsahem a rejstříkem, text je velmi dobře čitelný bez faktických chyb a s grafickou úpravou, která nenadchne ani neurazí. Jde o jednoduchý černobílý tisk se zvýrazněnými důležitými pojmy. Pokud se zaměřím přímo na obsah kapitoly *Syntetické makromolekulární látky*, ta se po velmi krátkém úvodu zabývá především jednotlivými typy reakcí (polymerizace, polykondenzace a polyadice) a jejich mechanismy, vše doplněno rovnicemi chemických reakcí (s naznačením mechanismu reakce). Pár zástupců jednotlivých polyreakcí je uvedeno, ale už není uvedena jejich aplikace, z toho vyplývá, že v tomto ohledu publikace nevyhovuje požadavkům kladených na žáka z hlediska Katalogu požadavků. Doprovodné ilustrace jsou tvořeny pouze z chemických vzorců a rovnic chemických reakcí, zcela chybí motivační obrázky, které by přibližovaly aplikace jednotlivých polymerů. Dále také chybí kontrolní otázky a úkoly.

### VI.1.2. Chemie II (organická a biochemie) pro gymnázia [34]

Autoři: Kolář, Karel;

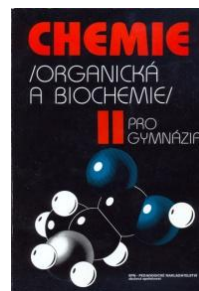
Kodíček, Milan;

Pospíšil, Jiří

Nakladatelství: SPN

ISBN: 80-85937-49-2

Rok vydání: 1997



Obr. 3 *Chemie II (organická a biochemie) pro gymnázia*

Učebnice *Chemie II pro gymnázia* je určena studentům gymnázia a je rozdělena na dva tematické celky (*Organická chemie a Biochemie*). Tematický celek *Organická chemie* je rozdělen do deseti kapitol, a to *Organické sloučeniny – jejich struktura a reakce, Uhlovodíky, Halogenderiváty uhlovodíků, Kyslíkaté deriváty uhlovodíků, Dusíkaté deriváty uhlovodíků, Sírné deriváty uhlovodíků, Organické sloučeniny fosforu, Organokovové sloučeniny,*



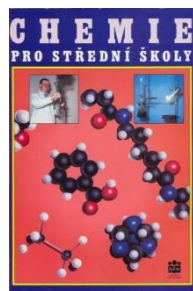
*Heterocyklické sloučeniny a Chemické výroby kolem nás v otázkách a úkolech.* Téma Syntetické makromolekulární látky je obsaženo v kapitole *Chemické výroby kolem nás v otázkách a úkolech* pod názvem *Plasty a syntetická vlákna*.

Učebnice má dobře čitelný text s dobrým grafickým zpracováním, ke snadnější práci s ní přispívá obsah a rejstřík. Od této učebnice jsem čekala více než jen velice strohý text, který se tématem syntetických makromolekulárních látek zabývá. Syntetickým makromolekulárním látkám je věnováno pouze několik vět a obrázků, obsah tak jistě není v souladu s RVP-G či Katalogem požadavků. Dále je text doplněn otázkami a úkoly.

### VI.1.3. Chemie pro střední školy [35]

Autoři: Banýr, Jiří;  
Beneš, Pavel;  
a kolektiv

Nakladatelství: SPN  
ISBN: 80-85937-11-5  
Rok vydání: 1995



Obr. 4 *Chemie pro střední školy*

Učebnice *Chemie pro střední školy* je určena žákům a učňům SŠ, odborných škol a učilišť nechemického zaměření, ve kterých se chemie vyučuje jako všeobecně vzdělávací předmět. Publikace je rozdělena do šesti celků (*Obecná chemie, Anorganická chemie, Organická chemie, Biochemie, Analytická chemie a Laboratorní práce*). *Organická chemie* je rozdělena do čtyř kapitol, a to *Úvod do organické chemie, Uhlovodíky, Deriváty uhlovodíků a Organická chemie kolem nás*. Téma makromolekulárních látek je obsaženo v kapitole *Organická chemie kolem nás* pod názvem *Makromolekulární látky*.

Učební text je příjemně čitelný se snadnou orientací, které napomáhá i obsah a rejstřík, který je součástí učebnice. Příjemné je i barevné zpracování, kdy je využito černobílé kombinace doplněné o modrou barvu, která se používá na důležité definice a označení, čemu se věnuje daný odstavec. Menším písmem je napsán náročnější text, kurzívou jsou psány návrhy laboratorních experimentů a na závěr tématu jsou malým písmem psané otázky a úkoly. Motivační obrázky jsou nedílnou součástí této učebnice, ale k syntetickým

makromolekulárním látkám jich je i zde jen minimální počet. Přestože tato publikace vyšla o více jak desetiletí dříve, než začaly platit RVP-G, v celkovém pohledu tato učebnice obsahově a dovolím si konstatovat, že i pojetím, vyhovuje požadavkům kladených v Katalogu požadavků.

#### VI.1.4. Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy) [36]

Autoři: Amann W., Eisner W.,

Gietz P., Maier J.,

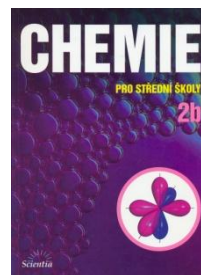
Schierle W., Stein R.,

přeložili: Svoboda J. a Kratochvíl B.

Nakladatelství: Scientia

ISBN: 80-7183-079-8

Rok vydání: 2000



Obr. 5 *Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy)*

Učebnice je překlad z německého originálu a je rozdělena do sedmi kapitol (*Uhlovodíky a kyslíkaté organické sloučeniny, Aromatické sloučeniny, Plasty, Prací prostředky a praní, Barviva a barvení, Sacharidy a proteiny a Chemie a životní prostředí*). Kapitola *Plasty* je dále rozdělena na podkapitoly *Vlastnosti a struktura plastů, Syntéza plastů, Zpracování plastů a Kontrolní a doplňující otázky*.

Po prvním prohlédnutí na mě udělala dojem. Příjemný dobře čitelný černobílý text se zvýrazněnými důležitými pojmy, který je doplněn velkým počtem vzorců, grafů a motivačních obrázků. K snadné orientaci v textu napomáhá také obsah i rejstřík. Tato publikace se poměrně odlišuje od ostatních učebnic dělením jednotlivých kapitol a především svým důrazem na témata plastů, tenzidů a barviv. Z pohledu obsahu tématu syntetických makromolekulárních látek učebnice *Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy)* více než dostatečně vyhovuje požadavkům v RVP-G a Katalogu požadavků.

## VI.1.5. Chemie 9 učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia [37] a Chemie 9 příručka učitele pro základní školy a víceletá gymnázia [38]

### *Chemie 9 učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*

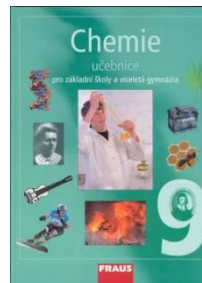
Autoři: Škoda, Jiří;

Doulík, Pavel;

Nakladatelství: Fraus

ISBN: 978-80-7238-584-3

Rok vydání: 2007



Obr. 6 *Chemie 9 učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*

Do rukou žáků 9. třídy základní školy a nižších ročníků gymnázií je určena učebnice *Chemie 9 učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*, která je rozdělena do devíti kapitol (*Opakování 8, Přírodní látky, Chemické reakce a děje, Základní chemické výpočty, Výroba paliv a energie, Chemie ve službách člověka, Alternativní zdroje energie – projekt, Plasty – projekt a Zadání laboratorních prací*).

Učebnice je velice příjemná, práci s ní usnadňuje nejen obsah a rejstřík, ale také symbol jednotlivých kapitol, který je v horním rohu každé stránky. Text, ve kterém jsou zdůrazněny důležité pojmy, jsou doplněny o pokusy a praktické úkoly. Po boku stránek je proužek vyhrazený pro zajímavosti, už známé nebo v budoucnu vyložené informace z jiných předmětů nebo doplňující otázky. Dále je patrné, že tento učební text je určen pro žáky základních škol (popř. nižších gymnázií), protože obsahuje více názorných obrázků než učebnice středoškolské. Téma syntetických makromolekulárních látek je zde navrženo jako projekt.

### *Chemie 9 příručka učitele pro základní školy a víceletá gymnázia*

Autoři: Škoda, Jiří;

Doulík, Pavel;

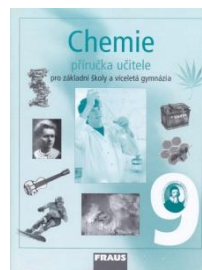
Jodas, Bořivoj;

Bielíková, Eva;

Solárová, Marie;

Šmídl, Milan

Nakladatelství: Fraus



Obr. 7 *Chemie 9 příručka učitele pro základní školy a víceletá gymnázia*

ISBN: 978-80-7238-585-0

Rok vydání: 2007

Do rukou učitelů je směřována příručka učitele k výše zmíněné učebnici *Chemie 9 učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*, která obsahuje kromě devíti kapitol (*Opakování 8, Přírodní látky, Chemické reakce a děje, Základní chemické výpočty, Výroba paliv a energie, Chemie ve službách člověka, Projekt – alternativní zdroje energie, Projekt – plasty a Laboratorní práce (metodika, protokoly)*), ještě kapitoly další (*Seznam chemikálií a materiálu, Řešení pracovního sešitu, Nebezpečné vlastnosti látek, Seznam R- a S- vět a jejich kombinací*).

V kapitole Projekt – plasty je návrh na realizaci projektu zabývající se tématem syntetických makromolekulárních látek (cíle, vymezení projektu, hodinová dotace a pracovní postup), zadání pro žáky, rozdělené do několika kapitol (*Historie, Plasty a současnost, Plasty a životní prostředí, Plasty – ve spojení s výtvarnou výchovou, pracovním vyučováním a českým jazykem a Zajímavosti*), a návrh autorského řešení.

#### VI.1.6. Chemie II pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií

[39]

Autoři: Pečová, Danuše;

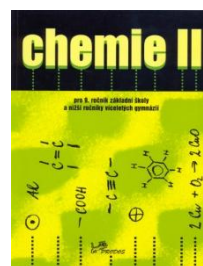
Karger, Ivo;

Peč, Pavel

Nakladatelství: PRODOS

ISBN: 80-7230-036-9

Rok vydání: 1999



Obr. 8 *Chemie II pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií*

Tato učebnice je určena žákům 9. tříd základní školy a nižším ročníkům gymnázia. Je rozdělena do dvou tematických celků (*Anorganická a Organická chemie*). Tematický celek *Organická chemie* je rozdělen do pěti kapitol, a to *Úvod do organické chemie, Uhlovodíky, Deriváty uhlovodíků, Přírodní látky a Člověk a chemie*. Téma Syntetické makromolekulární látky je obsaženo v kapitole *Člověk a chemie* pod názvem *Plasty a syntetická vlákna*.

Práce s učebnicí je usnadněna obsahem a rejstříkem, které učebnice obsahuje, dále také k lepší orientaci slouží pruh po straně každé stránky, ve kterém je pojem, o kterém se pojednává na dané stránce v přibližně stejné výši. Dobře čitelný text je doplněn motivačními obrázky, úkoly a pokusy. Téma syntetických makromolekulárních látek je zaměřeno převážně na aplikaci polymerů, a tím tedy zcela nebude pokrývat požadavky z Katalogu požadavků, ale jak je výše uvedeno, tato učebnice je zaměřena na nižší ročníky.

### VI.1.7. Přehled středoškolské chemie [40]

Autoři: Vacík, Jiří;

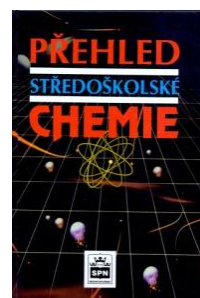
Barthová, Jana;

Pacák, Josef

Nakladatelství: SPN

ISBN: 80-7235-108-7

Rok vydání: 1999



Obr. 9 *Přehled středoškolské chemie*

*Přehled středoškolské chemie* patří mezi učební text, který by měl sloužit k zopakování chemie k maturitní zkoušce nebo k přijímacím zkouškám na vysoké školy, popřípadě jako zdroj informací pro učitele a studenty chemických oborů. Publikace je rozdělena do šesti částí (*Úvod, Obecná chemie, Anorganická chemie, Organická chemie, Základ biochemie a Osobnosti významné pro rozvoj chemie*). Téma Syntetické makromolekulární látky spadá pod část *Organické chemie* do kapitoly *Organická chemie v moderní společnosti*, kde syntetickým materiálům patří podkapitoly *Syntetické polymery, Přehled důležitých plastů a Přehled důležitých elastomerů*.

Orientace v textu je zpočátku velice náročná, chvíli trvá, než si čtenář zvykne na poměrně přilehlé názvy podkapitol a jejich mírnému splývání s ostatním textem, i když číslo kapitoly je červenou barvou. K lepší orientaci slouží obsah a rejstřík, který je součástí publikace. Text je velmi dobře čitelný bez faktických chyb. Grafická úprava je o poznání kvalitnější, než v případě *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl*. V případě této publikace se totiž nejedná pouze o černobílý text (ten je vhodně doplněn oranžovou barvou), ale také se využívá menšího písma pro doplňující informace. Z mého osobního pohledu je, text na stránkách

poněkud zbytečně „napěchovaný“, na jedné stránce se tak nachází příliš mnoho textu, v kterém se čtenář může po chvilce ztrácet. Zaměřím-li se na obsah kapitol týkajících se syntetických a makromolekulárních látek, nejsou zde podrobně rozebírány jednotlivé polyreakce, ale jsou popsány jednotlivé polymery a jejich aplikace, vše ale dostačuje míře s ohledem na požadavky v Katalogu požadavků a účely publikace. I zde jsou vloženy doprovodné ilustrace pouze z chemických vzorců a rovnic chemických reakcí bez motivačních obrázků, ani zde nenalezneme kontrolní otázky a úkoly, ale v tomto případě není nezbytné na velkém množství obrázků trvat, neboť publikace je míněna zejména jako souhrn informací k danému tématu a nikoliv jako klasická učebnice.

#### VI.1.8. Chemie v kostce II pro střední školy [41] a Chemie v kostce pro střední školy [42]

##### *Chemie v kostce II pro střední školy*

Autoři: Růžičková, Květoslava;

Kotlík, Bohumír

Nakladatelství: Fragment

ISBN: 80-7200-342-9

Rok vydání: 1997



Obr. 10 *Chemie II v kostce pro střední školy*

Publikace je určena všem zájemcům o chemii, kteří ji mohou použít jako zdroj informací z oblasti organické chemie a biochemie. Jak název napovídá, jedná se o přehled chemie, který je rozdělena do osmi částí, a to na *Základy organické chemie*, *Uhlovodíky*, *Deriváty uhlovodíků*, *Deriváty anorganických kyselin*, *Heterocyklické sloučeniny*, *Prakticky významné organické látky* a *Základy biochemie*. Téma Syntetické makromolekulární látky se nachází v kapitole *Prakticky významné organické látky*.

Orientace v textu je mírně obtížnější, protože *Chemie v kostce II pro střední školy* neobsahuje rejstřík. Text je dobře čitelný s odlišným grafickým zpracováním, než v ostatních publikacích. Připomíná tak spíše výpisky žáků, než učebnicové zpracování. Obsah je obdobný s publikací *Přehled středoškolské chemie*, jen je podrobněji rozebrána polymerizace (její dělení na iontovou a radikálovou), a tak i v tomto případě jsou vcelku splněny požadavky

z Katalogu požadavků. Stejně jako v předchozích přehledových učebních textech, chybí motivační obrázky a kontrolní otázky.

### ***Chemie v kostce pro střední školy***

Autoři: Růžičková, Květoslava;

Kotlík, Bohumír

Nakladatelství: Fragment

ISBN: 978-80-253-0599-7

Rok vydání: 2009



Obr. 11 *Chemie v kostce pro střední školy*

*Chemie v kostce pro střední školy* je přepracované vydání publikací *Chemie I a II v kostce pro střední školy* a slouží k témuž účelu jako jeho předchůdci. Publikace je rozdělena do čtrnácti kapitol, a to *Struktura atomu*, *Periodická soustava prvků (PSP)*, *Chemická vazba*, *Klasifikace chemických reakcí*, *Chemická termodynamika*, *Reakční kinetika*, *Chemické rovnováhy*, *Anorganická chemie*, *Základy organické chemie*, *Uhlovodíky*, *Deriváty uhlovodíků*, *Přírodní látky*, *Základy biochemie* a *Látky metabolismu*. Téma Syntetické makromolekulární látky v této publikaci zcela chybí.

*Chemii v kostce pro střední školy* jsem uvedla z toho důvodu, že i já sama poměrně často sáhnu po *Chemii v kostce I a II pro střední školy*, a byla jsem po prolistování opravdu zklamána. Publikace se jistě může pyšnit svoji originální grafickou úpravou, připomínající počítačový program, ale orientace v textu je zprvu nepřehledná, ačkoli orientaci ulehčuje jak obsah, tak rejstřík. Nevím, proč z této publikaci zcela zmizelo téma syntetických makromolekulárních látek, které se spíše v hodinách chemie rozšiřuje, než vytrácí.

### **VI.1.9. Odmaturuj z chemie [43]**

Autoři: Benešová, Marika;

Satrapová, Hana

Nakladatelství: Didaktis

ISBN: 80-86285-56-1

Rok vydání: 2002



Obr. 12 *Odmaturuj z chemie*

Publikace určená pro studenty či učitele jako kompletní přehled učiva středních škol k maturitní zkoušce a k přijímacím zkouškám na vysoké školy. V *Odmaturuj z chemie* je text rozdělen do osmatřiceti kapitol, kdy prvních osm kapitol reprezentuje *Obecnou chemii*, kapitola 9-18 reprezentuje *Anorganickou chemii*, kapitola 19-28 reprezentuje *Organickou chemii* a kapitola 29-38 reprezentuje *Biochemii*. Kapitola Syntetické makromolekulární látky je součástí části *Organické chemie*, uvedené jako osmadvacátá kapitola.

V textu se velmi dobře orientuje, a to nejen díky obsahu a rejstříku, ale také grafickým zpracováním. Dobře čitelný text v černobílé kombinaci je doplněn další barvou, v tomto případě fialovou, která zvýrazňuje důležité pojmy. Velmi zdařilý je pruh po pravé straně každé stránky, označený jako *Poznámky*, kde jsou publikovány doplňující informace. Obsahem je publikace *Odmaturuj z chemie* obdobná publikaci *Přehled středoškolské chemie*, a tedy odpovídá požadavkům v RVP-G a Katalogu požadavků. Doprovodné ilustrace jsou složeny pouze z chemických vzorců a rovnic chemických reakcí, bez dalších motivačních obrázků, ale i v tomto případě bychom mohli do jisté míry od těchto obrázků ustoupit, protože stejně jako v případě *Přehledu středoškolské chemie* se jedná o přehled učiva bez kontrolních otázek a úkolů.

## **VI.2. Analýza pojmů a závěrečné hodnocení vybraných učebních textů**

Analýza pojmů byla provedena u výše zmíněných publikací, kromě jedné. Tou je *Chemie 9 pro základní školy a víceletá gymnázia*, která dané téma probírá formou projektu a tedy v učebnici je plastům věnována jedna stránka, oproti příručce učitele, kde je návrh tohoto projektu. Hodnocené pojmy byly vybrány na základě požadavků zmíněných v RVP-G [3] a Katalogu požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky [6]. V RVP-G je v tomto ohledu pouze uvedeno téma Syntetické makromolekulární látky, nic podrobnějšího se v tomto dokumentu o polymerech neuvádí. Oproti tomu Katalog požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky [6] je již konkrétnější a z oblasti syntetických makromolekulárních látek vyžaduje termíny související s přípravou polymerů (tyto požadavky jsou uvedeny u monomerů těchto látek), prezentaci výrobků ze základních plastů a jejich vliv na člověka a jeho okolí. Na základě těchto požadavků bylo vybráno dvaatřicet pojmů: (syntetický polymer,



přírodní polymer, monomer, polymer, polymerizace, polykondenzace, polyadice, termoplast, termoset, polyetylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), kaučuk, neopren, polytetrafluorethylen (PTFE), polymethylmetakrylát (PMMA), polyestery (PES), polyethyltereftalát (PET), polyamidy (PA), nylon, fenolformaldehydové pryskyřice (fenoplasty), aminoplasty, epoxidové pryskyřice, polyuretany, homopolymer, kopolymer, polymerizační stupeň, lineární polymer, rozvětvený polymer, prostorově zesíťovaný polymer a vulkanizace), které by s největší pravděpodobností měly být v rámci výuky tématu syntetických makromolekulárních látek minimálně zmíněny.

V tabulce 1 je uvedeno, zda se daný pojem v kapitole věnované syntetickým makromolekulárním látkám v jednotlivých publikacích nachází, v tabulce 2 je u učebnic a učebních textů uveden počet nalezených pojmů a vypočítáno procentuální zastoupení z celkového množství (32). Z uvedených hodnot je sestaven graf 1.

Největší výskyt vybraných pojmů je v učebním textu *Odmaturuj z chemie*, který obsahuje téměř všechny sledované pojmy. Následovaný je hned třemi publikacemi. Učebnicí *Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy)* a dvěma učebními texty *Přehled středoškolské chemie* a *Chemie v kostce II pro střední školy*. Všechny tyto publikace obsahují více jak tři čtvrtiny sledovaných pojmů. Těsně pod hranicí pětasedmdesáti procent se na pomyslném pátém místě umístila *Chemie pro střední školy*. Nad šedesátiprocentní hranici ještě dosáhla učebnice *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl*. Z pochopitelných důvodů (učebnice je zamýšlena do rukou žáků základních škol) se učebnice *Chemie II pro 9. ročník základních škol a nižších ročníků víceletých gymnázií* nedostala ani přes polovinu sledovaných pojmů. Zcela nejmenší počet vyskytujících se pojmů měla učebnice *Chemie II pro gymnázia*, která nedosáhla ani na třetinu pojmů. Zajímavostí může být, že pojem kopolymer se vyskytoval ve všech publikacích, zatímco homopolymer se vyskytl pouze v jedné (*Chemii pro čtyřletá gymnázia 3. díl*).

Zastoupení uvedených pojmů v jednotlivých publikacích je patrné z tabulky 3, tabulka 4 přiřazuje každé publikaci číslo, pod kterým vstupuje v grafech 2-4, které graficky znázorňují četnost pojmů monomer, polymer a polymerizace.

**Tab. 1 Výskyt pojmů v kapitole syntetických makromolekulárních látek vybraných publikací**

	<i>Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl</i>	<i>Chemie II pro gymnázia</i>	<i>Chemie pro střední školy</i>	<i>Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy)</i>	<i>Chemie II pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií</i>	<i>Přehled středoškolské chemie</i>	<i>Chemie v kostce II pro střední školy</i>	<i>Odmaturuj z chemie</i>
syntetický (MML) polymer	✓	×	✓	×	×	✓	✓	✓
přírodní (MML) polymer	×	×	×	×	×	×	×	✓
monomer	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓
polymer	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
polymerizace	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
polykondenzace	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
polyadice	✓	×	×	✓	×	✓	✓	✓
termoplasty	×	×	✓	✓	×	✓	✓	✓
termosety (reaktoplasty)	×	×	✓	✓	×	✓	✓	✓
polyetylen (PE)	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓
polypropylen (PP)	×	×	✓	✓	×	✓	✓	✓
polystyren (PS)	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓
polyvinylchlorid (PVC)	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓

	<i>Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl</i>	<i>Chemie II pro gymnázia</i>	<i>Chemie pro střední školy</i>	<i>Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy)</i>	<i>Chemie II pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií</i>	<i>Přehled středoškolské chemie</i>	<i>Chemie v kostce II pro střední školy</i>	<i>Odmaturuj z chemie</i>
kaučuk	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓
neopren	✓	×	×	×	✓	×	×	×
polytetrafluorethylen (PTFE)	✓	×	✓	✓	×	✓	✓	✓
polymethylmetakrylát (PMMA)	×	×	✓	✓	×	✓	✓	✓
polyestery (PES)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
polyethyltereftalát (PET)	✓	×	×	×	×	✓	×	✓
polyamidy (PA)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
nylon	✓	×	✓	✓	✓	✓	×	✓
fenoplasty	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
aminoplasty	×	×	✓	✓	×	✓	✓	✓
epoxidové pryskyřice	×	×	×	✓	×	✓	✓	✓
polyuretany	✓	×	✓	✓	×	✓	✓	✓
homopolymer	✓	×	×	×	×	×	×	×
kopolymer	✓	×	×	✓	×	✓	✓	✓

	<i>Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl</i>	<i>Chemie II pro gymnázia</i>	<i>Chemie pro střední školy</i>	<i>Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy)</i>	<i>Chemie II pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií</i>	<i>Přehled středoškolské chemie</i>	<i>Chemie v kostce II pro střední školy</i>	<i>Odmaturuj z chemie</i>
polymerizační stupeň	✓	×	✓	×	×	×	✓	✓
lineární polymer	×	×	✓	✓	×	✓	✓	✓
rozvětvený polymer	×	×	✓	✓	×	×	×	✓
prostorově zesíťovaný polymer	×	×	✓	✓	×	✓	✓	✓
vulkanizace	×	×	×	✓	✓	×	✓	✓

MML – makromolekulární látky, PE – polyetylen, PP – polypropylen, PS – polystyren, PVC – polyvinylchlorid, PTFE – polytetrafluorethylen,

PMMA – polymerthylmetakrylát, PES – polyestery, PET – polyethyltereftalát, PA - polyamidy

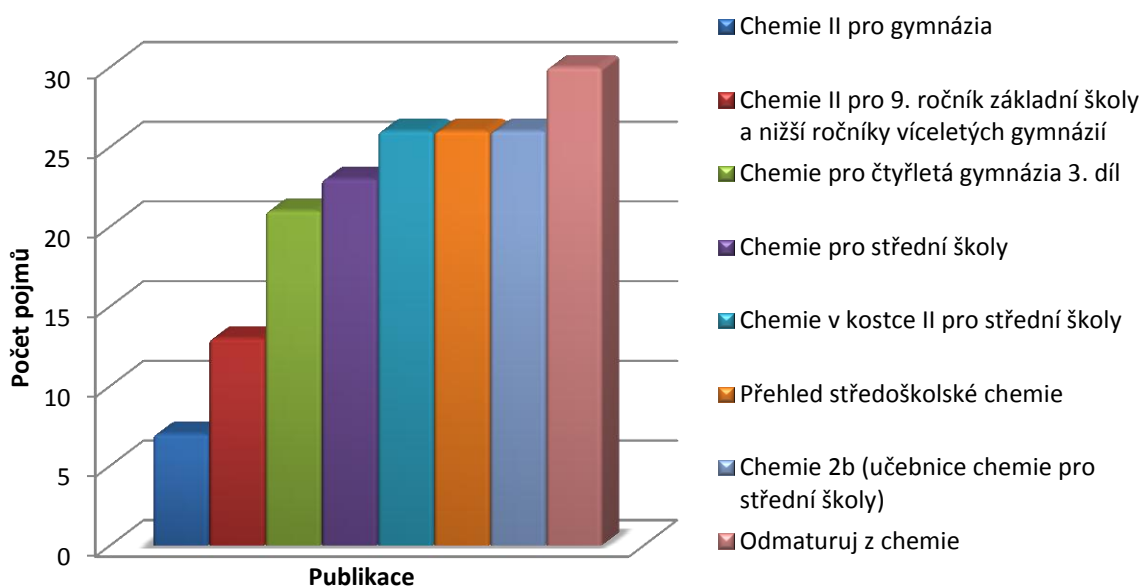
**Tab. 2 Výskyt vybraných pojmů v kapitole plastů z vybraných publikací**

(celkový počet pojmů je 32)

Učebnice	Výskyt daných pojmů	% zastoupení
<i>Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy)</i>	26	<b>81</b>
<i>Chemie pro střední školy</i>	23	<b>72</b>
<i>Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl</i>	21	<b>66</b>
<i>Chemie II pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií</i>	13	<b>41</b>
<i>Chemie II pro gymnázia</i>	7	<b>22</b>
Učební texty	Výskyt daných pojmů	% zastoupení
<i>Odmaturuj z chemie</i>	30	<b>94</b>
<i>Přehled středoškolské chemie</i>	26	<b>81</b>
<i>Chemie v kostce II pro střední školy</i>	26	<b>81</b>

**Graf 1 Výskyt pojmů v kapitole plastů analyzovaných učebnicí**

### Výskyt pojmů v kapitole plastů jednotlivých publikací



**Tab. 3 Zastoupení pojmů v kapitole syntetických makromolekulárních látek jednotlivých publikací**

	<i>Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl</i>	<i>Chemie II pro gymnázia</i>	<i>Chemie pro střední školy</i>	<i>Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy)</i>	<i>Chemie II pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií</i>	<i>Přehled středoškolské chemie</i>	<i>Chemie v kostce II pro střední školy</i>	<i>Odmaturuj z chemie</i>
syntetický polymer	1	0	1	0	0	7	2	1
přírodní polymer	0	0	0	0	0	0	0	1
monomer	22	2	4	13	0	2	3	8
polymer	4	2	1	4	1	4	3	4
polymerizace	19	2	5	16	7	12	10	10
polykondenzace	5	3	7	6	1	7	5	8
polyadice	5	0	0	6	0	5	2	4
termoplasty	0	0	4	8	0	1	1	1
termosety (reaktoplasty)	0	0	2	6	0	3	1	1
PE	1	0	5	2	8	4	3	6
PP	0	0	1	2	0	2	1	2
PS	2	0	4	5	5	3	2	3
PVC	1	0	9	5	7	6	2	3
kaučuk	1	0	0	7	12	4	8	5
neopren	1	0	0	0	1	0	0	0
PTFE	1	0	2	1	0	2	1	2
PMMA	0	0	1	1	0	1	1	2
polyestery PES	2	1	3	8	3	5	1	2
PET	2	0	0	0	0	1	0	1
PA	2	1	3	6	4	4	1	2
nylon	1	0	1	4	1	1	0	1

	<i>Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl</i>	<i>Chemie II pro gymnázia</i>	<i>Chemie pro střední školy</i>	<i>Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy)</i>	<i>Chemie II pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií</i>	<i>Přehled středoškolské chemie</i>	<i>Chemie v kostce II pro střední školy</i>	<i>Odmaturuj z chemie</i>
fenoplasty	1	1	2	2	2	2	3	5
aminoplasty	0	0	1	1	0	1	1	2
epoxidové pryskyřice	0	0	0	3	0	1	1	1
polyuretany	2	0	2	4	0	1	1	3
homopolymer	3	0	0	0	0	0	0	0
kopolymer	2	0	0	4	0	5	1	2
polymerizační stupeň	1	0	1	0	0	0	2	1
lineární polymer	0	0	1	7	0	2	4	1
rozvětvený polymer	0	0	1	6	0	0	0	1
prostorově zesíťovaný polymer	0	0	1	6	0	3	2	1
vulkanizace	0	0	0	3	2	0	1	1

Na závěr lze tedy uvést, že obě učebnice (*Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl* a *Chemie II pro gymnázia*), které jsou podle výzkumu Mgr. Klečky na středních školách nejčastěji používané, z tématu syntetických makromolekulárních látek neobsahují tolik informací, jako jiné publikace pro střední školy, ale ani ty učebnice, které jsou směřovány na základní školy a nižší gymnázia. Celkově z pohledu systematických makromolekulárních látek na mne zapůsobila nejvíce učebnice *Chemie 2b pro střední školy*, ve které je kapitola plastů velice hezky zpracována a sloužila jako inspirace při tvoření PowerPointové prezentace. Další učebnicí, která na mě udělala dojem, byla *Chemie 9 pro základní školy a víceletá gymnázia*, ve které jsou plasty probrány formou projektu. Učebnice *Chemie pro střední školy* z pohledu zpracování tématu syntetických makromolekulárních látek patří k těm zdařilejším, ale ničím nepřekvapí. Poslední z učebnic, o které ještě nebylo řečeno, je *Chemie II pro 9. třídy základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií*, na které je asi nejvíce poznat, že je směřována zejména na základní školy.

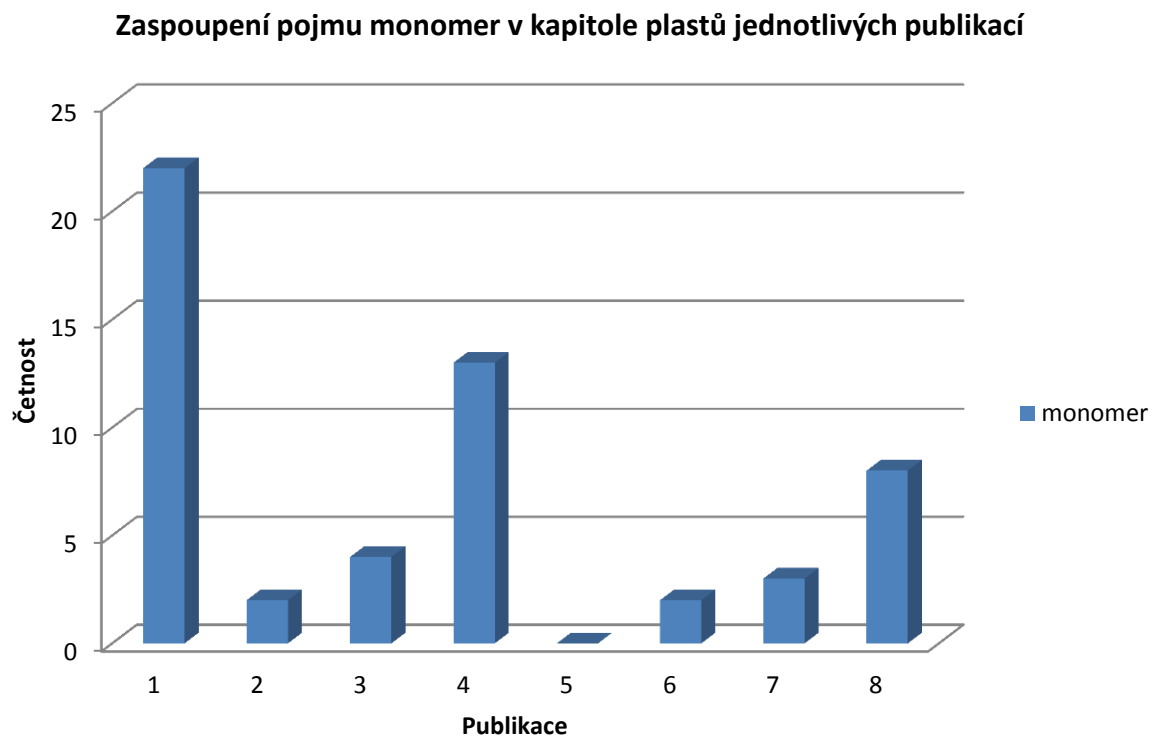
Z výsledků je patrné, že na školách nejvíce využívané učebnice *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl* a *Chemie II pro gymnázia* nejsou v oblasti syntetických makromolekulárních látek dostatečně obsáhlé, a tak připravovaný materiál může vhodným způsobem obě tyto publikace doplnit.

**Tab. 4 Přiřazení k jednotlivým publikacím číslo, pod kterým vystupují v následujících grafech**

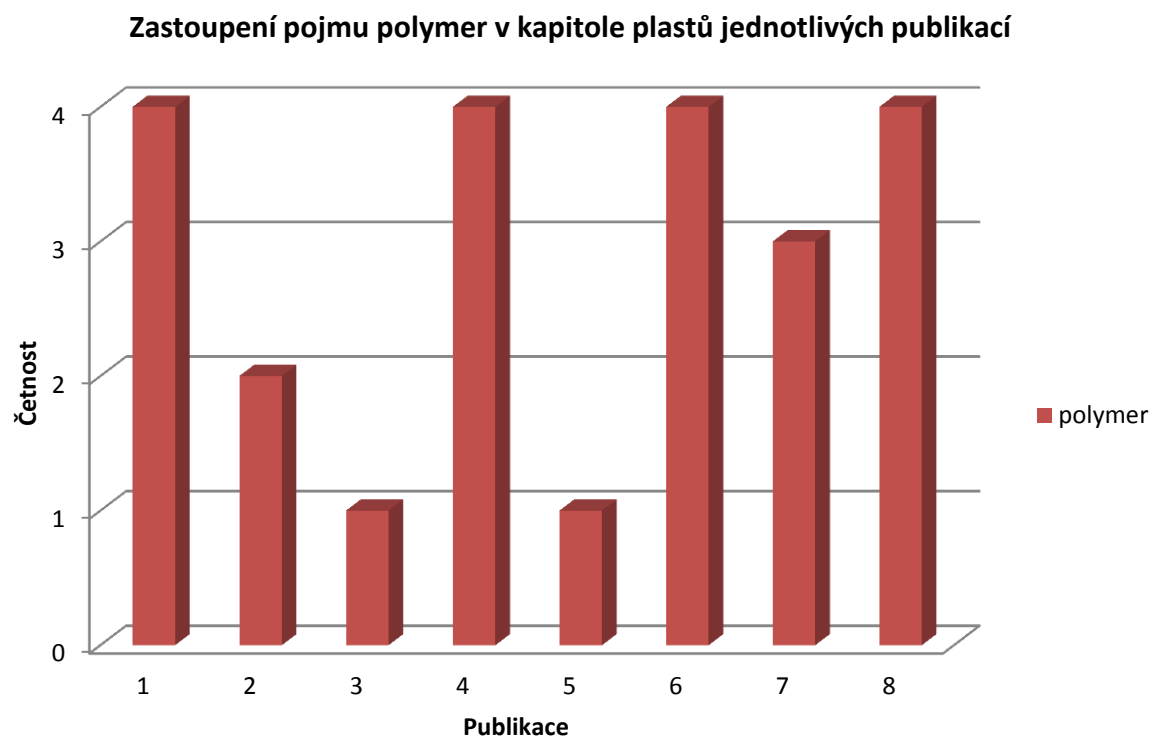
<i>Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl</i>	<i>Chemie II pro gymnázia</i>	<i>Chemie pro střední školy</i>	<i>Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy)</i>	<i>Chemie II pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií</i>	<i>Přehled středoškolské chemie</i>	<i>Chemie v kostce II pro střední školy</i>	<i>Odmaturuj z chemie</i>
1	2	3	4	5	6	7	8



**Graf 2 Četnost pojmu monomer**

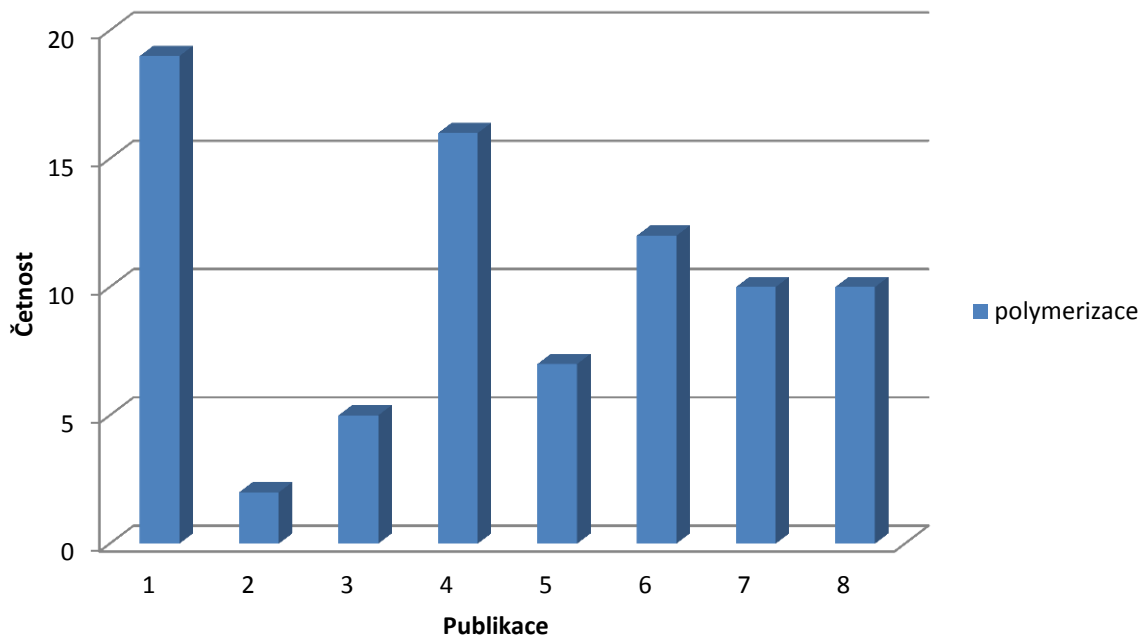


**Graf 3 Četnost pojmu polymer**



## Graf 4 Četnost pojmu polymerizace

Zastoupení pojmu polymerizace v kapitole plastů jednotlivých publikací



## VII. Výukový text

### VII.1. Syntetické makromolekulární látky

Syntetické makromolekulární látky (plasty) jsou v posledních několika desetiletích nedílnou součástí našeho každodenního života. Asi není daleko od pravdy, že plasty používáme prakticky všichni, téměř všude a po celý den i život, což naznačuje i běžný den pana N. v následujícím textu.

#### Stále ještě nejsme z plastu?

Pan N., podsaditý šedesátník, se konečně ráno vyhrabe ze svojí příkrývky obsahující dutá vlákna a s nechutí ji odhodí. Příkrývka je lehká, příjemná na omak, ale jeho moc nehřeje a za chladných rán, jako je to dnešní, si vyčítá svou neuváženost, když stará dobrá péřová deka letěla z domu. Promne oči, aby lépe viděl, ale ani to nepomáhá, proto raději sáhne po brýlích, které jsou už téměř celé z plastu, včetně obrouček i „skel“. Mohl mít skla skutečná, ale při jeho 6-ti dioptriích by byly příliš těžké a tlačily by na nose. Konečně utne nepříjemný zvuk vycházející z budíku, který ještě pamatuje doby před jeho manželstvím a rozvodem. Starý dobrý budík vyrobený z prvního plastu stále slouží, tak proč ho měnit? Z postele vklouzne do bačkor upletených od své matky z viskózní příze. Došourá se pomalu do koupelny, kde si vyčistí posledních pár zbylých zubů plastovým kartáčkem. Pastu vymačká z plastové tuby, vodu si natočí do plastového kelímku, vykloktá a nasadí zubní protézu, vyrobenou z plastu. Zbytky prošedivělých vlasů prohrábne plastovým hřebenem a odšourá se zpět do kuchyně. Na plastových hodinách, visících nad dveřmi, zjistí, že by měl zvýšit rychlost svého oblékání, protože jinak nebude včas stíhat svůj dopravní prostředek. Proto si v rychlovarné plastové konvici ohřeje trochu vody na kávu a ve spěchu ji chce vypít, přitom si pokape svoji dederonovou (silonovou) košili, kterou raději vymění za polyesterové triko. Obleče si tesilky, do ruky vezme igelitovou tašku a rozloučí se s morčetem Pepou, posledním členem rodiny, který mu zbyl po rozvodu. Ten namísto toho, aby si ho momentálně všimal, běhá v plastovém kolečku. V předsíni na linu vklouzne do bot s umělou podešví, popadne svazek klíčů s plastovými rozlišováký a vyrazí do ruchu velkoměsta. Před domem začne řešit otázku, který dopravní prostředek použít. Má se vydat na cestu automobilem zn. Trabant,

který se svou plastovou karoserií vypadá i po těch 30 letech stále zachovale, nebo se tlačít v autobusu, kde se bude držet kovové tyče potažené bužírkou? Nakonec se rozhodne pro cestu vlakem – tam ho budou plasty pronásledovat minimálně. Jaký omyl, ale to ví i on sám. Vlak opouští po zmáčknutí plastového tlačítka. V davu lidí opouští nádraží a rozhlíží se po ulici. Najednou ho něco udeří do hlavy, otočí ji tak prudce, že mu vyletí brýle z hlavy a dosednou na špinavou zem. Rychle je zvedne a zkoumá okolí hledaje útočníka. Opodál uvidí prázdnou láhev od perlivé vody, se kterou si stále pohrává vítr, který se začíná zvedat. Pan N. zavrtí hlavou nad lehkovážností některých spoluobčanů, chytne láhev, vhodí ji do blízkého kontejneru na plasty a zkontroluje čas na svých hodinkách. Není na co čekat, loudavým krokem se vydává do svého zaměstnání, cestou míjí prodejnu pekařství, ve které prodavačka vkládá zákazníkovi několik rohlíků do mikrotenového sáčku. Chvilí přešlapuje u semaforu, až mu zelený panáček na plastovém podkladu povoluje přejít ulici. Poněkud unaven otvírá dveře dílny, kde pracuje. Převléká se do montérek s příměsí uhlíku a zapíná stolní počítač (PC), plastová skříň PC trochu rezonuje, to dělá vždy, když se rozbíhá pevný disk. Vzápětí pan N. vkládá do počítače CD disk (také z plastu) a spouští program. Přes plastové okno s plastovým sklem se dívá na obrovský sál, kde se pomocí vyspělé techniky třídí všechny plasty. Čas plyne a pomalu nastává doba oběda. Pan N. zastavuje proces třídění plastů, obléká si silonový plášť a odchází na svůj oblíbený oběd. Těší se na ovocné knedlíky servírované na plastovém tácu a na horké kakao v hrníčku s plastovým podšálkem. Při odchodu z výborného oběda potká sekretářku ředitele, očividně s novým silikonovým poprsím. V útočišti své malé kanceláře si vychutnává na svém oblíbeném plastovém křesle posledních několik nerušených chvil. Zazní klakson a idyla končí, opět se roztáčí plastové datové médium a nabíhá nový pracovní proces třídění. Plastové zátky do kontejneru č. 1, mikrotenové sáčky do kontejneru č. 2, atd., atd. Na stole drnčí telefon, pan N. zvedá plastové sluchátko a něco se snaží vysvětlit osobě na druhém konci. Hovor končí, třídící linka se pomalu zastavuje. Dnešní směna končí, několik stovek tun plastů našlo svůj cíl a může opět po dalších úpravách dál sloužit. Pan N. svléká montérky, do ruky bere dózu z plastu s mýdlem a odchází do sprchy. Cestou domů telefonuje z mobilního telefonu, který je více z plastu, než z čehokoliv jiného. Po ukončení hovoru zasouvá plastový žeton do košíku, okamžitě zamíří k chlazenému jídlu v PVC misce, u pečiva přihodí jeden rohlík a cestou k pokladně se ještě staví pro láhev piva. Když konečně

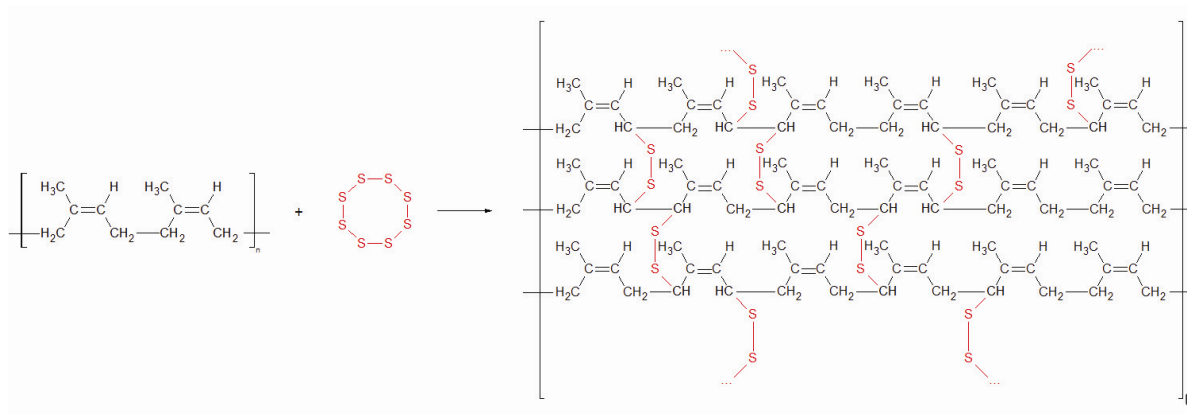
stojí ve frontě, začíná po kapsách hledat nějaké peníze, ale nemá ani korunu. Nezbyvá než vytáhnout barexovou peněženku, v které má všehovšudy třicet korun a plastovou VISU. Prodavačka při pohledu na nákup a kartu protočí oči, popadne ji a čeká, než pan N. vyťuká svůj PIN, přitom poklepává na terminál svými umělými rudě nalakovanými nehty. Jen vyčkal jednu frontu, čeká v další. Autobusové nástupiště k příměstské dopravě je nacpané k prasknutí a pan N. se ptá sám sebe, kam všichni jedou. U zastávky zastaví autobus a lidé se cpou k předním dveřím, jen taktak, že mu z ruky nevyrazili připravenou plastovou OpenCard. Patříčně unaven vchází do svého prázdného bytu, rozsvěcí si plastovým vypínačem, tašku odkládá do kuchyně na plastový ubrus a večer si nechává ohřát v mikrovlnné troubě. Mezitím si zapíná LCD televizor, kde právě běží fotbalový zápas na umělé trávě. Při pohledu na fotbalisty ho začíná bolet koleno, se kterým v horizontu několika let bude muset jít na operaci. Čas je neúprosný a ani bláznění za plastovým míčem se svým osmiletým vnukem mu nepřidalo. Od sledování hry ho vyruší pípání z mikrovlnné trouby. Ke guláši si otvírá pivo v plastové láhvi a na plastové lince si krájí včerejší chleba. Na plastový táč přidává plastovou skleničku a příbor a vydává se do obývacího pokoje, kde při jídle pozoruje hru, kterou v půl osmé přepne plastovým dálkovým ovladačem, aby zjistil, co se stalo v moderním plastovém světě. Z televize se rozléhá hlas moderátorky, která ohlašuje, že konečně byli nalezeni horolezci, kteří se ztratili před týdnem v Alpách a jen díky jejich lehkému nepromokavému vybavení s dobrou tepelnou izolací byli schopni přežít. Pan N. zavrtí hlavou a poslouchá dál. „Další zpráva může někoho pobavit, ale není to vtip...“ prolomí ticho hlas moderátora „...několik nemocnic hlásí, že mají nedostatek plastových transfuzních a infuzních souprav a jednorázových plastových rukavic. Místo těchto věci jim byly zaslány silážní plachty (PE) a mučovací textilie (PP).“ Pan N. vybuchne smíchy, odebírá se odnést odpadky a vzít si sušenku v plastovém obalu, na kterou dostal chuť. Cestou zpět usedá ke svému PC, aby se podíval, jestli mu někdo neposlal e-mail. Při psaní hesla si nadrobí do plastové klávesnice. Před ním se objeví nový virtuální svět. Na ploše má fotku svého vnuka, která je vyfocená plastovým digitálním fotoaparátem, fotografii z toho samého dne, kde ho má se svým synem a snachou, vytiskl na plastové tiskárně a teď je vystavená za plexisklem. Začíná zívát. V rychlosti zkontroluje e-mail, nic zajímavého, jen několik výhodných nabídek na plastová optická vlákna, nafukovací kola proti proleženinám a leták na výprodej v Outletu. E-mail

s vtipem o ženě, která nechtěla nastoupit do letadla poté, co jí vnuk řekl, že jeho komponenty jsou také z plastu. Normálně by se tomu asi zasmál, ale po dnešním těžkém dnu už ne, jediné po čem touží je, dostat se do postele. Popadne ovladač a chce vypnout televizi, když ho zastaví hlas moderátorky, která právě ohlašuje, že v dnešní době i mnozí muži podstupují plastické operace. Pan N. vypne televizi i počítač a směřuje do koupelny, kde dnes již podruhé použije plastový kartáček. Při pohledu do zrcadla se začne pozorovat a zkoumá, jestli jsme opravdu ještě z masa a krve. K jeho úlevě ano. Bez zubů v pyžamu se jde podívat na poslední živou bytost, které nepřipadá jako podivín. Pepa chroupe svůj list, který mu dal před třemi hodinami. Když ho Pepa zmerčí, podívá se na něj a pan N. by nedal nic za to, že mu říká, že ten list je „umělej“. S „Dobrou, kamaráde“, odchází do své prochládlé postele, kde na něj čeká „deka mrazilka“, jak důvěrně říká dece s dutým vláknem. Před tím, než odloží své lehké plastové brýle, si nařídí budík a konečně po dlouhém vyčerpávajícím dni se zavrtá pod deku, kde si nechá zdát o dalším plastovém světě.

## **1. Něco málo z historie, aneb od Mayů až po současnost**

S polymerními materiály se člověk setkával prakticky od nepaměti. Nicméně si neuvědomoval, že se setkává s polymery. Pokud bychom tedy chtěli datovat počátek využívání polymerů lidmi, bude to maximálně obtížné. Vzhledem k tomu, že nejsme historici, můžeme si dovolit začít využitím přírodního kaučuku. Jeho nedostatek na přelomu 19. a 20. století totiž způsobil, že bylo nutné hledat alternativy k tomuto materiálu nebo ho syntetizovat uměle. To přinutilo člověka ke studiu jeho struktury a podstaty, a to ve svém důsledku vedlo k pochopení podstaty makromolekulárních látek a jejich funkce a bouřlivému rozvoji. První kontakt Evropanů s přírodním kaučukem sahá do doby Kryštofa Kolumba. On a jeho námořníci na konci 15. století pozorovali americké domorodce při hraní s pružným míčem, který byl vyrobený z mízy stromů zvaných *Hevea brasiliensis*. Mohlo by se zdát, že američtí domorodci jsou první uživatelé polymerního materiálu, ale je prokázáno, že už téměř 1 000 let před nimi znali tento míč i Mayové. Do Evropy se kaučuk dostal až po více jak dvou staletích, protože mořeplavci spíše hledali zlato a diamanty, než látku zvláštních vlastností, kterou ale v té době neuměli využívat a ani je nenapadlo, jak by to mohlo jít. Ve větší míře se

začal používat na konci osmnáctého století, kdy byl využíván jako mazací guma a kaučukovitý roztok k impregnaci<sup>1</sup> tkanin. Zhruba o čtyřicet let později Michael Faraday dokázal chemickou podstatu přírodního kaučuku, kdy zjistil, že je složený z atomů uhlíku a vodíku. Počátkem 30. let 19. století toužili Američané mít doma věci z nepromokavé guma, tím vznikaly nové firmy, aby uspokojily poptávku po tomto materiálu. Trh se přesytil, zvláště ve chvíli, kdy uživatelé zjistili, že guma v zimě zmrzla a v létě se začala rozpouštět a lepit se. To vedlo k zániku většiny firem zpracovávajících kaučuk. V té době se u jedné z „kaučukových“ firem nacházel americký chemik Charles Goodyear, který se snažil prodat svůj vynález - ventil, a poprvé spatřil přírodní kaučuk, o který se okamžitě začal zajímat. Snažil se vylepšit jeho vlastnosti a jeho vytrvalost mu přinesla ovoce v roce 1839. Kdy objevil proces vulkanizace kaučuku sírou (obr. 13), za který mu byl roku 1844 udělen patent. Tentýž objev učinil i Angličan Thomas Hancock. Některé prameny uvádějí, že Thomas Hancock objevil vulkanizaci sírou až v závislosti na získání informací od Goodyeara nebo dokonce vzorku vulkanizovaného kaučuku [44]. Každopádně, díky vulkanizaci byly odstraněny nevýhody kaučuku jako takového za různých meteorologických podmínek. Vulkanizace<sup>2</sup> je považována za mezník v používání přírodního kaučuku a výrazně přispěla k značnému rozvoji gumárenského průmyslu, protože umožnila vynález pneumatiky a tím rozvoj automobilového průmyslu.

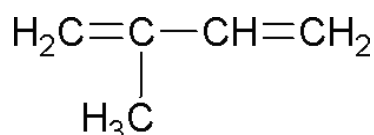


Obr. 13 Vulkanizace kaučuku sírou

<sup>1</sup> Impregnace je nasycení savých materiálů vhodnými látkami, které slouží jako ochrana před vlhkem, plísněmi, škůdci a nečistotami.

<sup>2</sup> Různé prameny uvádějí různý původ názvu vulkanizace; některé prameny jej odvozují od římského boha ohně Vulkánu, zatímco jiné uvádí, že pochází z dob, kdy se kaučuk upravoval převážně pomocí síry sopečného původu (vulkán).

První pneumatiku plněnou vzduchem sestavil a nechal si roku 1845 patentovat Angličan Robert William Thomson. Angličan Thomson přišel s tímto vynálezem příliš brzy, protože jízdnicích kol v té době bylo velmi málo a jeho patent upadl v zapomnění. Pneumatiku obdobnou té, kterou vytvořil Thomson, sestavil a nechal si roku 1888 patentovat Skot John Boyd Dunlop. Měl ale větší štěstí než Thomson, neboť v této době se již ve velkém vyráběla jízdnicí kola a začaly se objevovat první automobily. Vynález pneumatiky měl za následek rozvoj automobilového průmyslu. To ale vedlo, na přelomu 19. a 20. století, jak již bylo zmíněno, k nedostatku kaučuku, kdy jeho produkce nestačila pokrývat zvýšenou poptávku pro výrobu pneumatik a dalšího zboží. Začalo být zřejmé, že bude třeba najít alternativu ke klasické pneumatice nebo vyrábět kaučuk synteticky. K tomu bylo nezbytné využít poznatky o struktuře, vlastnostech a tvorbě kaučuku a podpořit výzkum v této oblasti. Prvním krokem bylo zjistit, z jaké látky je přírodní kaučuk sestaven. To se podařilo vypátrat již v roce 1860 Charlesi Grevillu Williamsovi, který termickou<sup>3</sup> depolymerizací<sup>4</sup> izoloval čistou látku, kterou nazval isopren. Strukturu isoprenu (obr. 14) popsal až v roce 1866 William Augustus Tilden, který se pokusil i o druhý krok, a to o zpětnou syntézu samotného kaučuku. Pokus mu vyšel jen z části, sice vytvořil jakýsi kaučukovitý polymer, ale jeho vlastnosti byly vzdálené od jeho vzoru. A tak se syntézu umělého kaučuku podařilo provést až francouzskému chemiku Gustavu Bouchardatovi, o třináct let později, v roce 1879.



Obr. 14 **Struktura isoprenu**

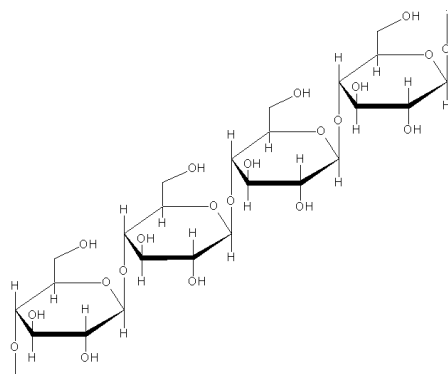
Pár let trvalo, než se podařilo zvládnout průmyslovou syntézu, avšak výrobě syntetického kaučuku už nestálo nic v cestě. Průmyslově se začal kaučuk syntetizovat na přelomu století a velmi podobně se syntetizuje i dnes. Využití syntetického kaučuku a podobných polymerních látek je v současnosti značné - již zmiňované pneumatiky, duše míčů, různé hračky, gumové zátky, gumové rohožky, tlumící díly atd.

<sup>3</sup> Termický rozklad je rozklad vlivem tepla.

<sup>4</sup> U depolymerizace jde v podstatě o rozklad kaučuku.



Polymerní látkou je také celulóza, jejíž struktura je zobrazena na obrázku 15. V současné době se průmyslově nesyntetizuje, používají se čistě přírodní zdroje. Nicméně její chemickou modifikací lze připravit řadu dalších látek zajímavých vlastností. Její nitrací Samuel Parkes roku 1862 připravil první celuloid<sup>5</sup> a Hilaire de Chardonnet vytvořil v roce 1865 první umělé hedvábí. Problém tohoto nitrátového hedvábí byla jeho snadná zápalnost, z tohoto důvodu vlákno zažilo skutečný úspěch až po objevení denitrace z již hotových vláken, kterou se snížila jeho hořlavost. V dávných dobách byla na kulečnickové koule používaná slonovina, ta ale kolem roku 1863 byla v Americe nedostatkovým zbožím, a to zejména díky válce Severu proti Jihu. V té době kulečnicková společnost Phelan and Collander slíbila odměnu 10 000 dolarů každému, kdo by přišel s materiálem, který by mohl nahradit drahou a nedostatkovou slonovinu. John Wesley Hyatt, který viděl jejich plakát, předložil v roce 1868 Phelan and Collander kulečnickovou kouli z nitrocelulosity, která sice už v dnešní době byla ve velké míře nahrazena jinými materiály, ale ve své době měla velké upotřebení, také např. na brýlové obroučky.



Obr. 15 Struktura celulosy

Henri Victor Regnault ve třicátých letech 19. století pracoval u Justuse von Liebiga, který se zasloužil o rozvoj organické chemie, syntetizoval několik chlorovaných uhlovodíků, mezi nimiž byl polyvinylchlorid, jehož průmyslová výroba začala roku 1925 v Německu. Polyethylen, další velmi významný polymer, byl poprvé syntetizován Hansem von Peckmannem v roce 1891, ale uplatnění našel až v roce 1953, kdy se začal vyrábět novým způsobem. Do té doby se vyráběl obtížně za vysokých tlaků, kdy vznikal

---

<sup>5</sup> Celuloid je sloučenina celulosy, od které je také odvozen její název, a kafru, který se používal především na fotografický film. Jeho vznik vedl k rozvoji fotografického a filmového průmyslu.

nízkohustotní polyethylen<sup>6</sup> (LDPE), novou metodou se začal připravovat tzv. vysokohustotní polyethylen<sup>7</sup> (HDPE), jehož rozmach přišel v sedmdesátých letech 20. století.

Ve 20. století dochází k bouřlivému rozvoji v oblasti přípravy a výroby syntetických materiálů. Důležitým datem je rok 1907, kdy belgický chemik Leo Hendrik Baekeland začal průmyslově vyrábět fenoplast zvaný Bakelit<sup>®</sup>, látku lehkou, nehořlavou, tepelně stálou a univerzální. Díky svým vlastnostem se začala využívat jako vynikající izolátor pro elektrická zařízení, dále byla využívána pro výrobu rádií, telefonů, hraček apod., kde nahradil kovové a dřevěné díly, čímž výrazně klesla cena výrobku. Bakelit se stal velmi populární, bohužel jeho nevýhodou byla jeho barva, která znemožňovala dělat dané výrobky v jiných barevných odstínech. To vedlo k tomu, že s nástupem nových polymerních materiálů využití bakelitu postupem doby klesalo.

Během první světové války roku 1914 se začal v Německu průmyslově vyrábět polydimethylbutadien a zpracovával se na tvrdou pryž, tzv. ebonit<sup>8</sup>, ze kterého se vyráběly akumulátory do ponorek.

V průběhu 20. let 20. století se začínají syntetizovat první konstrukční plasty<sup>9</sup> jako jsou kopolymery<sup>10</sup> styrenu s maleinanhydridem. Průmyslově se začínají využívat polyvinylchlorid, alkylové pryskyřice, močovinoformaldehydové lisovací hmoty, polysulfidované kaučuky a průmyslově se zpracovává přírodní latex na pěnové pryži.

Rok 1931 přináší přípravu vláken z polyvinylchloridu a průmyslové využívání chloroprenového kaučuku. Roy Plunkett, vědec v laboratořích firmy Du Pont, vytvořil v roce 1936 polymer, který byl o deset let později zaregistrován pod obchodní značkou Teflon<sup>®</sup>, který je samomazný, odolný vůči mnoha chemikáliím, UV záření, tepelně stálý s vynikajícími optickými vlastnostmi, ale poměrně drahý. První polyamidové vlákno bylo vyrobeno v roce 1938 Wallacem Carothersem, kdy se američtí vědci snažili vytvořit materiál, který by vhodným způsobem doplnil či nahradil bavlnu a len, materiály, které opotřebovávaly nošením a praním. Nylon se stal v roce 1939 velkým komerčním hitem, a to převážně u žen v podobě nylonek, které nahradily punčochy z nitrocelulosity. Ovšem v roce 1941, kdy Spojené státy

---

<sup>6</sup> Nízkohustotní polyethylen (LDPE) bývá označován igelit.

<sup>7</sup> Vysokohustotní polyetylen (HDPE) bývá lidově nazýván mikroten, podle obchodního názvu HDPE fólie.

<sup>8</sup> Ebonit je tvrdá a křehká hmota tmavé barvy, která vzniká vulkanizací síry (kolem 20-30%).

<sup>9</sup> Konstrukční plasty jsou plasty, které se podílejí např. na konstrukci letadel, aut, radia, atd.

<sup>10</sup> Kopolymery jsou polymery tvořené ze dvou a více odlišných řetězců.

americké vstoupily do 2. světové války, veškerá produkce nylonu směřovala do vojenského využití (padáky, pneumatiky, stany, lana atd.) a nylonky se tak staly velmi ceněným zbožím. I po objevení nylonu se nadále pokračovalo v hledání nových vláknitých materiálů, sám W. Carothers se pokoušel vytvořit vlákna na bázi polyesterů, ale po nějaké době to vzdal a vrátil se zpět k výzkumu polyamidů. Zatím John Rex Whinfield a James Tennant Dickson pokračovali ve výzkumu polyesterů, a v roce 1941 se jim podařilo kondenzační reakcí vytvořit polyethylentereftalát (PET).

V druhé polovině 20. století se výroba všech plastů velmi rychle rozrůstá, a to především zásluhou objasnění struktury polymerních látek. Češi mohou považovat za významný rok 1961, kdy český chemik Otto Wichterle vytvořil první měkkou kontaktní čočku na přístroji sestaveném ze stavebnice Merkur a zapsal se tak do historie polymerních látek. Firma Shell v roce 1962 rozpracovala blokové kopolymery butadienu a styrenu, které vedly k přípravě termoplastických elastomerů (SBS) a firma Bayer v roce 1970 rozvíjí termoplastické elastomery na polyuretanové bázi.

Syntetické makromolekulární látky nahradily či nahrazují v určitých oblastech takové materiály jako jsou dřevo, kovy, sklo či keramika. Jejich velkou výhodou jsou jejich variabilní vlastnosti (lehkost, pevnost, tvarovatelnost a odolnost), které jsou systematicky určovány výběrem monomerů, mechanismů reakce a vlivy působící při syntéze. Jak už bylo na začátku řečeno, polymery se staly součástí našeho každodenního života kolem nás. Stačí se rozhlédnout.

Na závěr několik čísel týkající se světové spotřeby kaučuku během posledních let. V roce 2007 činila spotřeba 233 milionů tun, v roce 2008 činila cca 227 milionů tun, v roce 2009 činila 207,3 milionů tun a v roce 2010 by se mělo opět zvýšit na cca 220,4 milionů tun [45].

## **2. Začít od Adama, tedy od základních pojmů**

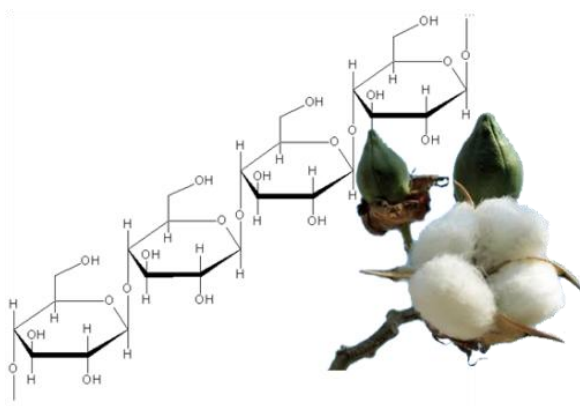
Na začátek bychom si měli vysvětlit několik základních pojmů, které jsou ve spojitosti s makromolekulárními látkami velmi důležité a bez kterých bychom se v makromolekulární

chemii neobešli. Při výuce základních pojmů lze využít „céček“, aby žáci získali vhodnou představu o polymerech (použití místo modelů).

*Makromolekulární chemie je chemický vědní obor zabývající se přípravou, strukturou a vlastnostmi makromolekulárních látek a soustav, v nichž jsou řetězovité polymery jednou z hlavních složek (roztoky a různé směsi) [46]. Zjednodušeně můžeme říci, že makromolekulární chemie se zabývá makromolekulárními látkami.*

**Makromolekulární látky (MML)** jsou molekuly tvořené mnoha atomy uhlíku, vodíku, kyslíku, často také dusíku, chloru, fluoru a jiných prvků. Slovo makromolekula je složené z předpony *makro-* odvozené z řeckého „*makros*“ (*velký*) a ze slova *molekula*, tedy *velká molekula*, jejich molekulové hmotnosti jsou desítky až stovky tisíc.

MML můžeme rozdělit podle původu na přírodní a syntetické. Přírodní MML ještě dále můžeme rozdělit na *původní* v přírodě se vyskytující sloučeniny, jako je celulóza (jejíž struktura je znázorněna na obr. 16), bílkoviny, škrob, přírodní kaučuk a mnoho dalšího a *modifikované* chemicky upravené původní MML, mezi nejznámější patří nitrocelulóza (střelný prach), xantogenát celulosy (viskózní vlákno - textil) a acetylcelulóza.



Obr. 16 **Přírodní původní polymer** - celulóza

**Syntetické MML** jsou látky v přírodě neexistující, které se připravují chemickou reakcí. Mezi tyto látky patří např. polyvinylchlorid (PVC; obr. 17), polypropylen (PP), polystyren (PS) a mnoho dalších.



Obr. 17 **Syntetický polymer** – páska z PVC

V makromolekulární chemii se častěji než makromolekulární látka používá pojem **polymer**, slovo odvozené z řecké předpony „*poly-*“ („*mnoho*“) a „*meros*“ („*část*“), tedy „mnoho částí“. Během zpracování se polymery často nacházejí v kapalném stavu, ve kterém také získávají svůj tvar. Polymery jsou tvořeny při polyreakci z nízkomolekulárních látek, tzv. monomerů. **Monomer** je pojem tvořený z řecké předpony „*mono-*“ („*jedna*“) a „*meros*“ („*část*“), tedy „jedna částice“. O monomeru můžeme říci, že je nízkomolekulární látka<sup>11</sup>, která vstupuje do polyreakce, kde se stává monomerní jednotkou, která se pravidelně opakuje v polymerním řetězci. Monomerní jednotka, označována také jako „*mer*“, je ta část monomeru, kterou přispěl monomer do polymerního řetězce. Jakýsi přechod mezi monomerem a polymerem tvoří oligomer. **Oligomer** je v podstatě polymer s velmi nízkým počtem monomerů v řetězci. Obvykle je tvořen 10-20 monomery, obdobně jako v případě ostatních pojmů jde o složené slovo z řecké předpony „*oligos-*“ („*několik*“) a „*meros*“ („*část*“), tedy „několik částí“. Oligomery vznikají při polyreakcích a jsou převážně kapalné a viskózní. Pojem polymer někdy bývá zaměňován s pojmem plast. Někdy jde o totéž, ale obecněji je za plast považován vícesložkový konstrukční a technický materiál, pokud tedy polymer není určen k technickému zpracování, neměli bychom ho nazývat plastem. **Polymerizační stupeň makromolekuly** (*n*) udává počet merů v polymerním řetězci makromolekuly

Chemická reakce, při které vznikají z monomerů či oligomerů polymery, se nazývá **polymerizace**. Protisměrná chemická reakce, při které dochází ke štěpení polymeru na menší polymery, oligomery či monomery, je **degradace**. Taková degradace, jejíž hlavním produktem je monomer, je depolymerizace. Aby nedocházelo k samovolné polymerizaci či depolymerizaci používají se nízkomolekulární látky, tzv. *stabilizátory*.

Chemickou reakcí, kdy vstupuje do reakce pouze jeden monomer, vzniká **homopolymer**. Příkladem může být polymer, kdy polymerizací etylenu vzniká polyetylen. V přírodě bychom mohli taky najít homopolymery, příkladem mohou být celulóza nebo škrob, které jsou složeny výhradně z glukosy, která je v tomto případě merem. **Kopolymery** oproti homopolymerům jsou tvořeny ze dvou a více odlišných monomerů. Příkladem mohou být nylon, polyuretany, fenoplasty, epoxidové pryskyřice. I v přírodě bychom našli

---

<sup>11</sup> Nízkomolekulární látka je látka o malé molární hmotnosti (voda, amoniak, chlorovodík, apod.)

kopolymery jako proteiny, DNA, RNA. U těchto látek má smysl určovat pořadí stavebních jednotek, jelikož toto pořadí je důležité pro náš život.

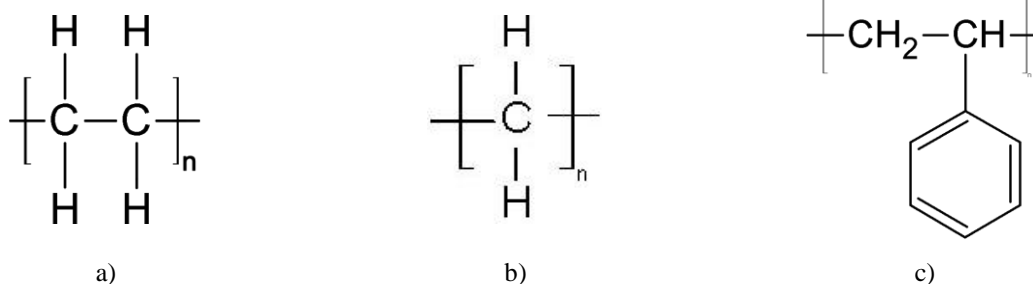
Syntetické MML můžeme dělit z několika hledisek, podle typu reakce (polymerizaci, polykondenzaci a polyadici), tvaru molekuly (lineární, rozvětvený, zesíťovaný a prostorově zesíťovaný) a chování při zvyšování teploty (termoplasty a termosety).

### **3. Struktura, aneb vzhůru do světa polymerů**

Struktura polymerních látek je velice složitá. To dokazuje i skutečnost, že její problematika byla vyřešená až na počátku druhé poloviny 20. století, kdy již byly dostatečně vyspělé analytické, fyzikálně-chemické a fyzikální metody určování struktury. V současné době vědci uvádějí čtyři základní úrovně struktury polymerních látek: kovalentní, stereochemickou, konformační a nadmakromolekulární.

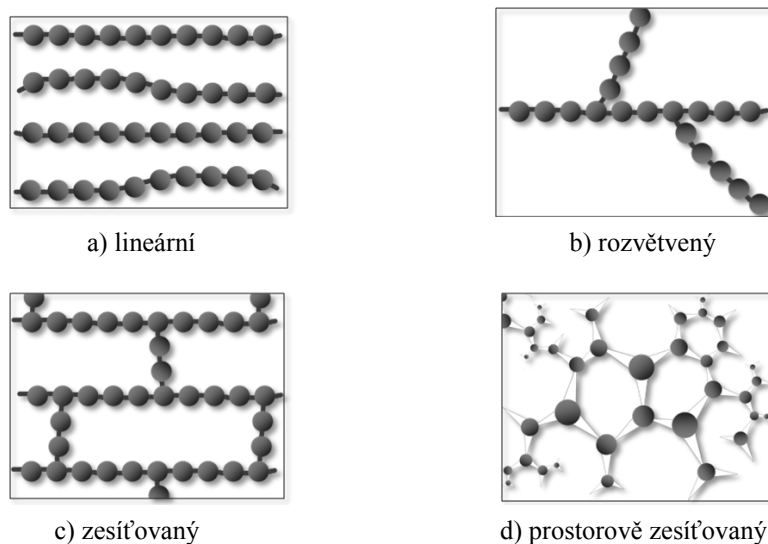
#### **3.1. Kovalentní struktura**

*Kovalentní (popř. primární) struktura polymerů zahrnuje základní informace o chemické stavbě makromolekulárních řetězců [46]. Informuje o tom, jaké monomery do reakce vstupují, jaké je jejich pořadí ve vzniklém polymeru a jaké jsou jejich geometrické typy. Informace o složení polymeru je důležitá, protože zařazením jiného monomeru do řetězce může vzniknout polymer se zcela jinými vlastnostmi. U polymerů lze určit stavební jednotku a základní strukturální jednotku. Zatímco stavební jednotka je pravidelně se opakující část molekuly, která má stále stejné chemické složení (monomerní část řetězce, nebo pospojované monomery při kopolymerizaci), základní strukturální jednotka je nejjednodušší uspořádání stavebních jednotek ve struktuře makromolekuly. U většiny polymerů je základní strukturální jednotka totožná se stavební jednotkou, jak je patrné na obrázku 18 u polypropylenu a polystyrenu.*



Obr. 18 a) **Stavební jednotka** b) **Základní strukturální jednotka** c) **Stavební a základní strukturální jednotka**  
 Především u proteinů, DNA a RNA je významné přesné pořadí stavebních jednotek v polymeru. Pokud by u těchto látek došlo k zařazení chybné stavební jednotky, ani jedna z uvedených látek by nepracovala správným způsobem.

Vlastnosti může ovlivnit i **geometrický typ**. Mezi základní geometrické typy patří *lineární*, *rozvětvený*, *zesíťovaný* a *prostorově zesíťovaný*, dále ještě může být *katetanový*. Při lineárním uspořádání jsou základní stavební jednotky stavěny za sebou jedním směrem, u rozvětveného vznikají příčné spoje mezi lineárními řetězci, pokud vznikají příčná spojení mezi všemi lineárními řetězci, vzniká zesíťovaný polymer. Dochází-li ke spojům v prostoru, vzniká prostorově zesíťovaný polymer. Všechny tyto čtyři typy jsou znázorněny na obrázku 19.

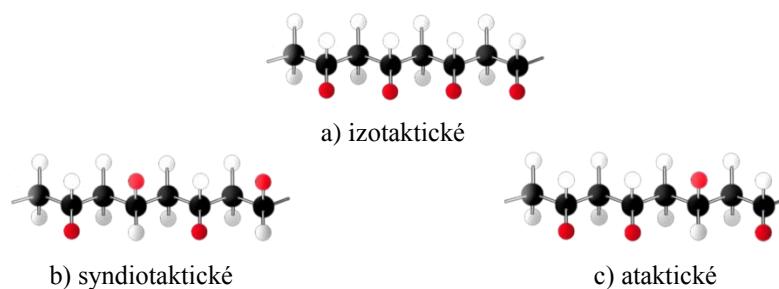


Obr. 19 **Geometrické typy polymerů**  
 Nakresleno podle [46]

### 3.2. Stereochemická struktura

*Stereochemická (sekundární) struktura polymerů zahrnuje problematiku vzájemné orientace sousedních stavebních jednotek a stereochemické konfigurace makromolekulárních*

řetězců polymerů, tzv. takticitu makromolekulárních řetězců [46]. Lze říci, že pomocí stereochemické struktury se např. dozvíme, jak k sobě byly připojeny jednotlivé molekuly styrenu, jestli jsou jeho benzenová jádra navázány na uhlíky vedle sebe nebo mezi nimi je jeden uhlík a kde se vůči rovině proložené lineárním řetězcem nachází. Pokud je orientace substituentů do jedné poloviny, jsou tyto struktury označovány jako *izotaktické*. Pravidelné střídání substituentů je *syndiotaktické* uspořádání a pokud je uspořádání zcela náhodné, pak se jedná o strukturu *ataktickou*. Takticita makromolekulárních řetězců je zobrazena na obrázku 20.



Obr. 20 Takticita makromolekulárních řetězců. Červené kuličky představují navázané substituenty (benzenové jádro u PS, chlor u PVC, atd.)  
 Nakresleno podle [46]

### 3.3. Konformační struktura

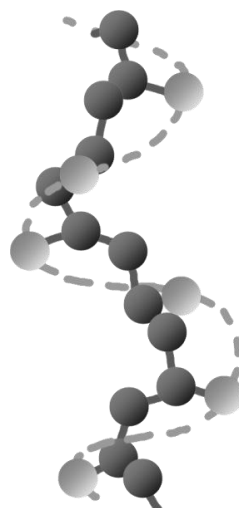
*Konformační (terciární) struktura polymerů se týká celkového tvaru jednotlivých makromolekulárních řetězců. Je to takové prostorové uspořádání jednotlivých molekul, které mohou měnit v důsledku rotací jejich jednotlivých částí kolem jednoduchých chemických vazeb těchto molekul [46].*

U lineárního řetězce exponenciálně stoupá počet možných konformačních struktur s počtem jednoduchých vazeb v jeho základním řetězci, a to podle vztahu  $N_{\text{kof}} = 3^{(n-3)}$ , kde  $n \geq 3$ .

Konformační struktury můžeme rozdělit podle jejich uspořádanosti na pravidelnou a nepravidelnou konformaci.

Pravidelné konformace lze dělit na spirálové, napřimené, a skládaného listu. *Spirálová konformace* (obr. 21) je stabilizována přitažlivými interakcemi mezi stavebními jednotkami, které jsou umístěny na sousedících závitech spirály. Pokud jsou tyto interakce dost silné, zůstávají řetězce ve spirálovém uspořádání i po převedení do roztoku (příkladem mohou být přírodní makromolekulární látky – bílkoviny).





Obr. 21 **Spirálová konformace**  
Nakresleno podle [46]

U nepravidelné konformace je nejběžnější *statistické klubko* (obr. 22), které si můžeme představit jako smotanou nitku.



Obr. 22 **Statistické klubko**  
Nakresleno podle [46]

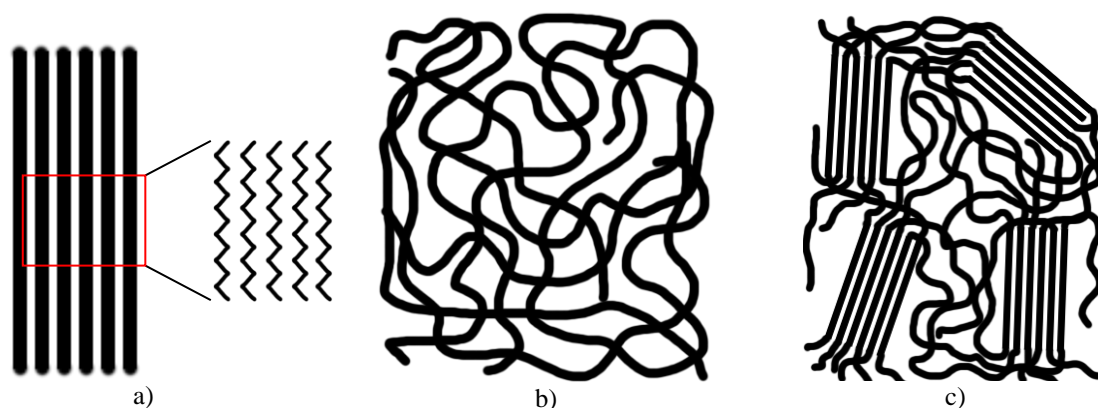
Polymer nemá stále stejnou konformaci, od určité teploty může dojít k samovolnému přechodu ze spirálové konformace do konformace statistického klubka.

### **3.4. Nadmakromolekulární struktura**

*Nadmakromolekulární (kvartérní) struktura polymerů zahrnuje informace o uspořádání makromolekulárních řetězců v tuhých i kapalných polymerech a v asociátech makromolekul [46].*

Polymery mají v pevném stavu velice rozmanitý vzhled i vlastnosti. Příkladem mohou být různé fólie o stejné tloušťce: mohou být průsvitné, mléčně zakalené (PE) nebo zcela transparentní (polyethylentereftalát PET), křehké (PS) nebo se mohou vyznačovat vysokou

pevností (PA). Tyto rozdílné vlastnosti úzce souvisí s nadmakromolekulární strukturou polymeru, tedy se vzájemným uspořádáním molekul v polymeru. O možnosti uspořádání makromolekul rozhoduje jejich chemická struktura (konstituce a konfigurace). Kromě toho mají vliv i vnější podmínky, které působí na polymer. Nadmakromolekulární struktura může být uspořádaná (krystalické polymery), neuspořádaná (amorfní polymery) nebo částečně krystalická (částečně krystalické polymery), jednotlivé typy jsou zobrazeny na obrázku 23.



Obr. 23 Nadmakromolekulární struktura  
a) krystalický b) amorfní c) částečně krystalický  
Nakresleno podle [46]

## 4. Vlastnosti syntetických polymerů

Vlastnosti polymerů závisí na mnoha faktorech. Mezi ně patří velikost polymeru, tvar polymeru, velikost navázaného substituentu, poloha substituentu, typem vazby v řetězci a mezimolekulární přitažlivé síly.

### 4.1. Velikost polymeru

Velikost polymeru je dána polymerizačním stupněm ( $n$ ), který udává počet monomerů v polymeru. Během polymerizace vznikají různě velké polymerní řetězce (např. v nějakém polymeru mohou být polymerní řetězce v rozmezí 10 000 - 15 000). Takový polymer se směsí různě velkých polymerních řetězců se označuje jako polydisperzní. Existují i tzv. monodisperzní směsi, které jsou tvořeny zhruba stejně velkými polymerními řetězci. Jejich příprava je ale přirozeně časově i finančně náročná. Po dosažení určitého polymerizačního stupně se už vlastnosti polymeru nemění. Všechny tyto aspekty vedou

k tomu, že až na několik výjimek se polymery vyskytují v podobě směsí polydisperzních. Z těchto důvodů polymerizační stupeň není jediné číslo, ale interval hodnot. To vše ale neznamená, že se odborníci v praxi nezajímají o podíl různě dlouhých řetězců v polymerní směsi. Vyšší podíly krátkých i příliš dlouhých řetězců mohou vést ke změně vlastností (praskání, zapletení řetězců, atd.), čemuž je často třeba zabránit.

S polymerizačním stupněm souvisí molární hmotnost polymeru. Čím je hodnota polymerizačního stupně vyšší, tím je vyšší i molární hmotnost. Stejně jako polymerizační stupeň, tak i molární hmotnost ovlivňuje mechanické vlastnosti. Polymery s nižší molární hmotností jsou kapalné, lepkavé a často rozpustné v organických rozpouštědlech. Proto se tyto polymery používají jako nátěrové laky a patří mezi ně hlavně epoxidové pryskyřice a polyuretanové laky. Prodlužováním řetězce se polymer stává pevnější, méně rozpustný a odolnější vůči vyššímu tlaku. Tyto polymery se používají jako obalové materiály, hračky, kuchyňské předměty a mnoho dalšího. Dalším prodlužováním řetězce vznikají polymery tuhé konzistence s vysokými hodnotami molekulových hmotností, které komplikují další zpracování. To vede k výběru vhodné molekulové hmotnosti, která zajišťuje jak dobré mechanické vlastnosti, tak dobré zpracování.

Jak bylo zmíněno, vlastnosti polymeru se proměňují do určitých hodnot polymerizačního stupně, popř. molekulové hmotnosti, poté se už vlastnosti nemění. Možnost používat intervaly polymerizačních stupňů jsou dány tím, že v dlouhém několikatisícovém řetězci se přidáním několika monomerních jednotek (i stovek) celková hmotnost změní téměř nezřetelně, nezřetelně se tedy změní i vlastnosti.

Jak už bylo zmiňováno, vlastnosti polymerů můžeme určit výběrem typu polymerizace a podmínek, za kterých polymerizace probíhá. Jako příklad lze uvést vysokotlaký a nízkotlaký polyethylen (PE). Vysokotlaký (nízkohustotní) LDPE je připravován radikálovou polymerizací a vzniká rozvětvený polymer o nízkých molekulových hmotnostech. Nízkotlaký (vysokohustotní) HDPE je připravován koordinační polymerizací a vznikají lineární nebo jen málo rozvětvené řetězce o vysokých molekulových hmotnostech (30 000 – 200 000). Vysokohustotní PE z velké části krystalické polymery, pevnější a mechanicky odolnější při větším spektru tlaků než vysokotlaký PE. Z vysokohustotního PE se tak mohou vytvářet tenké a pevné fólie (materiální a energetické úspory).

## 4.2. Tvar polymeru

Polymery tvořené lineárními řetězci jsou obvykle dobře tavitelné (termoplastické vlastnosti) s dobrou zpracovatelností. V tuhém stavu houževnaté. Polymery často krystalizují. Takovéto polymery (PE, PP) se používají na dětské hračky, karoserie aut, obaly na krémy, a mnoho dalšího.

Vlastnosti rozvětvených řetězců jsou závislé na velikosti a počtu bočních řetězců. Zvyšující se počet bočních řetězců snižuje hustotu polymeru a propustnost pro plyny, polymery jsou měkčí, ohebnější, transparentnější, zhoršuje se pohyblivost molekul (tekutost taveniny). Vše je způsobeno bočními řetězci, které oddalují sousední řetězce, čímž se snižuje počet mezimolekulárních přitažlivých sil. Takové polymery (polymethylmetakrylát PMMA, PS), v dnešní době mírně upravené se používají na kontaktní čočky a náhrady skel.

Prostorově zesíťované polymery jsou nerozpustné a termosety (viz níže podkapitola 4.8).

## 4.3. Poloha substituentů

Při pravidelném střídání substituentů, tzv. syndiotaktické uspořádání, je usnadněný vznik krystalické struktury. Pak tyto polymery (např. polystyren (PS)) mají vyšší teploty tání a jsou pevné v tahu. Náhodná poloha substituentů, tedy ataktické uspořádání, téměř znemožňuje vznik krystalické struktury, vzniká tak amorfní struktura polymeru. Tyto polymery (PS, PMMA, PVC) jsou měkké a lepkavé s možným využitím na lepidla a laky. Při poloze substituentů na jednu stranu, takže izotaktické uspořádání, také usnadňuje vznik krystalické struktury. Pak tyto polymery (např. polypropylen (PP) nebo polytertafluorethylen PTFE) jsou velmi pevné.

## 4.4. Energie chemické vazby

Energie chemické vazby představuje energii mezi atomy v řetězci. Čím je vyšší, tím je polymer stabilnější. Podobná vlastnost by se mohla předpokládat i u křemíku, který je ve stejné skupině jako uhlík, ale řetězení mezi atomy křemíku je destabilizováno vzdušným kyslíkem, kdy vznikají podstatně stabilnější polymerní vazby  $-Si-O-Si-$ , tzv. silikony.

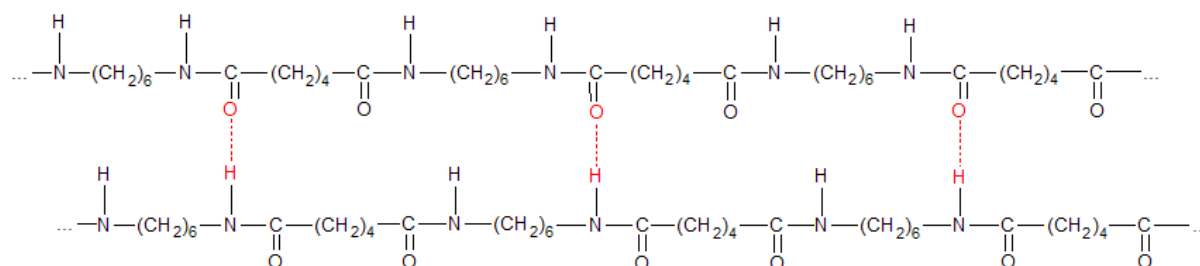
#### 4.5. Typ vazeb v řetězci

Polarita vazeb vychází z různých elektronegativit prvků, kdy dochází k posunu elektronů k elektronegativnějšímu prvku. Pokud hodnota rozdílu elektronegativit atomů nepřesahuje 0,4, pak se jedná o vazby nepolární. Polymery s nepolárními vazbami jsou nejčastější a nejstabilnější. Tyto polymery jsou výborné elektroizolanty, např. polyethylen (PE) nebo polytetrafluorethylen (PTFE).

V případě, kdy hodnota rozdílu elektronegativit atomů přesahuje 0,4, jedná se o vazbu polární, vzniká dipól. U monomerů, které mají symetrii a stejnou skupinou atomů, se vzniklé dipóly kompenzují a polymery mají stejné vlastnosti jako nepolární polymery, zatímco u polymerů, kde nejsou dipóly vykompenzovány, se zvyšuje jejich elektrická vodivost, ale jsou málo odolné vůči chemickým sloučeninám.

#### 4.6. Mezimolekulární přitažlivé síly

Působí mezi jednotlivými řetězci (např. vodíkový můstek – příkladem je bílkovina; obr. 24) a zvyšují jejich odolnost (např. polyamidy). U lineárních řetězců je prostorová struktura stabilizována velkým počtem mezimolekulárních přitažlivých sil, což způsobuje zvýšení hustoty polymeru, propustnost pro plyny, pevnost a menší ohebnost. U rozvětvených polymerů se s rostoucím počtem bočních řetězců prostorová struktura stabilizuje menším počtem mezimolekulárních sil, což má za následek snižující se hustotu, propustnost pro plyny, polymery jsou měkčí, ohebnější, transparentnější a zhoršuje se pohyblivost molekul.



Obr. 24 Mezimolekulární interakce – vodíkové interakce

#### 4.7. Velikost vázaných substituentů

Čím větší je poloměr atomu, tím méně jsou ohebné řetězce polymeru. Příkladem může být rozdíl mezi PE, který je lehce ohebný (plastický) oproti PS, který se nedá ohýbat (spíše se zlomí).

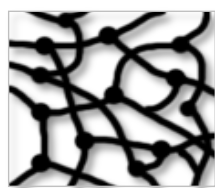
#### 4.8. Chování při zahřátí

##### 4.8.1. Termoplasty

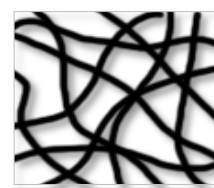
Termoplasty jsou za normální teploty tuhé polymery, které zahřátím měknou (popř. se až taví) a následným ochlazením získávají tvar, který vznikl tvarováním (při měknutí). Tento jev je vratný, tedy chceme-li u polymeru změnit tvar, zahřátím lze opět dosáhnout jeho změknutí a mechanicky jej znovu vytvarovat. Termoplasty bývají obvykle polymery lineární (obr. 25a), rozvětvené popř. zesíťované (plošně).

##### 4.8.2. Termosety (Reaktoplasty)

Termosety prvním zahřátím přecházejí nejprve do plastického stavu. Následným zahřátím se chemickou reakcí vytvrdí (konečný stav) a získávají trvalý tvar. Dalším zahřátím už se termoset chemicky nemění, při působení vyšší teploty může dojít k degradaci až zuhelnatění polymeru. Termosety jsou obvykle polymery prostorově zesíťované (obr. 25b). Na hustotě zesíťování závisí jeho vlastnosti, čím vyšší hustota, tím je polymer tvrdší a lépe snáší zvýšené teploty. Snižuje se ale jeho odolnost vůči rázovému namáhání.



a)



b)

Obr. 25 Termoplasty a termosety

a) Termoplast – lineární struktura b) Termoset – zesíťovaná struktura

##### 4.8.3. Elastomery

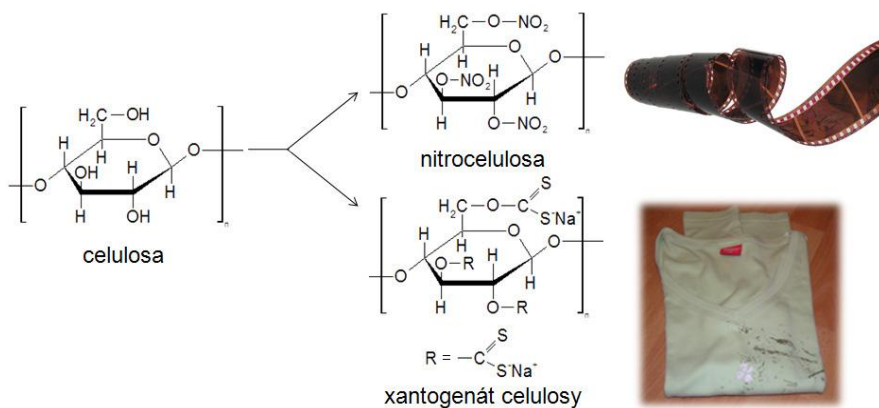
Elastomery jsou kaučukovitě pružné polymery v dosti velkém teplotním rozsahu. Po zahřátí získávají zpět původní vlastnosti. Tento cyklus lze několikrát opakovat, ale vlastnosti se postupně zhoršují.

## 5. Reakce polymerů

Polymery nepoužíváme ve většině případů v té podobě, která vznikne polyreakcí jednoho či více monomerů, ale dále upravené. V této podkapitole se dozvíme, jakých reakcí se polymery mohou účastnit.

### 5.1. Přeměna funkčních skupin

Při přeměně funkčních skupin se základní řetězec nemění, mění se pouze postranní skupiny, jak je naznačeno na obrázku 26. Příkladem mohou být deriváty celulosy: nitrocelulosa, acetylcelulosa, xantogenát celulosy, kdy změnou postranní skupiny se změní vlastnosti polymerního řetězce. Xantogenát celulosy (tzv. viskózové vlákno) je dvakrát pevnější než celulosa, používá se jako textilní materiál, který je nemačkový, dobře savý a příjemný na omak. Oproti tomu nitrocelulosa je výbušná s nízkým bodem vzplanutí (stačí jiskra, sálavé teplo nebo plamen k jejímu zapálení), je nerozpustná ve vodě. Používala se jako fotografický film a součást střelného prachu.



Obr. 26 Přeměna funkčních skupin

### 5.2. Roubování

Roubováním se hlavní řetězec nezmění, ale na tento řetězec je přidáván jiný postranní řetězec (obr. 27).





#### 5.4. Degradace (depolymerizace)

Degradace je opačný proces k polymerizaci, tedy rozklad polymerů na menší polymery, oligomery nebo až na monomery. Degradace polymeru je prakticky významná při jeho likvidaci a obvykle nežádoucí, pokud máme zájem na tom, aby polymer co nejdéle vydržel. Může probíhat jak fyzikálně tak i chemicky. V zásadě v průběhu degradace dochází k přeměně vazeb v hlavních polymerních řetězcích a tím i ke snížení polymerizačního stupně daného polymeru.

Degradace může být:

a) *Termická*, kdy zvyšování teploty vede ke štěpení těch vazeb, které nejsou odolné vůči ostrým oscilacím vyvolaným termickým pohybem.

b) *Fotochemická* (sluneční záření) spolu s oxidací, kdy fotoexcitace strukturních jednotek nebo chemických činidel značně usnadňuje a urychluje celkovou degradaci. Tedy působením např. slunečního záření dochází k štěpení vazeb.

c) *Mechanická, hydrodynamická*, kdy je výsledkem snížení podílu vysokomolekulárních funkcí v polymeru a tím i zúžení jako distribuce molekulových hmotností. Tedy dochází k rozštěpení makromolekulárních řetězců na menší částice.

d) *Ultrazvukem*, kdy ultrazvukový, vlněním lze docílit rozkmitání makromolekulárního řetězce obdobně jako při zahřívání (dochází ke štěpení prakticky stejných vazeb).

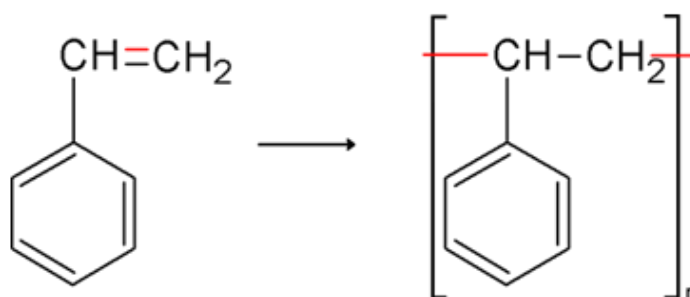
### 6. Polyreakce

Základním kritériem, jak rozdělit polyreakce, je způsob prodlužování polymerního řetězce, a to na *řetězové* a *neřetězové* (stupňovité) polymerizace. U *řetězových* polymerizací dochází k prodlužování řetězce, vždy jen o jeden monomer, zatímco u *neřetězových* dochází k připojování monomerů, oligomerů nebo kratších polymerních řetězců. Zatímco u řetězových polymerizací je nutné iniciovat, aby vzniklo aktivní centrum, u neřetězových polymerizací iniciace není nutná.

Mezi *řetězové* polymerizace patří polymerizace a mezi *neřetězové* polymerizace patří polykondenzace a polyadice.

## 6.1. Polymerizace

Polymerizace (obrázek 29) je polyreakce složená z velkého množství dílčích reakcí, při níž reagují monomery na polymer bez vzniku vedlejšího produktu. Monomer je jednoho typu, jedná se tedy o homopolymerizaci, a má ve své struktuře násobnou vazbu. Probíhá jako vícenásobná adice, při které dochází ke štěpení vazby  $\pi$  v monomeru. Polymerizaci můžeme dále rozdělit na radikálovou a iontovou.



Obr. 29 POLYMERIZACE

### 6.1.1. Radikálová polymerizace

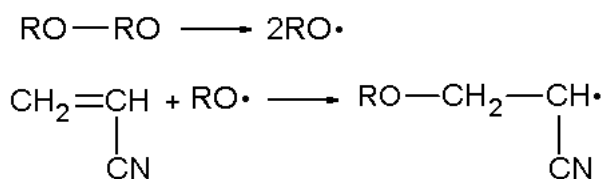
*Radikál* je částice typu atomů nebo molekul, které mají alespoň jeden orbital obsazený pouze jediným elektronem. Jedná se o částici s alespoň jedním nepárovým elektronem, která vzniká homolytickým štěpením vazby.

Monomery mají dvojnou vazbu se substituentem, která odčerpává elektrony (substituent se záporným indukčním efektem; monomery s kladným indukčním efektem téměř nereagují). Ethen (ethylén), který stojí na pomyslné hranici mezi nenasycenými monomery (nenese substituent), reaguje neochotně, jeho polymerizace probíhá za vysokých teplot (až 400°C) a tlaků (400MPa). Hůře také reagují monomery s objemnými substituenty na dvojných vazbách, které znesnadňují přístup radikálu k této vazbě, a tím zvyšují aktivační energii polymerizace daného monomeru.

Radikálová polymerizace probíhá ve třech fázích: iniciaci, propagaci a terminaci.

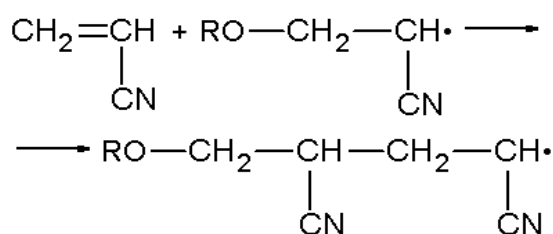
**Iniciace**, neboli zahájení, je reakce, při které vznikají radikálová aktivní centra rostoucího makromolekulárního řetězce. Probíhá ve dvou dílčích krocích. Prvním krokem je tvorba *primárního radikálu*, jehož struktura je odlišná od aktivního centra rostoucího řetězce.

Druhým krokem je tvorba *aktivního centra* rostoucího řetězce, který probíhá reakcí primárního radikálu s monomerem. Oba tyto kroky jsou ukázány na obrázku 30.



Obr. 30 Radikálová polymerizace – Iniclace

**Propagace** (obr. 31) je reakce, při které dochází k prodlužování polymerního řetězce. Jedná se o opakovanou adici radikálu na dvojnou vazbu. Rozhoduje o kovalentní a stereochemické struktuře vznikajícího makromolekulárního řetězce.

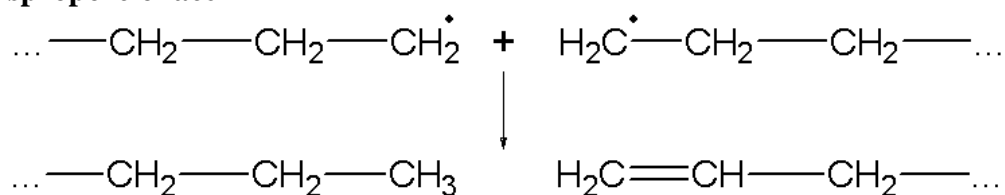


Obr. 31 Radikálová polymerizace – Propagace

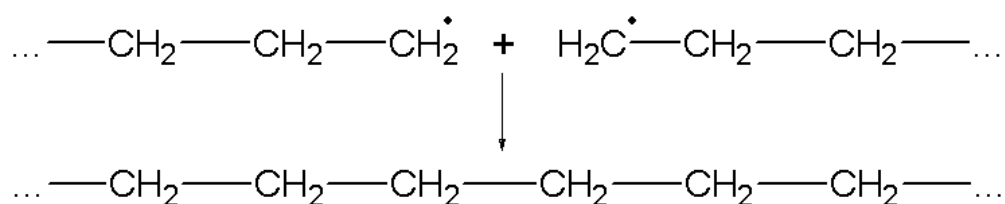
**Terminace** (obr. 32) je reakce, při které zanikají radikálová aktivní centra na koncích polymerního řetězce. Zánikem aktivních center končí i růst makromolekul. Je zřejmé, že tento krok ovlivňuje polymerizační stupeň.

Obečně probíhá jako disproportionace nebo rekombinace (spojení dvou řetězců).

a) **disproportionace**



b) **rekombinace**



Obr. 32 Radikálová polymerizace – Terminace

## 6.1.2. Iontová polymerizace

Iniciátory jsou látky schopné podlehnout heterolytickému štěpení vazby, kdy dochází ke vzniku iontů. Podle daného makroiontu rozdělit na aniontové  $\dots-M-M^-, B^+$  a kationtové  $\dots-M-M^+, A^-$ .

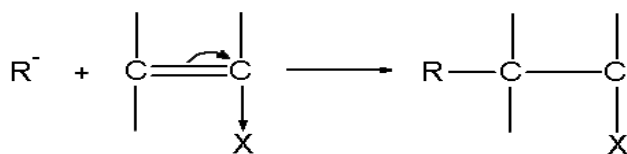
Z makroskopického hlediska jsou elektroneutrální. Vedle makromolekulárních iontů ( $\dots-M-M^-$  nebo  $\dots-M-M^+$ ) jsou v iontových polymerizačních soustavách přítomny nízkomolekulární párové ionty s opačným nábojem ( $B^+$  nebo  $A^-$ ). Makroanionty mají párové kationty a makrokationty mají párové anionty.

Aniontové polymerizaci podléhají monomery, které mají na dvojně vazbě navázané substituenty s  $-I$  efektem ( $-F$ ;  $-Cl$ ;  $-Br$ ;  $-I$ ;  $=O$ ;  $-O-R$ ;  $\equiv N$ ;  $-NH_2$ ;  $-NR_2$ ;  $=NR$ ;  $-NO_2$ ;  $-COOH$ ;  $-CO-R$ ;  $-CN$ ;  $-SR$ ; atd.), zatímco kationtová polymerizaci podléhají monomery, které mají na dvojně vazbě navázány substituenty s  $+I$  efektem ( $-Li$ ;  $-C(CH_3)_3$ ;  $-CH_2CH_3$ ;  $CH_3$ ;  $O^-$ ;  $S^-$ ; atd.).

### 6.1.2.1. Aniontová polymerizace

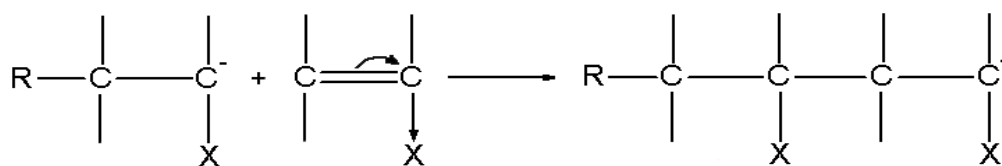
Aniontová polymerizace probíhá ve třech fázích: iniciaci, propagaci a terminaci.

**Iniciace** (obr. 33) je reakce, při které vzniká makroaniont. Iniciátory mohou být alkalické kovy, hydridy alkalických kovů, ale také organické sloučeniny. Tyto látky disociují na ionty, vzniklý aniont atakuje monomer a vzniká karbaniont.



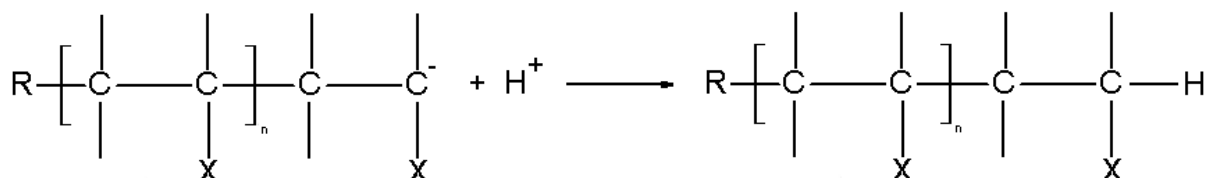
Obr. 33 Aniontová polymerizace - Iniciace

**Propagace** (obr. 34) je reakce, při které se karbaniont aduje na dvojnou vazbu monomeru. Vzniká tak karbaniont o jeden monomer delší, který opět atakuje další molekulu monomeru a celý proces se opakuje.



Obr. 34 Aniontová polymerizace - Propagace

**Terminace** (obr. 35) je reakce, při které dochází k ukončení prodlužování řetězce. Probíhá vhodnými terminačními činidly, kterými lze zavést na konce polymerních molekul žádané funkční skupiny. Terminačními činidly může být voda, alkohol, ale také zavádění oxidu uhličitého a bromu nebo další sloučeniny.

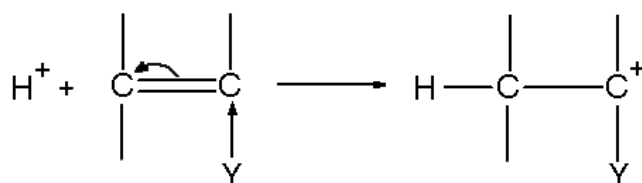


Obr. 35 Aniontová polymerizace - Terminace

### 6.1.2.2. Kationtová polymerizace

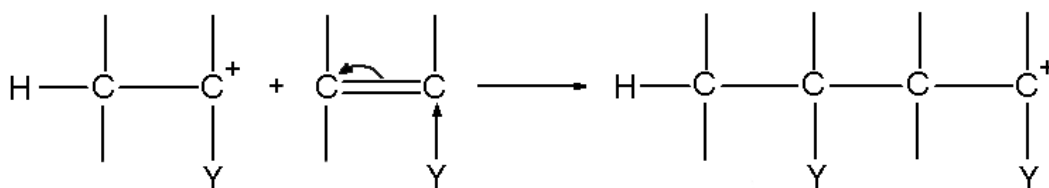
Kationtová polymerizace probíhá ve dvou fázích: iniciaci a propagaci.

**Iniciace** (obr. 36) je reakce, při které vzniká makrokation. Iniciátory mohou být silné Brønstedovy kyseliny (např.  $\text{HClO}_4$  a  $\text{HSO}_3\text{F}$ ), organické soli silných kyselin (např.  $\text{Ph}_3\text{C}_3$ ) nebo silné Lewisovy kyseliny (problematické z důvodu přítomnosti koinicujících nečistot; např.  $\text{AlBr}_3$  a  $\text{AlCl}_3$ ). Tyto látky disociují na ionty a vzniklý kationt se aduje na monomer a vzniká karboniový kation. Adice probíhá na uhlík, který sousedí s uhlíkem nesoucí substituent.



Obr. 36 Kationtová polymerizace - Iniciace

**Propagace** (obr. 37) je reakce, při které se karboniový kationt aduje na dvojnou vazbu monomeru a dochází tak k prodlužování polymerního řetězce. Vzniká karboniový kationt o jeden monomer delší, který opět atakuje další molekulu monomeru a celý proces se opakuje.



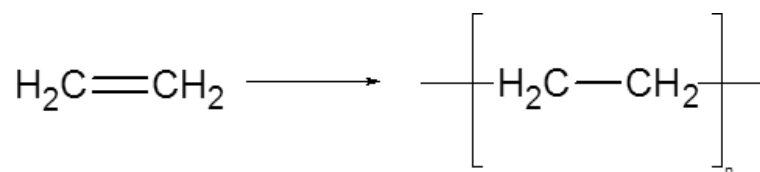
Obr. 37 Kationtová polymerizace - Propagace

U kationtové polymerizace k *terminaci* prakticky nedochází, reakce probíhá do spotřebování veškerých monomerů nebo dosažení rovnováhy. Dalším možným ukončením reakce je přenos reakčního centra na monomer a zakončení řetězce dvojnou vazbou.

### 6.1.3. Zástupci polymerů vzniklých polymerizací

#### Polyethylen (PE)

Bývá také označován jako igelit nebo mikroten. Jedná se o polymer, se kterým se setkáváme asi nejčastěji. Připravuje se polymerizací etylenu podle rovnice:



Obr. 38 Příprava polyethylenu

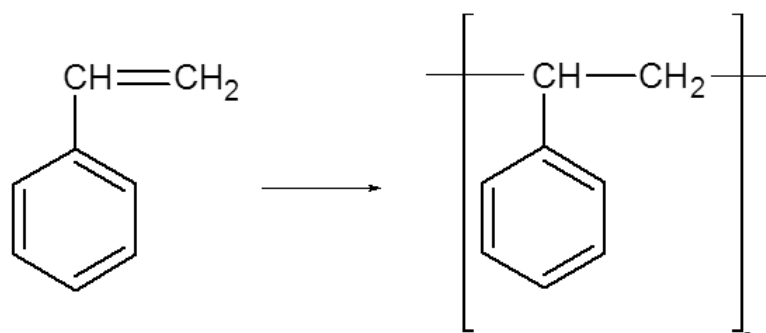
PE je pevný, houževnatý, odolný vůči vodě, chemikáliím a mrazu, dobrý elektroizolant, který nepropouští vodní páru. Polymerizací ethylenu může vznikat lineární PE označovaný jako HDPE, nebo rozvětvený označovaný jako LDPE. Rozvětvený PE je oproti lineárnímu PE méně pevný, ale levnější a snadnější na výrobu. Používá k výrobě folií, obalů, fóliovníků pro pěstování rostlin, fóliovníků pro silážní jámy, nádobí – síta, cedníky, kelímky, obaly od kosmetiky (uvedeno na obr. 39), sáčky s tekutinami, neprůstřelné vesty a další.



Obr. 39 Obaly na kosmetiku – vyrobeno z polyethylenu

#### Polystyren (PS)

Označován také jako Krasten (je-li vyráběn v Kralupech nad Vltavou). S největší pravděpodobností druhý nejběžnější polymer ve světě. Vyrábí se ze styrenu podle rovnice:



Obr. 40 Příprava polystyrenu

a můžeme jej rozdělit na měkčený a tvrzený.

*Měkčený* (pěnový nebo foukaný) polystyren se vyznačuje vynikajícími tepelně izolačními vlastnostmi a může sloužit také jako mechanická a zvuková izolace. Bílý měkčený polystyren, tvořený pospojovanými pěnovými kuličkami, se používá jako tepelný izolátor, např. při zateplení domů a staveb, dále pro mechanické a zvukové izolační obalové materiály, obaly od elektroniky, obaly na termosky atd.

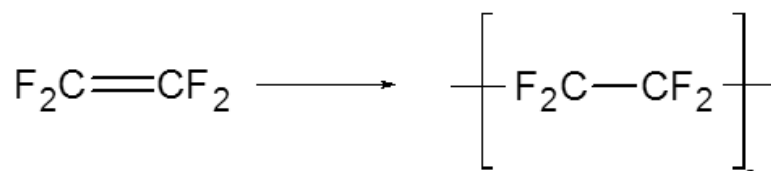
*Tvrzený* polystyren je pevný, ale křehký. Používá se na obaly na CD (obr. 41), videokazety, obaly od tzv. „černé elektroniky“ a pro lisování předmětů do kuchyně – kelímky, struhadla, věšáky, misky, levné a odolné obkladové dlaždice.



Obr. 41 Obal na CD – vytvořeno z tvrzeného polystyrenu

### **Polytetrafluorethylen (PTFE)**

Spíše známý pod obchodní značkou Teflon. Vyrábí se z tetrafluorethylenu podle rovnice,



Obr. 42 Příprava polytetrafluorethylenu

Je tepelně nejodolnější plast (teplotní rozsah použitelnosti sahá od -50 do +400°C), dále je tvrdý, houževnatý, velmi mechanicky odolný, elektroizolant, samomazný a také velmi odolný i vůči organickým rozpouštědlům.

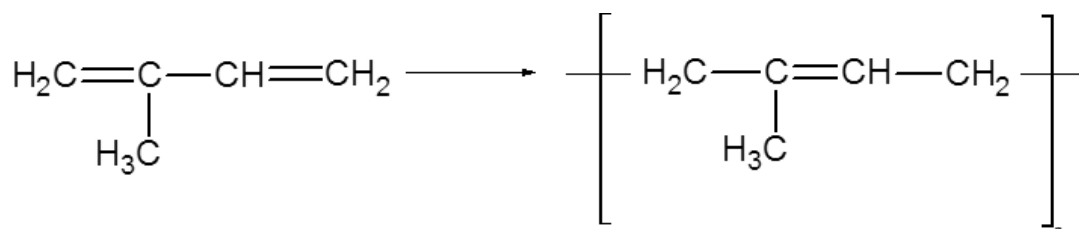
Používá se na nádobí – pánve (obr. 43); žehlicí plochy, skluznice lyží, lékařské implantáty (lidské tělo je zřídka odmítá), ochranné oděvy (např. u hasičů), aparatury pro chemický průmysl, elektroizolační výrobky apod.



Obr. 43 Teflonová pánev – plocha pánve je z polytetrafluorethylenu

### Polyisopren (kaučuk)

Už staří Mayové a Aztékové používali přírodní kaučuk v podobě míče, který získali ze stromů v podobě mléka (tzv. latexu). I dnes se získává z kaučukovníku, ale lze jej připravit i synteticky z butan-1,3-dienu = isoprenu, podle rovnice:



Obr. 44 Syntetická příprava kaučuku

Polyisopren je pružný a má tvarovou stabilitu, lze jej barvit, tvrdost závisí na vulkanizaci. Používá se na výrobu pneumatik a některých konstrukčních částí dopravních prostředků, prezervativů (obr. 45), mazací pryže atd.

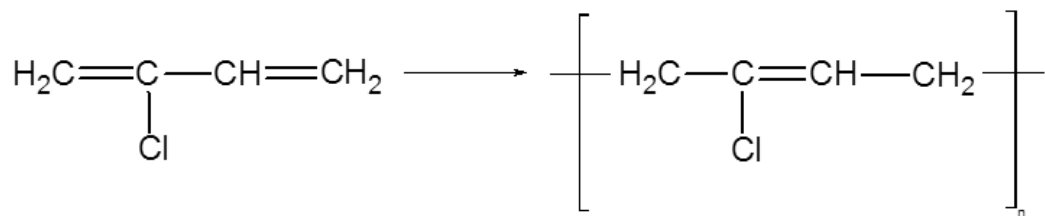


Obr. 45 Prezervativy – vyrobené z polyisoprenu



## Polychloropren

První syntetický elastomer známý pod názvem Neopren. Syntetizuje se z 2-chlorbutan-1,3-dien, podle rovnice:

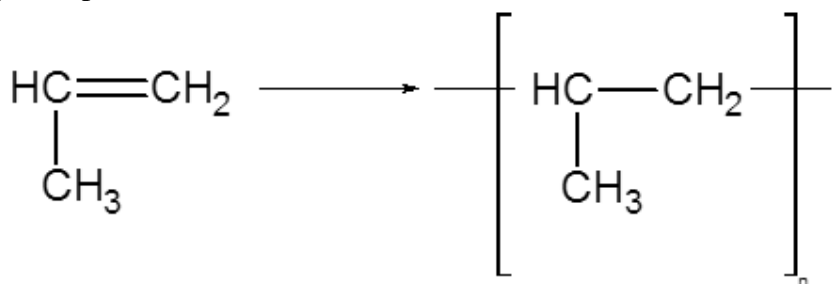


Obr. 46 Příprava Neoprenu

Chloropren je pružný, dobrý izolant a dále se vyznačuje vysokou mechanickou odolností. Z hlediska zpracování je možné jej lisovat do složitých tvarů. I proto se mj. používá k výrobě neoprenů.

## Polypropylen (PP)

Označován také jako Mosten. Polypropylen se často používá a bývá zaměňován s PE. Vyrábí se z propylenu, podle rovnice:



Obr. 47 Příprava polypropylenu

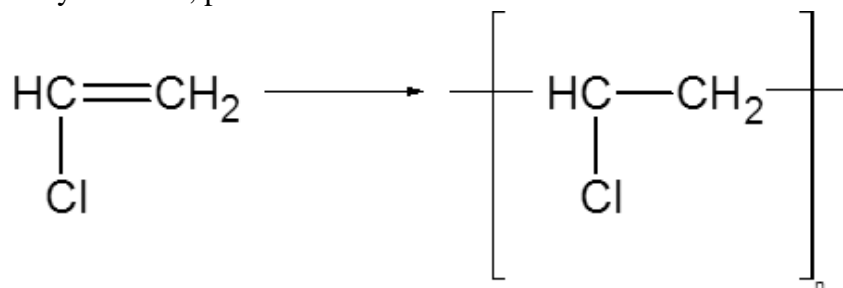
Je stabilní do teplot kolem 100°C, dá se tak sterilizovat varem (použití v lékařství), dále je chemicky odolný, průsvitný a nepropouští vlhkost. Používá se k výrobě lékařských pomůcek (např. injekční stříkačky, bažanti, atd.), držadel kovových nástrojů, na zásobní láhve na chemikálie, obaly na odličovačla, masti (obr. 48), kapky a mnoho dalšího.



Obr. 48 Obaly na krémy, gely, vosky – vyrobené z polypropylenu

## Polyvinylchlorid (PVC)

Vyrábí se z vinylchloridu, podle rovnice:



Obr. 49 Příprava polyvinylchloridu

Není odolný proti mrazu a vyšším teplotám. Patří mezi nejznámější a nejrozšířenější syntetické materiály. Při teplotě nad 110°C uvolňuje chlorovodík. Lze ho rozdělit na měkčený a tvrzený.

*Měkčený* PVC známý také jako novoplast nebo lino. Patří mezi termoplasty, lze ho barvit. Používá se k výrobě linolea, propisek, dětských hraček, hadic, pláštěnek (obr. 50), ubrusů, folií atd.



Obr. 50 Pláštěnka – vyrobená z měkčeného polyvinylchloridu

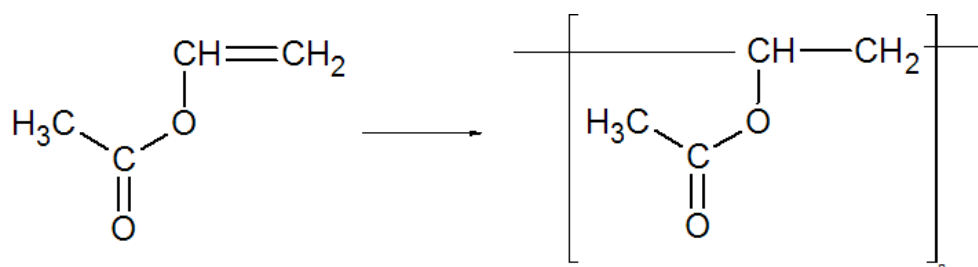
*Tvrzený* PVC je známý také jako novodur. Taktéž jej lze barvit. Používá se k výrobě odpadních trubek (obr. 51), spotřebního zboží, zásobníků na vodu a podobných výrobků.



Obr. 51 Odpadní trubky – vyrobeny z tvrzeného polyvinylchloridu

## Polyvinylacetát (PVAC)

Vyrábí se z vinylacetátu:

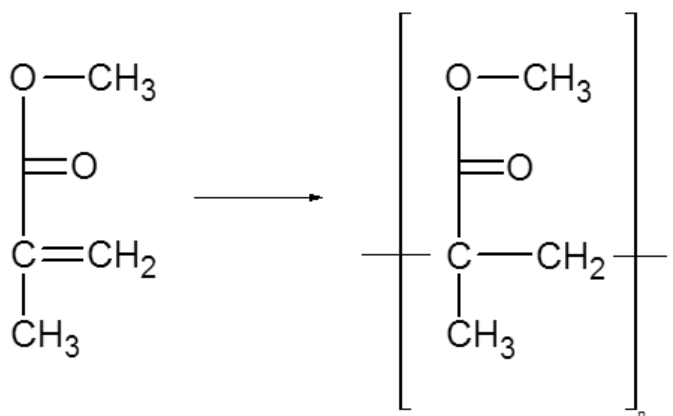


Obr. 52 Příprava polyvinylacetátu

Je to jedna z forem latexu. PVAC je stabilní, nehořlavý, přilnavý k jiným materiálům, nejedovatý, nemění se vlivem UV-záření, dá se dobře barvit, je také dobře rozpustný v organických rozpouštědlech. Používá se jako nátěrové hmoty (obchodní název Latex), lepidla, průsvitné střešní krytiny nebo zubařské implantáty.

## Polymethylmethakrylát (PMMA) = plexisklo

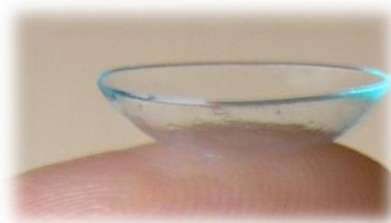
Obecně se mu říká plexisklo, u nás se nevyrábí, je nutné ho dovážet ze zahraničí, kde se vyrábí z methylmethakrylátu, podle rovnice:



Obr. 53 Příprava polymethylmethakrylátu

Polymethylmethakrylát je termoplastický, průhledný, s velkou pevností v tahu, nárazuvzdorný, čistý je průhledný a průsvitný (dokonce má v tomto ohledu lepší vlastnosti než sklo), propouští UV-záření, je rozpustný v organických rozpouštědlech, dobře tvarovatelný, dá se velmi snadno lepit. Nevýhodou je, že jej lze snadno poškrábat. Díky jeho vlastnostem jej lze použít jako náhradu skla (optického i okna), pro výrobu štítů a ochranných

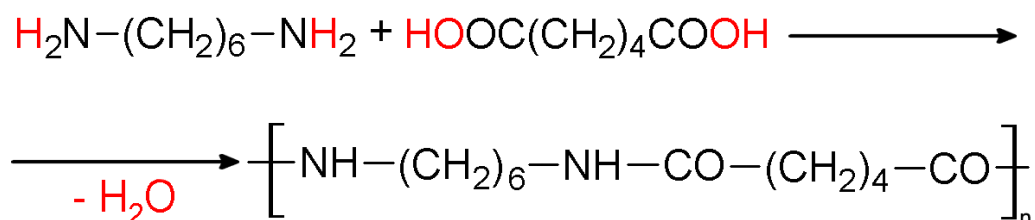
helem, lze do něj zalévat organické látky a je tedy vhodný jako prostředí pro konzervaci preparátů. Dále se používá jako náhrady zubů, kloubů a chrupavek, pro výrobu brýlových skel a kontaktních čoček<sup>13</sup>, kyvet a akvárií.



Obr. 54 **Kontaktní čočka** – tvořené z polymethylmethakrylátu

## 6.2. Polykondenzace

Polykondenzace patří mezi neřetězové polyreakce. Polykondenzace (obr. 55) je reakce dvou různých monomerů, z nichž každý má nejméně dvě reaktivní charakteristické skupiny ( $\text{NH}_2$ ,  $\text{COOH}$ ,  $\text{OH}$ , atd.), přičemž vzniká vedlejší produkt, nízkomolekulární látka (voda, amoniak, methanol). Reakce může mít charakter adičně-eliminací (vznik polyamidů a polyamidy) nebo substituční (dehydrochlorační, dehalogenační, oxidační polykondenzace).



Obr. 55 **POLYKONDENZACE**

Polykondenzace má stupňovitý průběh, lze tedy kdykoliv izolovat makromolekulu s různou délkou řetězce. Jedná se o vratnou reakci, a z tohoto důvodu se musí případný produkt z reakčního prostředí odstraňovat. Celá polykondenzace je endotermický děj.

<sup>13</sup> V dnešní době nejsou kontaktní čočky přímo z PMMA, ale jsou založeny na akrylátové bázi a to 2-hydroxyethylmethakrylát.

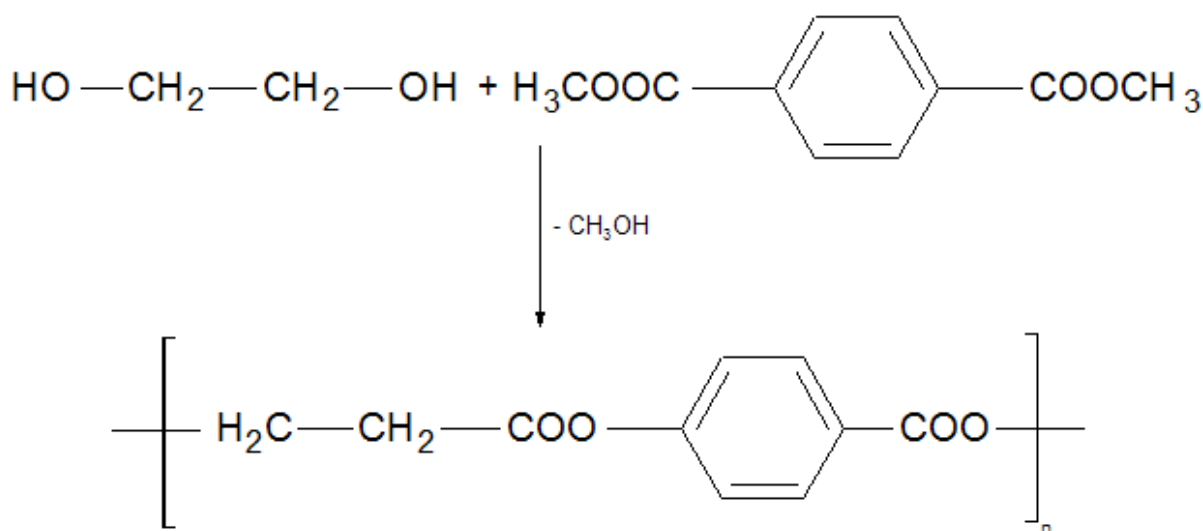
### 6.2.1. Zástupci polymerů vzniklých polykondenzací

#### Polyestery

Vznikají polykondenzací dikarboxylových kyselin s dvojsytnými alkoholy. Jde o odolné pevné elektroizolační látky. Nejznámější polyester je polyethyltereftalát (PET), který se používá k výrobě obalů na nápoje, k výrobě nátěrových hmot a pryskyřic a k výrobě pružných odolných textilních vláken (tesil). Další polyestery se používají k výrobě karoserií, střešních krytin, letadel, potrubí, přileb a mnoha dalších produktů.

#### Polyethyltereftalát (PET)

Polyethyltereftalát se připravoval bazicky katalyzovanou polyesterifikací monomerů dimethyltereftalátu a ethan-1,2-diolu (obr. 56), při této reakci vzniká jako vedlejší produkt methanol, který se kontinuálně během reakce oddestilovává. V dnešní době se připravuje i přímou syntézou kyseliny tereftalové s ethan-1,2-diolem.



Obr. 56 Příprava polyethyltereftalátu

Vzniklé lineární makromolekulární řetězce jsou bez postranních substituentů, což umožňuje polymeru vytvářet krystalické struktury. PET je pevný v tahu a dobře chemicky odolný. Slouží k výrobě syntetických textilních vláken, fólií magnetofonových pásek, obalů nápojů (obr. 57), potravin a dalších tekutých látek. První PET láhev vyrobil Nathaniel Wyeth a nechal si ji roku 1973 patentovat.



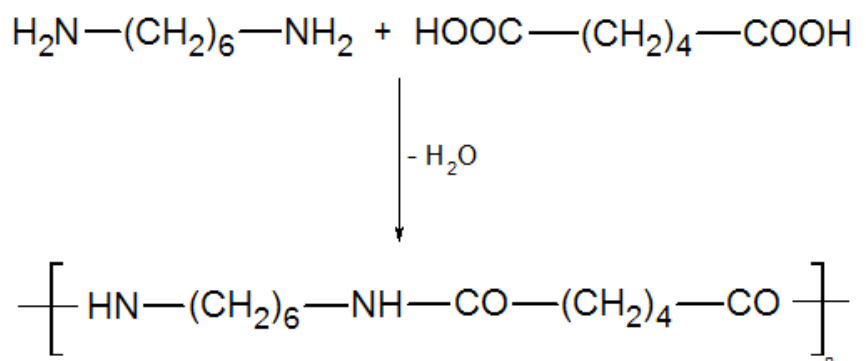
Obr. 57 **PET láhve** – vyrobeny z polyethyltereftalátu

## Polyamidy

Vznikají polykondenzací dikarboxylových kyselin s diaminy. Vzniklé polymery jsou pevné, odolné a dobře tvarovatelné.

### Nylon (polyamid 6,6 nebo PA6,6)

Nylon je polymer vytvořený v laboratořích firmy DuPont v roce 1934. O rok později si jej nechal patentovat a v roce 1938 byl představen světu. Je připravován z monomerů, které obsahují 6 uhlíků, ale různé funkční skupiny (hexan-1,6-diamin a kys. adipová), proto je označován jako polyamid 6,6. Reakce přípravy nylonu:



Obr. 58 **Příprava nylonu**

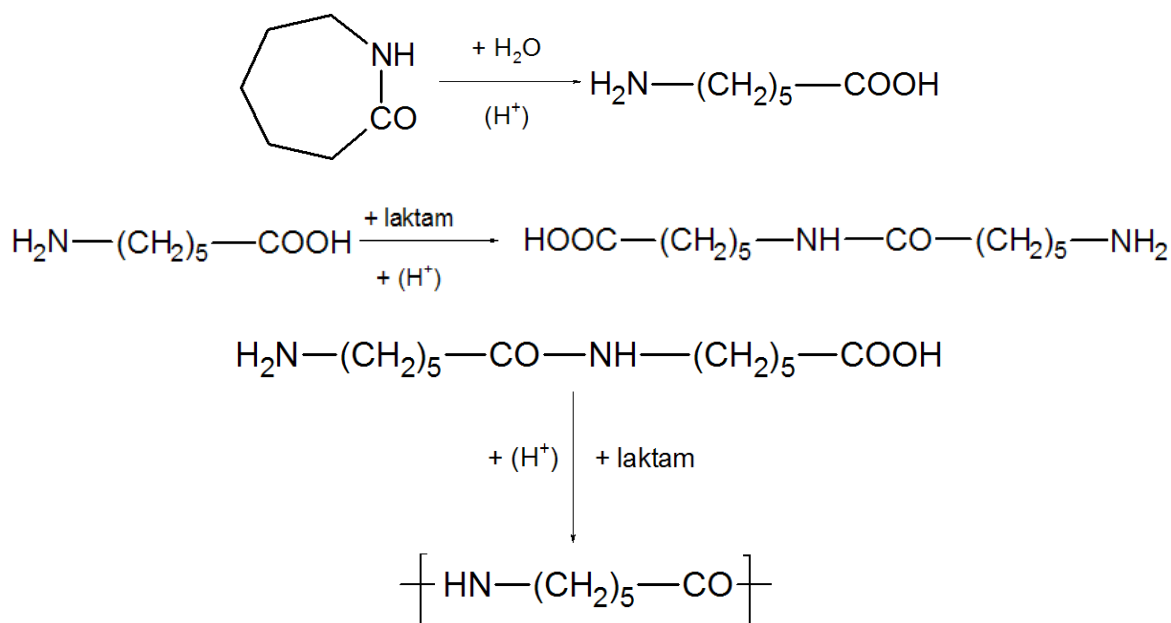
Je vláknotvorný, mechanicky odolný, pevný a tvrdý, málo se opotřebovává a funguje spolehlivě za běžných podmínek – netvoří se střepy a obroušeniny. Používá se na ozubená kolečka, ložiska, obaly, barevné folie, punčocháče, dentální nitě (obr. 59), výplety raket, padáky, lana a v šatech.



Obr. 59 Zubní kartáček, zubní – součástí je nylonové vlákno

### Silon (polyamid 6 nebo PA6)

S představením amerického nylonu se začaly ve světě zkoumat jiné metody, jak vytvořit polyamid jemu podobný. Ve 40. letech 20. století český chemik Otto Wichterle připravil z 6-kaprolaktamu polyamid podobný nylonu, který byl pojmenován jako Silon. Podle toho, že monomer obsahuje pouze 6 uhlíků je označován jako polyamid 6. Výroba silonu:



Obr. 60 Příprava silonu

Silon je vláknotvorný a méně tepelně stálý než nylon. Používá se v textilním průmyslu na výrobu syntetických vláken v důsledku, snahy vyměnit přírodní látky něčím, co má lepší vlastnosti. Jeho výhodou je jeho odolnost, pružnost, pevnost, lepší pro žehlení, nemačkavost, nízká hustota, hydrofobní (nesmáčivost – voda zůstává na povrchu), neplesniví, odolný vůči

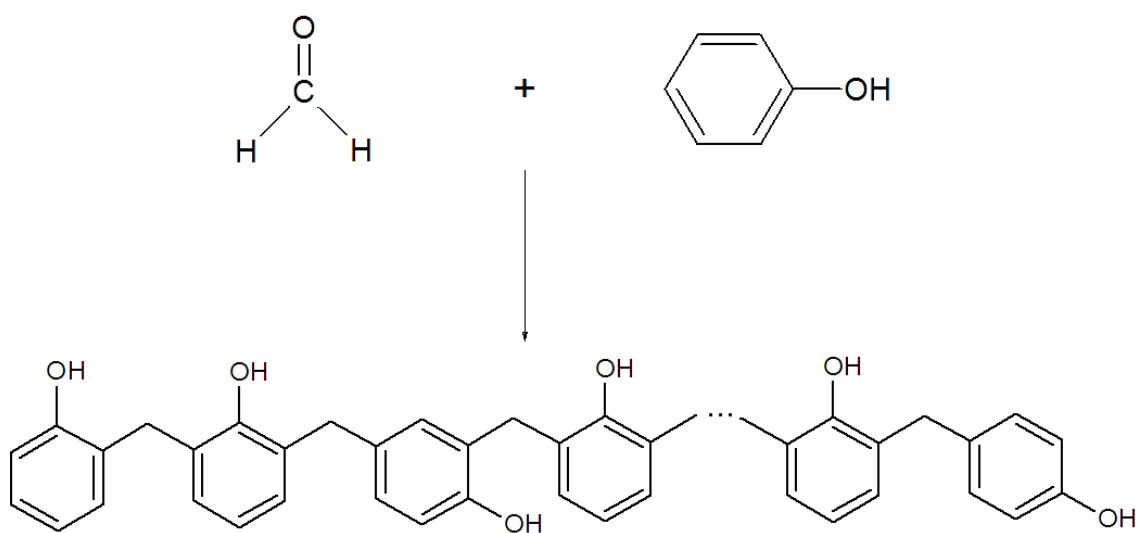
škůdcům jako jsou moli, levnější na výrobu, nepropouští vodní páru, lze jej sprádat s dalšími látkami atd. Vlastnost, že je nepropustný pro vodní páru, je i jeho nevýhodou, neboť tím dochází k zvyšování vlhkosti na povrchu kůže, což může vést ke vzniku plísně na kůži. V čisté podobě se silon používá na výrobu vlasců a „silonek“ – jemných silonových punčoch. V kombinaci s jiným materiálem se dále používá na výrobu ponožek (obr. 61)



Obr. 61 Ponožky – součástí je silonové vlákno

### Fenolformaldehydové pryskyřice

Často se zkráceně nazývají fenoplasty nebo jednoduše bakelit podle prvního takového plastu. Fenoplasty patří mezi jedny z nejstarších syntetizovaných plastů. Vyrábějí se polykondenzací formaldehydu s fenolem:



Obr. 62 Příprava fenoplastů

Používají se jako elektroizolační polymery. Mezi formaldehydové pryskyřice patří tzv. *novolaky*, které vznikají z kyslíkatých derivátů aromatických alkoholů a formaldehydu



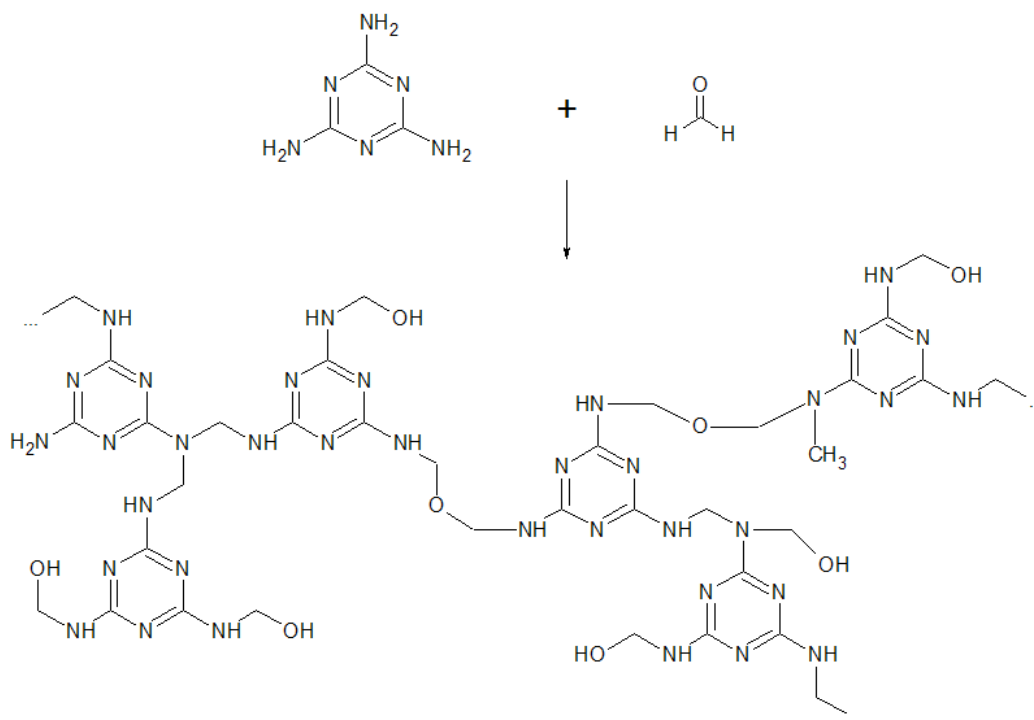
v kyselém prostředí. Novolaky jsou látky kapalné s velmi vysokou viskozitou, rozpustné v organických rozpouštědlech a používají se k výrobě laků. Změnou podmínek polymerizace (zásadité prostředí) dochází k zesíťování řetězců v polymeru za vzniku pevných pryskyřic, která se po zahřátí prostorově zesíťuje a vznikne tzv. *resol*, který má velmi vysokou tvrdost. *Resoly* se používají k výrobě různých krabiček nebo vypínačů. Vytvrzením novolaků a resolů vznikají tzv. *resity*. Ty se v minulosti používaly (a v současnosti se opět začaly vyrábět) k výrobě karoserií automobilů značky Trabant.



Obr. 63 **Rádio** – bakelit  
zdroj obrázku: <http://www.obnova.sk/>

### Aminoplasty

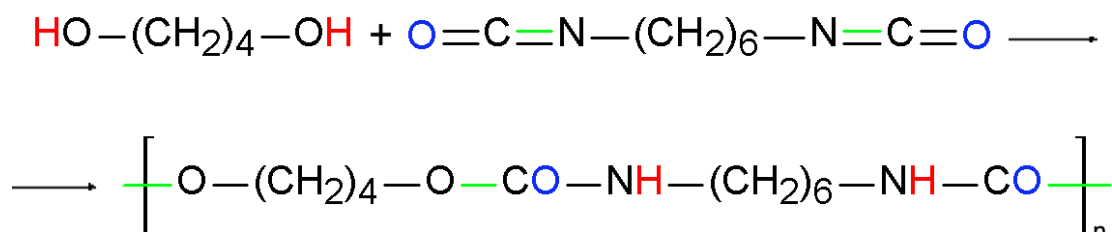
Aminoplasty se připravují reakcí formaldehydu s aminy a amidy, příklad výroby melaminoplastů:



Obr. 64 **Výroba melaminoplastů**



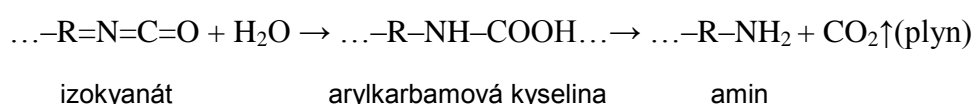
monomery se spojí v jeden celek; tento děj se mnohonásobně opakuje a monomerní jednotky se vždy pravidelně střídají. Charakteristickým znakem polyadice je přesun protonu v řetězci, příkladem může být syntéza polyuretanu z butan-1,4-diolu a hexamethylen-diizokyanátu:



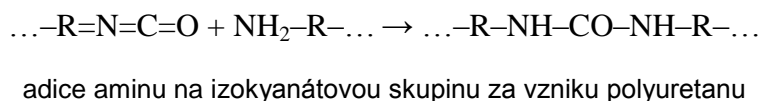
Obr. 67 POLYADICE

### 6.3.1. Zástupci polymerů vzniklých polyadicí

**Polyuretany** jsou polymery vzniklé polyadicí dvojsytných alkoholů a diizokyanátu. Jedná se o látky pevné a lehké, které se používají na výrobu textilních vláken, lepidel, pěnového molitanu. Nanášení montážní polyuretanové pěny (PUR pěny) by mělo probíhat ve vlhku a stínu. Při polyadici vznikají  $-\text{NH}-$  skupiny, které se mohou v malé míře přeměnit na další izokyanátové skupiny, přes které se řetězce mohou větvit až síťovat. Voda (vzdušná vlhkost) v tomto případě vystupuje jako iniciátor, kdy reaguje se vzniklou izokyanátovou skupinou za vzniku meziproductu kyseliny arylkarbamové, ze které dochází k eliminaci oxidu uhličitého, který napěňuje polyuretan.



Vzniklý amin reaguje s izokyanátem (monomeru, polymeru či také z nově vzniklé skupiny) a vzniká polyuretanový polymer, který je větvený nebo síťovaný.



Při dostatečném množství vody (vzdušné vlhkosti) vzniklé PUR pěny mají jemnější póry a jsou pevnější. PUR pěny se využívají jako izolace, jejich výhodou je, že nepropouští vodu, ale naproti tomu propouští vzdušnou vlhkost a tím zajišťují „dýchání“ izolované konstrukce.

Dále se polyuretany využívají k výrobě molitanu, umělých kůží (např. barex), ale také jako textilní vlákna (lycra). Molitan je pružný izolační plast, je málo propustný pro vodu, takže slouží jako ochrana před vodní párou a tlumí hluk. Používá se na výrobu hraček, matrací a výplní čalounění.



Obr. 68 Polyuretanová pěna

## 7. Recyklace

S nárůstem využívání plastů, bylo potřeba vhodným způsobem tyto látky likvidovat. Dřívější způsob likvidace, ukládání na skládky, byl neekologický a neefektivní, neboť některé plasty se rozkládají velmi dlouhou dobu. Z tohoto důvodu se odborníci snažili přijít na to, jak vhodným způsobem staré polymery recyklovat. Od té doby uteklo už hodně času, a tak využívání plastů jde ruku v ruce s jeho recyklací. Ve světě i v ČR tak už existuje řada firem zabývajících se právě recyklací plastů a polymerních materiálů.

Recyklace je opětovné využití energie a materiálové podstaty výrobku po ukončení jeho životnosti. Je, či by měla být, ekologicky a ekonomicky výhodná, do jisté míry snižuje zátěž na životní prostředí a snižuje tak využívání zdrojů neobnovitelných (především ropy, ze které se polymery vyrábějí) i obnovitelných. Provádět recyklaci plastů je hodně důležité hlavně z toho hlediska, že se polymerními látkami ve velké míře nahrazuje sklo a papír, a především oproti papíru je jeho doba rozkladu mnohonásobně delší.

Prvním krokem recyklace je roztřídění odpadu do kontejneru na papír, plast, sklo a nebezpečný odpad nebo do sběrných dvorů. Druhým krokem je roztřídění plastů z kontejnerů. V tomto kroku se třídí sebrané plasty na PET, PE, PP a ostatní. Třetím krokem je rozvoz čistých plastů do recyklačních firem a jejich přeměna většinou na jiné polymery, které se dále využívají, například jako izolace do bund a spacáků, na výrobu trubek, oken, parapetů, dveří,

folií, hadic, sáčků, tašek, izolačních materiálů a mnoho dalšího. Například PET láhve se recyklují na netkané textilie, které se ve značné míře používají např. v automobilovém průmyslu jako izolační materiály, na výrobu sedaček apod. a nebo také jako nesavé vrstvy do dětských plenek. Řekli byste to?

Aby bylo možno plasty efektivně recyklovat, je nutná dobrá organizace recyklačního procesu. Tomu pomáhá kategorizace plastů, která napovídá jak daný plast třídit a odevzdávat.

### 7.1. Jednotlivé značení plastů, místa jejich odevzdání a jejich recyklace

**PET** (číselný kód **1**) = polyethylentereftalát. Určen do kontejnerů na plasty nebo PET, který se po recyklaci používá na výrobu izolací do bund a spacáků, netkané textilie apod.

**HDPE** (PE-HD) (č.k. **2**) = vysokohustotní (lineární) polyethylen. Určen do sběrných dvorů, po recyklaci používaný k výrobě trubek.

**PVC** (č.k. **3**) = polyvinylchlorid. Určen k odevzdání do sběrných dvorů, kdy se po recyklaci využívá např. k výrobě oken, parapetů a dveří.

**LDPE** (PE-LD) (č.k. **4**) = nízkohustotní (rozvětvený) polyethylen. Určen do kontejnerů na plasty, kdy se po recyklaci používá k výrobě folií a hadic.

**PP** (č.k. **5**) = polypropylen. Určen do kontejnerů na plasty, ze kterého po recyklaci vyrábějí sáčky a tašky.

**PS** (č.k. **6**) = polystyren. Určen do kontejnerů na plasty, který po recyklaci slouží k výrobě stavebních izolačních materiálů.

Polymery nebo jiné zboží je označeno i dalšími značkami, jako např. **zelený bod** (obr. 69a), který se nachází na obalech výrobců, kteří jsou zapojeni do systému sběru a třídění odpadu. **Odhazující panáček** (obr. 69b) označuje, že použitý obal patří do příslušných kontejnerů a ne na zem. Ukazuje doporučený způsob využití nebo zneškodnění výrobku. **Přeškrtnutá popelnice** (obr. 69c) upozorňuje, že použitý výrobek nepatří do popelnice – mohl by obsahovat škodlivé látky. Výrobky takto značené by měly být odneseny na místo sběru nebezpečného odpadu.



a)



b)



c)

Obr. 69 a) Zelený bod b) Odhazující panáček c) Přeškrtnutá popelnice

## 7.2. Doba rozkladu odpadu

Doba rozkladu některých polymerních látek je, ve srovnání s tradičními materiály jako je např. dřevo, velmi dlouhá, pro ilustraci můžeme některé hodnoty doby rozkladu vybraných materiálů nalézt v tabulce 5. I přesto, že vědci stále hledají takové polymery, které by se rozkládaly v přijatelnějších časových intervalech a bez kontaminace životního prostředí, v řadě případů je tato vlastnost nevýhodou, např. u namáhaných částí strojů a zařízení. I proto je třeba dále rozvíjet metody recyklace plastů tak, aby jich na skládkách skončilo naprosté minimum.

Tab. 5 Doba rozkladu odpadu

Materiál	Doba rozkladu
Sklo	3 000 let (odhad)
Igelit	20 – 30 let
Cigaretový nedopalek	10 – 20 let
Jablko	7 – 20 dní
Ponožka	1 – 2 roky
Plechovka	5 – 15 let
Papír	2 – 5 měsíců
Krabice od mléka	6 – 10 let
Pomeranč	6 – 18 měsíců
Banánová slupka	3 – 4 týdny
Polystyren	miliony let

zdroj: [http://www.tridime-vysocina.cz/skoly-hry/pdf/JC\\_Kunzak\\_Pracovni\\_List\\_2.pdf](http://www.tridime-vysocina.cz/skoly-hry/pdf/JC_Kunzak_Pracovni_List_2.pdf)

## VII.2. Nové materiály

Rozvoj vědy a techniky v posledních letech přináší, mj. také řadu objevů v oblasti materiálového výzkumu. Aniž bychom si to uvědomovali, v této době již používáme řadu materiálů, o nichž se našim předkům ani nesnilo. Máme tkaniny lehčí než pírko, ale teplejší než kůže ledního medvěda, kompozity pevnější než kovy, články schopné získávat energii ze slunce a mnohé další. Vše často za zlomek ceny původních materiálů, a aplikace, které původně nebyly možné, jsou dnes skutečností, ať se jedná o vysokokapacitní záznamová média, která se vejdu do krabičky od sirek nebo optická vlákna schopná přenést světlo a tím i informaci na vzdálenost desítek kilometrů. Středoškolské kurikulum ale jen minimálně zareagovalo na tyto objevy nových materiálů, ač mají pro život lidstva nemalý význam. Proto by bylo vhodné, aby se někteří žáci SŠ alespoň okrajově s těmito materiály mohli seznámit. Příčinou nastíněného stavu nepochybně bude, kromě jiného, i nedostatek výukových materiálů na toto téma, pro zařazení do výuky např. v chemickém či fyzikálním semináři nebo do hodin mimo „klasickou“ výuku. Pojem „nové materiály“ zatím nebyl nijak definován a zařadit lze pod něj opravdu velké množství materiálů objevených v posledních letech, materiálů velmi zajímavých a často unikátních vlastností. V tomto ohledu bylo třeba provést výběr těch, z pohledu autorky, nejzajímavějších a v praxi již využívaných materiálů. V rámci této práce tak budou pod pojmem nové materiály myšleny takové materiály, jejichž podstata fungování je třeba známa i poměrně dlouho, ale jejich názvy se začaly skloňovat až v posledních letech. V tomto případě nové materiály představují fotovoltaický článek, kompozitní materiály, kovy s tvarovou pamětí a nanomateriály. Následný text nemá být podrobný materiál, má spíše přiblížit nové materiály žákům středních škol, obzvláště téma nanomateriály je velmi krátké, z důvodu již existujícího podrobného materiálu, který byl vypracován v diplomové práci Zdeňky Hájkové: *Návrh implementace nových poznatků z interdisciplinárního oboru „nanotechnologie“ do výuky přírodovědných předmětů na SŠ z roku 2009* [13]. Jako zdroj byl použit článek vytvořený na vyšší odborné škole a střední průmyslové škole Varnsdorf: *Fotovoltaický článek* [47], stránka Česká agentura pro obnovitelné zdroje energie [48], přednáška ke kompozitním materiálům vytvořená Doc. Ing. Štefanem Michnou, Ph.D. *Kompozitní materiály* [49], materiály Václava Nováka z Fyzikálního ústavu AV ČR [50], přednáška *Vysocefunkční textilie* [51], stránka

*Nanotechnologie* [52] a práce R. Kubíka a Venduly Stránské *Úvod do problematiky nanotechnologií* [53].

## **1. Fotovoltaické články**

Jak dobře víme, zdroje energie mohou být obnovitelné či neobnovitelné. Zatímco neobnovitelné zdroje v podobě např. fosilních paliv (ropa, uhlí, zemní plyn, apod.) mohou být v horizontu několika staletí vyčerpány, protože jejich obnova trvá velmi dlouhou dobu, obnovitelné zdroje v podobě větrné, sluneční a částečně také jaderné energie jsou z dlouhodobého hlediska prakticky nevyčerpatelné. Z tohoto důvodu se lidé začínají ve stále větší míře snažit využívat tyto obnovitelné zdroje k výrobě energie. Větrné a jaderné elektrárny se staly součástí našich životů, i když někdy přinášejí úskalí a obavy. Do našeho podvědomí se pomalu dostávají i solární elektrárny, kdy se pole zaplavují speciálními deskami, které přeměňují sluneční energii na energii elektrickou a tepelnou. Jak je to vlastně možné?

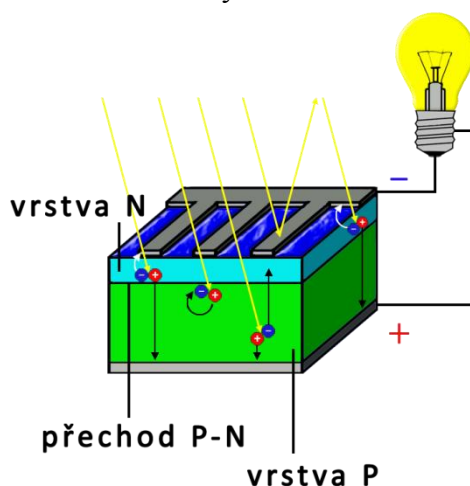
### **1.1. Fotovoltaický jev**

Alexandr Edmond Becquerel v roce 1839 objevil fotovoltaický jev, při kterém vzniklo elektrické napětí mezi osvětlenými elektrodami. V roce 1839 ale ani sám Becquerel netušil, jaký objev učinil a tak první fotovoltaický článek, který využíval tohoto jevu, byl sestaven až v roce 1883 Charlesem Frittssem. Tento článek byl sestaven z polovodičového selenu potaženého tenkou vrstvou zlata a měl jen jednoprocenní účinnost. Jistý Russel Ohl si roku 1946 nechal patentovat konstrukci fotovoltaického článku a v Bell Laboratories v roce 1954 vznikla současná podoba fotovoltaických článků, kdy se při experimentech s dopovaným křemíkem objevila jeho vysoká citlivost na sluneční záření. Tento fotovoltaický článek měl účinnost kolem šesti procent.

Jak vlastně funguje fotovoltaický článek? Dopadající světlo (fotony) uvolňují z N-vrstvy (tedy té, která je bohatá na nosiče náboje, záporně nabitě elektrony) polovodičového materiálu volné elektrony. Ty se přesouvají k P-vrstvě (která je naopak chudá na elektrony a tedy záporný náboj, ale bohatá na náboj kladný, náboje jsou tedy k P-vrstvě polovodiče přitahovány). Přesun (a tedy pohyb) volných elektronů v materiálu má za následek vznik



elektrického proudu a dle popsaného schématu probíhá od záporného pólu ke kladnému. Tento proud je pak, samozřejmě jako každý jiný proud, schopný konat elektrickou práci, např. rozsvítit žárovku jako na obr. 70 a cokoliv dalšího. Vzniklá elektrická energie může být samozřejmě převedena do přenosové soustavy.



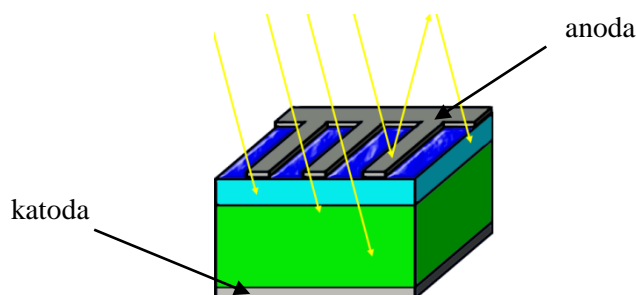
Obr. 70 Fotovoltaický jev

Nakresleno podle zdroje: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>

## 1.2. Fotovoltaický článek

Zařízení, kde fotovoltaický jev probíhá (např. ten z obr. 69) se nazývá fotovoltaický článek. V současnosti se daří přeměnit cca 17 % energie dopadajícího světla na energii elektrickou (účinnost článku je tedy 17%), v technicky využívaných zařízeních je však tato účinnost nižší. Jak je zřejmé, fotovoltaický článek je základem ve fotovoltaice<sup>14</sup>.

Fotovoltaické články (obr. 71) jsou sestaveny z tenkých polovodičových plátek (tloušťka je pod 1 mm). Na spodní straně je plošná průchozí elektroda, na horní straně je pak plošná elektroda, jejíž uspořádání má tvar dlouhých pásků zasahujících do plochy [54].



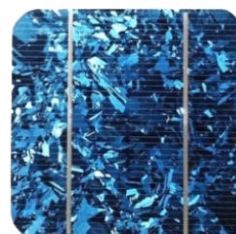
Obr. 71 Fotovoltaický článek

<sup>14</sup> Fotovoltaika je technický obor, který se zabývá přímou přeměnou světla na elektrickou energii.

Tím je umožněno dopadání světla na plochu. Na povrchu celého článku je umístěna speciálně konstruovaná skleněná vrstva, která chrání povrch fotovoltaických článků před poškozením a dále slouží jako antireflexní vrstva, která zvyšuje množství světla dopadajícího do polovodiče. Tyto antireflexní vrstvy jsou tvořeny oxidem titaničitým nebo nitridem, a tak získat tmavomodrý odstín. Z hlediska použitého materiálu vlastního článku, obvykle se jedná o tenký plátek, ať již z monokrystalického nebo polykrystalického křemíku, který je dopován dalšími prvky. Na první pohled lze tyto druhy článků rozeznat podle tvaru: *monokrystalický článek* (obr. 72a) je vyráběn z kulatých křemíkových ingotů, z nichž se nařezávají tenké plátky a ořezávají se na pseudočtvercový průřez, aby byla lépe využita plocha. *Polykrystalický článek* (obr. 72b) má přesně čtvercový průřez daný odlišnou technologií výroby, kdy je roztavený křemík ve formě postupně vytahován a ochlazován (dochází k jeho krystalizaci). Obecně platí, že polykrystalický článek má nižší konverzní účinnost (cca 15%) oproti monokrystalickému (cca 17%), nicméně celkovou účinnost „dožene“ právě svým tvarem (větší plochou), na svorkách článku. Při jeho maximálním výkonu lze naměřit napětí 0,5 V a protékající el. proud až 3 A.



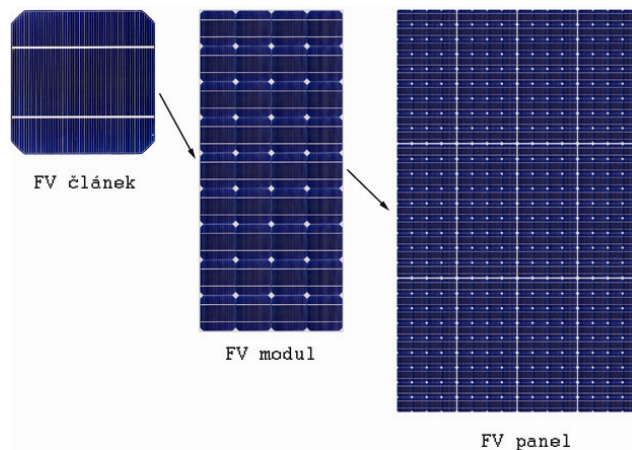
a)



b)

Obr. 72 **Fotovoltaický článek:** a) monokrystalický b) polykrystalický  
zdroj: <http://www.tzb-info.cz/5073-problemy-fotovoltaickych-projektu-z-hlediska-energetickeho-auditu>

Jednotlivé články se spojují sérioparalelně, aby bylo dosaženo požadovaného výkonu, tedy vyššího napětí a proudu. Jednotlivé články jsou sestavovány do modulů, které sestavují fotovoltaický panel (obr. 73).



Obr. 73 Sestavení fotovoltaického panelu

### 1.3. Využití fotovoltaických článků

Význam fotovoltaiky se projevil obzvláště v kosmonautice, kde fotovoltaika tvoří prakticky jediný zdroj elektrické energie pro umělé družice země (obr. 74). Prvou družicí s fotovoltaickými články byla sovětská družice Sputnik 3, vypuštěná na oběžnou dráhu 15. května 1957.



Obr. 74 Vesmírná družice

Obrázek převzat z <http://laik.kosmo.cz/images/Image/119iss2.jpg>

Na začátku sedmdesátých let se fotovoltaické články dostaly z laboratoří a kosmického prostoru i na zem, z velké části díky ropným společnostem těžícím v Mexickém zálivu. Na automatických ropných plošinách je elektrická energie potřebná pro osvětlení (maják) a pro ochranu proti korozi. Fotovoltaické články zcela vytlačily do té doby používané primární články elektrické energie. Dále se využívají v koncových světelných železničních vagonů, kalkulačkách, solárních nabíječkách akumulátorů, apod.

Fotovoltaické články lze používat následujícími způsoby:

U solárních panelů s *přímým napájením*, jde o přímé propojení solárního panelu a spotřebiče. Spotřebič funguje pouze po dobu slunečního záření.

*Hybridní systém* se využívá v oblastech, kde je nutný celoroční provoz. Solární panely se doplňují alternativním zdrojem energie (větrná elektrárna, elektrocentrála, apod.)

*Systémy s akumulací elektrické energie* jsou systémy nezávislé na síti. Nedílnou součástí jsou solární baterie sloužící k uchovávání vyrobené energie. Tato energie se využívá v době, kdy fotovoltaické články nejsou ozařovány slunečním zářením.

Zajímavostí v oblasti fotovoltaických článků jsou tzv. *solární pásy* (obr. 74). Jde o výrobek americko-německé společnosti Konarka. Solární pásy využívají poznatků o vodivých polymerech a nanomateriálech, které se využívají místo klasických křemíkových článků. Tyto materiály jim dávají nové unikátní vlastnosti, u klasických článků nedostupné jako jsou pružnost, nízká hmotnost při stejném objemu, ohebnost, dále jsou levnější a snáze vyrobitelné. Nevýhodou je nižší účinnost konverze sluneční energie. Díky jejich vlastnostem je snadno nanést na různé povrchy. Tyto pásy se využívají, či se s jejich využitím počítá, u jednoduchých malých zařízení. Mohou tak být zdrojem energie např. pro senzory na povrchu budov, antény, mp3 přehrávače apod. Klasické střešní tašky se mohou nahradit *solárními taškami*, které mají speciální podložku se zástrčkou, do které se zabudují (obr. 75).



Obr. 75 Solární pásek a solární taška

Obrázky převzaty z <http://www.ekobydleni.eu/solarni-energie/tiskarna-na-plasticke-solarni-pasky> a <http://www.ekobydleni.eu/domy/solarni-stresni-tasky>

#### 1.4. Budoucnost nebo pouze sci-fi?

Jak mohou pomoci nové materiály a technologie demonstruje následující příklad. Návrhové studium Vincent Callebaut Architectures předkládá návrhy s ekologickými a energeticky soběstačnými komplexy. Jeden z jejich návrhů, loď Physalia (obr. 76) je ekologická plovoucí zahrada, která by měla sloužit k čištění řek od nečistot. Měla by být 100 % energeticky soběstačná a dokonce vyrábět více energie než spotřebovat (fotovoltaické články, hydroturbíny). Oxid titaničitý na povrchu lodi v kombinaci se slunečním zářením by měl, díky katalytickému rozkladu nečistot na jeho povrchu, čistit vodu od různého

chemického znečištění. Dalším návrhem je protismogová budova, která by měla stát v centru Paříže a současně produkovat elektřinu (fotovoltaické články) a čistit vzduch zejména od smogu (oxid titaničitý v součinnosti s UV zářením). Zajímavým návrhem je také Hydrogenase (Létající domy), které jsou tvořeny ze dvou částí, kdy první část tvoří plovoucí ostrov, který slouží k získávání energie (solární panely a vodní turbíny) a čištění vody (ochrana korálů, ekosystému, mořské fauny a flory). Druhou část tvoří „létající dům“ vzducholoď, která by měla být poháněná energií z mořských řas. Posledním návrhem je Ecopolis (Plovoucí kra), která představuje město plující oceánem. Tyto města by získávala energii z obnovitelných zdrojů (přílivové, osmotické, větrné, termální, solární, biomasy, samočisticí schopnosti rostlin).



Obr. 76 Physalia

Obrázek převzat z <http://www.ekobydleni.eu/obrazky/biotechnologie/physalia-3.jpg>

## 2. Kompozitní materiály

Materiály jako železobeton, skelný laminát či asfalt jsou známé, ale co je dělá tak významné? Všechny tyto materiály a mnoho dalších patří mezi tzv. kompozitní materiály. Jde o heterogenní materiály, které jsou složené ze dvou nebo více fází, přičemž se tyto fáze vzájemně výrazně liší svými mechanickými, fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Příklady nemusíme hledat v pouze uměle připravených kompozitech, i v přírodě se vyskytují kompozity jako dřevo složené z celulosových vláken uložených v ligninu (obr. 77).

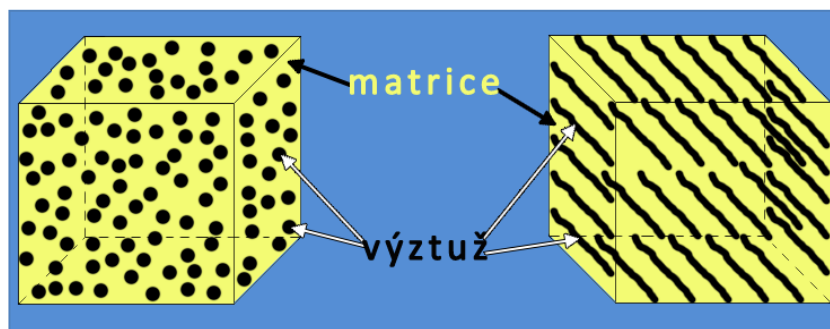


Obr. 77 Průřez dřevem

Obrázek převzat z [http://www.libros.cz/data/clanky\\_rezivo/drevo.jpg](http://www.libros.cz/data/clanky_rezivo/drevo.jpg)

U kompozitních materiálů se setkáváme s tzv. synergismem, tj. vlastnost kompozitu je lepší, než pouhé poměrné sečtení vlastností jednotlivých složek. Tento synergismus je velmi významný pro získávání nových materiálů, které mají zcela nové vlastnosti. *Příkladem synergického chování je kompozit složený z keramické matrice ( $Al_2O_3$ ) vyztužený keramickými vlákny (SiC). Obě tyto látky samostatně jsou velmi křehké, oproti tomu výsledný kompozit má určitou míru houževnatosti<sup>15</sup> [49].* Využití takových keramických kompozitů můžeme nalézt např. při výrobě některých typů bazénů.

V kompozitním materiálu se obvykle rozlišují dva typy fází: jedna fáze je spojitá, tzv. matrice, a druhá fáze je nespojitá, často rozptýlená v matrici, říká se jí také výztuž (obr. 78)

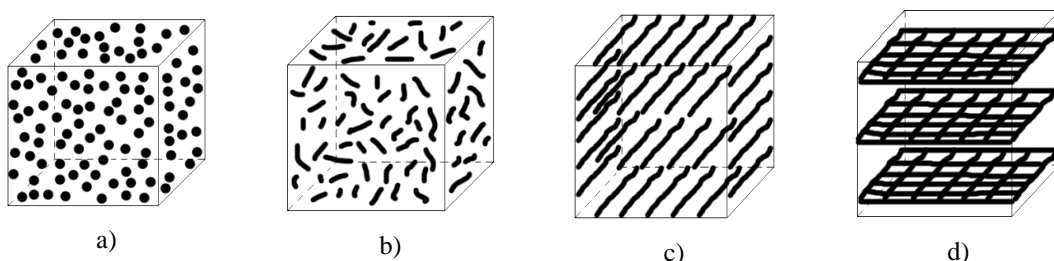


Obr. 78 Výztuž a matrice v kompozitním materiálu  
Nakresleno podle zdroje [43]

Výztuž má oproti matrici obvykle výrazně lepší mechanické vlastnosti jako je modul pružnosti, pevnost, tvrdost apod., jejíž hlavní funkcí je zlepšení uvedených vlastností materiálu. Umělé kompozity vznikají mechanickým mísením nebo spojováním jednotlivých složek, tímto se liší od slitin, které vznikají fázovými přeměnami, např. při tuhnutí, a jsou blízko termodynamické rovnováhy.

<sup>15</sup> Houževnatost je odolnost proti náhlému křehkému porušení (tomu asi nebudou rozumět).

Kompozitní materiály se rozdělují podle geometrického tvaru výztuže nebo podle povahy matrice. Geometrický tvar výztuží může být *částicový* (obr. 79a) nebo *vláknový* (obr. 79b, c, d). U *částicových kompozitů* jsou útvary výztuže ve všech směrech přibližně stejné (rozměr v jednom směru nepřesahuje rozměr ve směrech ostatních). Jejich tvar může být kulovitý, destičkovitý, tyčinkovitý i nepravidelný. Částicové útvary zvyšují tvrdost, ořezuvzdornost a odolnost při zvýšených teplotách. Zatímco U *vláknových kompozitů* jsou útvary výztuže v jednom směru výrazně rozměrnější než ve směrech ostatních (zaujímají podstatně větší prostor než částicové výztuže). Zvyšují tak pevnost, modul pružnosti (tuhosti) a u některých kompozitů také houževnatost.



Obr. 79 Geometrický tvar výztuže:  
 a) částice b) krátká vlákna c) dlouhá vlákna d) spletená vlákna vrstvená  
 Nakresleno podle zdroje [43]

Jak je na obr. 78 patrné, vláknové útvary se mohou dělit na ty s krátkými a dlouhými vlákny. Krátká vlákna jsou výrazně menší v porovnání s velikostí daného výrobku, zatímco dlouhá (kontinuální) vlákna jsou srovnatelná s velikostí daného výrobku. Uspořádání vláken může být různé, např. v jednom směru nebo vzájemným spletením do rohoží (vrstvená struktura).

Povaha matrice může být kovová, polymerní nebo keramická. Kompozity s *kovovou maticí* (metal matrix composites – MMCs) mají charakteristickou tvárnost a houževnatost, jsou odolné vůči ohni, neabsorbují vlhkost, mají lepší tepelnou a elektrickou vodivost oproti polymerní matici apod. Dále jsou odolné proti kosmickému záření. Významné jsou lehké slitiny hliníku, hořčíku a titanu. Z důvodu rezistence k vysokým teplotám jsou vyráběny kompozity s maticemi z niklových slitin a pro elektrochemické účely kompozity s měděnými případně se stříbrnými maticemi. Kompozity s kovovou maticí se používají v kotoučových

brzdách, v leteckých komponentech (obr. 80), sportovním vybavení (některé rámy jízdnicích kol), kosmonautice, elektrotechnice apod.



Obr. 80 **F-16 Fighting Falcon podvozek** – využívají kompozitů s kovovou maticí  
Obrázek převzat z <http://m.gottwald.sweb.cz/f-16/biggear.jpg>

U kompozitů s *polymerní maticí* (polymer matrix composites – PMCs) je výhodou nízká hustota, i když přes jistou nevýhodu, kterou je nízká tepelná stabilita polymerů, se využívají při konstrukci letadel. Jako plasty se používají termosety, převážně epoxidové pryskyřice. Dále nacházejí kompozity s polymerní maticí využití při výrobě kosmických konstrukcí, jako součástky lodí, kánoí, kajaků, v automobilovém průmyslu, sportovního zboží (rybářské pruty, tenisové rakety, lyže, golfové hole (obr. 81)), neprůstřelných vest, brzdových systémů v automobilovém průmyslu a mnohého dalšího.



Obr. 81 **Golfové hole** – využívají kompozitů s polymerní maticí  
Obrázek převrat z [http://i3.cn.cz/1117031616\\_golfove\\_hole.jpg](http://i3.cn.cz/1117031616_golfove_hole.jpg)

Kompozity s *keramickou maticí* (ceramic matrix composites – CMCs) jsou materiály lehké a často velmi tvrdé, ale poměrně křehké. Tyto kompozity patří mezi vysokoteplotní materiály a jsou tak schopny snášet teploty i několik tisíc stupňů. Mohou být oxidické povahy ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ , oxidická skla, atd.) i neoxidické ( $\text{SiC}$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , C, atd.). Používají se zejména k výrobě některých bazénů, v letectví (turbíny), automobilismu (rotory, obr. 82) nebo v kosmickém průmyslu.



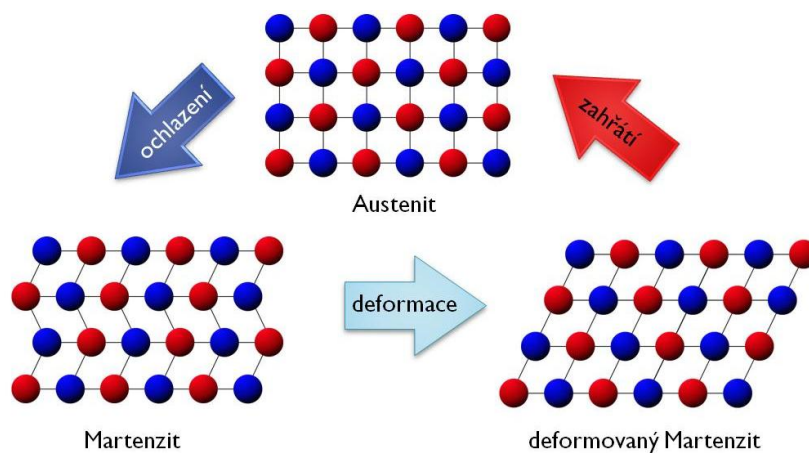


Obr. 82 CMC kompaktní rotor – využívají kompozitů s keramickou maticí  
 Obrázek převzat  
 z [http://www.oppracing.com/images/cmsuploads/Large\\_Images/braketech%20cmc%20rotor%20oppracing%20cbr1000rr.jpg](http://www.oppracing.com/images/cmsuploads/Large_Images/braketech%20cmc%20rotor%20oppracing%20cbr1000rr.jpg)

U kompozitů dochází k anizotropii vlastností, kdy pevnost i modul pružnosti ve směru některé osy bývá vyšší než ve směru kolmé k této ose, tj. nejvyšší pevnost je ve směru vyztužujících vláken. Vyztužení vlákny je využíváno zejména ke zvýšení pevnosti, tuhosti a v některých případech rovněž houževnatosti kompozitů.

### 3. Kovy s tvarovou pamětí

Tvarová paměť je efekt, který byl objeven v některých mosazných slitinách. Materiály s tímto efektem mají schopnost vrátit se po zahřátí do tvarového stavu definovaného předchozí deformací za nižší teploty.



Obr. 83 Přeměna struktury kovů s tvarovou pamětí  
 Nakresleno podle zdroje [45]

Jak je z obr. 83 patrné, existují tři fáze kovů s tvarovou pamětí. Nazývají se *Austenit*, *Martenzit* a *deformovaný Martenzit*. *Austenit* je vysokoteplotní, krystalický, symetricky



strukturami musí probíhat bez výrazných tvarových změn a musí být zabezpečena maximální reverzibilita tvarových změn.

Kovů (či spíše slitin kovů) s tvarovou pamětí je mnoho. Jako příklady lze jmenovat různé slitiny niklu a titanu (např. NiTi, NiTiCu a NiTiPd), mědi (např. CuZn a CuZnAl) a železa (FePt a FeNiC). V poslední době se také začínají do oblasti materiálů s tvarovou pamětí prosazovat některé polymerní látky, např. polytetrafluorethylen (PTFE). Nejčastěji se z jmenovaných kovových slitin používá nitinol<sup>16</sup>, který má vynikající mechanické a elektrické vlastnosti a vysokou odolnost proti korozi. Jedná se o intermetalickou sloučeninu s přibližně stejnou koncentrací niklu a titanu. Pokud je obsah jednoho z těchto kovů vyšší, dochází k rozdílným termomechanickým vlastnostem. Slitiny s tvarovou pamětí jsou unikátní taktéž v tom, že jsou superelastické<sup>17</sup>.

#### **4. Nanomateriály**

Pojmy nanočástice, nanovlákna a nanotechnologie v posledních desetiletích slyšíme ze všech stran. Počínaje reklamami po články zabývající se jejich využitím a dopady na lidské zdraví a životní prostředí.

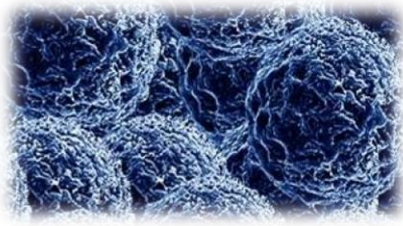
Nanotechnologie je věda zabývající se materiály o rozměrech nanometrů, oblast jejího zájmu leží zhruba v rozměrovém rozmezí od 1 nm do 100 nm, tedy v oblasti velmi malých částic. Využívá vědomostí získaných z fyziky pevných látek, chemie, molekulární biologie a inženýrství a aplikuje je k vytváření nových materiálů, které často mají nové či neobvyklé vlastnosti.

Nanomateriály můžeme rozdělit na nanočástice, nanovlákna (nanodrátky) a nanovrstvy (mohou být polymerní filmy). Nanočástice (obr. 85a) se často používají při katalýze, kde se využívá jejich velkého povrchu. Nanovlákna (obr. 85b) se zase používají v netkaných textiliích unikátních vlastností. Mají výborné izolační vlastnosti (tepelně, zvukově), jsou výborně propustné pro vzduch, ale nikoliv pro bakterie, takže se používají jako ob vazový materiál ve zdravotnictví atd.

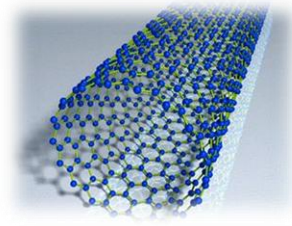
---

<sup>16</sup> Název Nitinol vznikl ze slov Nikl, Titan a firma NOL (Naval Ordnance Laboratory)

<sup>17</sup> Superelasticitu je vlastnost, kdy tvar látky je nastaven ve sklovitém stavu a s přechodem do kaučukovitého stavu roste jeho elasticita.



a)



b)

Obr. 85 **Nanomateriály:** a) Nanočástice b) Nanotrubiice

Zdroje obrázků: <http://tn.nova.cz/magazin/hi-tech/veda/> a <http://www.nasepenize.cz/ceska-nanovlakna-dobývají-svet-5198>

Aniž by si to lidé uvědomovali, nanomateriály jsou používány lidmi po staletí. Zajímavým příkladem může např. rubínová barva některých skel, která je, možná překvapivě, způsobena zlatými nanočásticemi rozptýlenými ve skleněné matrici. Záměrný výzkum, využívání a výroba už tak staré nejsou. Počátky jejich výzkumu a vývoje spadají do 50.-60. let minulého století, jejich cílené využívání počíná zhruba léty 80. minulého století. Dnešní využití nanomateriálů je různorodé počínaje medicínou (obvazový materiál, dezinfekční materiály, atd.) přes elektroniku (pevné disky, paměti, apod.) dále kosmický průmysl (elektronická zařízení) až po životní prostředí (řešení ekologických havárií). Kromě zmíněného, v medicíně se nanomateriály např. využívají k cílené likvidaci tumorů nebo dopravě léčiv na místo určení v lidském těle, dále také jako součást umělých kloubů, chlopni, náhrad tkání, desinfekčních roztoků, k výrobě tzv. lab-on-chip (diagnostická laboratoř na čipu), ochranných roušek a dalšího. V kosmetickém průmyslu najdeme nanočástice jako součásti opalovacích krémů, krémů na obličej atd. V potravinářství se nanočástice používají v obalech, které zvyšují trvanlivost a kvalitu potravin a také jako potravinové doplňky. Pomocí nanomateriálů se neutralizují mikroorganismy a pesticidy. Dále lze díky nanomateriálům sledovat původ potravin (značkování). V elektronice a elektrotechnice se využívají nanomateriály na paměťová média, k výrobě fotomateriálů a palivových článků a také na produkci citlivých čidel a detektorů. Ve strojírenství se používají k výrobě superpevných materiálů, supertvrdých povrchů s nízkým třením a také na výrobu materiálů odolných vůči poškrábání a vodě. Dále nanostruktury nalézají využití při produkci samočisticích laků, kompozitních materiálů a na obráběcí stroje. Ve stavebnictví nanostruktury nacházejí uplatnění především v samočisticích fasádních nátěrech, antiadhezních obkladech a izolačních materiálech nové generace. V kosmickém průmyslu se

využívají nanomateriály jako katalyzátory a vysoce účinná paliva a jsou také součástí odolných povrchů satelitů. V textilním průmyslu napomáhají nanovlákná k nemačkovosti, nepromokavosti a odolnosti proti špíně. Zajímavé je také využití v chemickém průmyslu (nanotrubice, aerogely), optickém průmyslu (optické filtry, integrovaná optika), automobilovém průmyslu (filtry čelních skel) a vojenském průmyslu (nanosenzory, součásti raketoplánů). Na obrázku 86 je několik příkladů použití nanomateriálů.



Obr. 86 Příklady využití nanomateriálů

Obrázky převzaty z <http://www.tvrtm.cz/magazin/1782.jpg>, <http://www.czechinvest.org/data/imgs/01212l.jpg>,  
[http://www.collonil-nanotech.de/images/teaser/product\\_nanocream.jpg](http://www.collonil-nanotech.de/images/teaser/product_nanocream.jpg),  
[http://www.prozdravi.cz/obrazky/large/z1723\\_panthederms\\_50.jpg](http://www.prozdravi.cz/obrazky/large/z1723_panthederms_50.jpg), <http://www.mobilnaut.cz/?a/1518>

Mechanismy působení a funkcí nanomateriálů a materiálů obsahujících nanočástice a nanostruktury jsou velmi různorodé. Hlavní roli pro vznik jejich unikátních vlastností hraje skutečnost, že se zmenšující se velikostí částic začínají do vlastností materiálu jako celku promlouvat také kvantové efekty, navíc významným způsobem narůstá povrch materiálu při stejném objemu oproti klasickým materiálům. To vše vede ke změně fyzikálních a chemických vlastností jako jsou reaktivita, optické vlastnosti (nanočástice jsou např. schopny fungovat jako zesilovače signálu), bod tání a mnohých dalších. Navíc lze změnou průměrné velikosti nanočástic či strukturních částí nanostruktur tyto vlastnosti do značné míry ovlivňovat, takže nepochybně bude možné připravovat tzv. „materiály na míru“, tedy předem definovaných vlastností k danému účelu. Rozsah možných aplikací tak zdaleka výčtem v předchozím odstavci nekončí a nepochybně bude narůstat. Problematika nanostrukturních materiálů je poměrně komplikovaná, neboť kombinuje znalosti a aplikace řady oborů a výzkumných směrů. Nelze ji proto podrobněji rozebrat v rámci několika minut či krátké

přehledové prezentace. Zájemce ale nepochybně najde více informací v přehledové práci Zdeňky Hájkové [13] a v literatuře v ní uvedené.

## VIII. PowerPointová prezentace

V rámci této diplomové práce byly zpracovány jako stěžejní část práce dvě prezentace zaměřené na témata zvolená v kapitole III, tedy syntetické makromolekulární látky a „nové materiály“. Pro vytváření powerpointových prezentací existuje celá řada pravidel. Tato pravidla nejsou nijak závazná a v tvorbě konkrétní prezentace je důležitějším měřítkem zejména záměr a cíl autora více než striktní dodržování těchto pravidel. Přesto není špatné během tvorby prezentace k těmto pravidlům přihlížet a jejich „nevyužití“ realizovat až po dobrém zhodnocení svého záměru daného publikem a formou prezentace. Tato pravidla byla stanovena na základě zkušeností prezentátorů a psychologických a vědeckých výzkumů a jsou publikována na řadě portálů i v literatuře. Ačkoliv údaje z různých zdrojů se mohou v některých částech mírně odlišovat, v zásadě je lze shrnout do následujících bodů:

### PRAVIDLA PRO TVORBU ELEKTRONICKÉ PREZENTACE

1. Pravidlo 5×5: na každý snímek umístěte maximálně 5 bodů - hesel či odrážek textu vyvarujte se dlouhých složitých souvětí. Na řádku uveďte maximálně 5 slov.
2. Patkové fonty čte lidské oko pomaleji. Na běžný text snímků je vhodné používat bezpatkové písmo, (font Arial, Tahoma apod.), zatímco na nadpisy lze použít i písmo patkové.
3. Všechny texty na snímku musí být pro posluchače čitelné. Velikost písma má být uzpůsobena počtu posluchačů a velikosti místnosti. Používat vždy písmo větší velikosti než 20 (bodů).
4. Pro zvýraznění klíčových slov používat bold (tučný) text nebo jinou barvu písma, snaha vyvarovat se kurzívy, která se při projekci jeví neostře a hůře se čte.
5. Text prezentace má být v kontrastu s barevným odstínem pozadí. Pokud je zvolen světlý barevný odstín pozadí, pak pro texty a objekty je vhodné používat tmavší odstíny barev a naopak.
6. V evropských podmínkách se text čte zleva doprava a shora dolů. Aby bylo docíleno větší přehlednosti snímku, má být uspořádání jednotlivých grafických objektů (texty, obrázky, grafy atd.) v uvedených směrech. Nejdůležitější argument má být uváděn až jako poslední (vpravo nebo dole), protože tuto informaci si posluchači nejspíše zapamatují.
7. Na každém snímku by měl být název tématu a všechny snímky by měly být ve stejném stylu.

8. Aby výklad upoutal pozornost posluchačů, může být využito animačních a přechodových efektů, které PowerPoint i další prezentační programy nabízejí. Pohyb a najíždění textů či objektů by mělo být přirozené lidskému oku – vhodné je vybrat si několik málo konzervativních, nerušících animačních efektů, s nimi pracovat a dodržovat jejich jednotné používání.
9. Pokud je potřeba zdůraznění některých bodů v prezentaci, je vhodné použít jiný, pozornost upoutávající animační efekt (spirála, roztáhnutí či najíždění zprava).

Tento souhrn byl zpracován na základě výběru bodů z webových stránek „Úspěšná prezentace“ [56] a pravidel z prací Mgr. Nývltů [57] a RNDr. Urbanové [58].

K těmto pravidlům jsem se snažila maximálně přihlídnout při tvorbě prezentací vzniklých v rámci práce. Na základě těchto pravidel bylo tedy u obou prezentací zvoleno světlé pozadí, pro písmo byl vybrán černý bezpatkový font a velikost písma větší než 24 bodů. Na jednotlivé snímky bylo umístěno, co nejméně textu, jelikož cílem není vytvořit prezentaci s maximem informací, ale vodítko pro učitele při jeho výkladu. Proto je text uváděn ponejvíce v bodech, bez použití vět, mimo definic. Výukový text je umístěn v poznámkách k prezentaci. Je tedy na rozhodnutí učitele, co z daných informací zařadí a co nezařadí do výkladu tak, aby to odpovídalo jeho potřebám a možnostem. Informace jsou doplněny o vzorce, chemické rovnice, struktury a motivační obrázky. Vzorce a chemické reakce byly vytvořeny pomocí programu ChemSketch [16], většina obrázků je vytvořena pomocí programu Adobe Photoshop [17] podle obrázků ze skript prof. Vohlídalů *Makromolekulární chemie* (1. a 2. svazek) [46] a dalších dříve uvedených zdrojů. Většina fotografií použitých v prezentaci syntetické makromolekulární látky byla pořízena fotografováním, zatímco fotografie použité v prezentaci „Nové materiály“ jsou stažené z internetu, nalezené pomocí internetového vyhledávače Google™. Většina z těchto obrázků byla dále upravena v Adobe Photoshop. Samotná prezentace byla vytvořena v programu Microsoft Office PowerPoint 2007 [15] a ke spuštění prezentace je vhodné využívat tuto verzi, samozřejmě se dají používat i verze vyšší nebo nižší, ale u nich může docházet k změně rozložení obrázků, textu či jiným změnám způsobeným jen částečnou kompatibilitou těchto produktů.



Vytvořené prezentace nejsou předkládány jako hotová díla, která musí učitel použít v této podobě, ale může si je upravovat (dle vlastního uvážení nepoužít nějaké snímky, nebo naopak si přidat své vlastní informace, atd.).

Powerpointová prezentace k syntetickým makromolekulárním látkám (obr. 86) byla vytvořena tak, aby odpovídala RVP-G [3] a Katalogu požadavků ke státním maturitám [6]. Může se zdát, že prezentace věnuje velkou pozornost na strukturu a vlastnosti polymerů, ale právě tyto dvě témata velkým dílem přispívají na použitelnost jednotlivých polymerů. Hlavní zdroje, které byly použity, jsou skripta *Makromolekulární chemie (1. a 2. svazek)* [46] a webová stránka *The Macrogaleria a Cyberwoderland of Polymer Fun!* [59], popřípadě doplněna o informace ze skript *Makromolekulární chemie z VŠCHT* [60]. Při tvorbě bylo použito 20 normovaných stran textu, vyfotografováno 28 fotografií, z nichž bylo 6 upraveno v Adobe Photoshop, 25 vzorců a rovnic bylo vytvořeno pomocí programu ChemsSketch, 29 struktur nebo dalších obrázků bylo vytvořeno v programu Adobe Photoshop obrázků stáhnutých z internetu bylo 35(55 i s obrázky na průmysl), ze kterých bylo upraveno 9 obrázků (43).

**Struktura**

- Kovalentní (primární)
- Stereochemická (sekundární)
- Konformační (terciární)
- Nadmakromolekulární (kvartérní)
  - krystalické
  - amfoterní
  - částečně krystalické

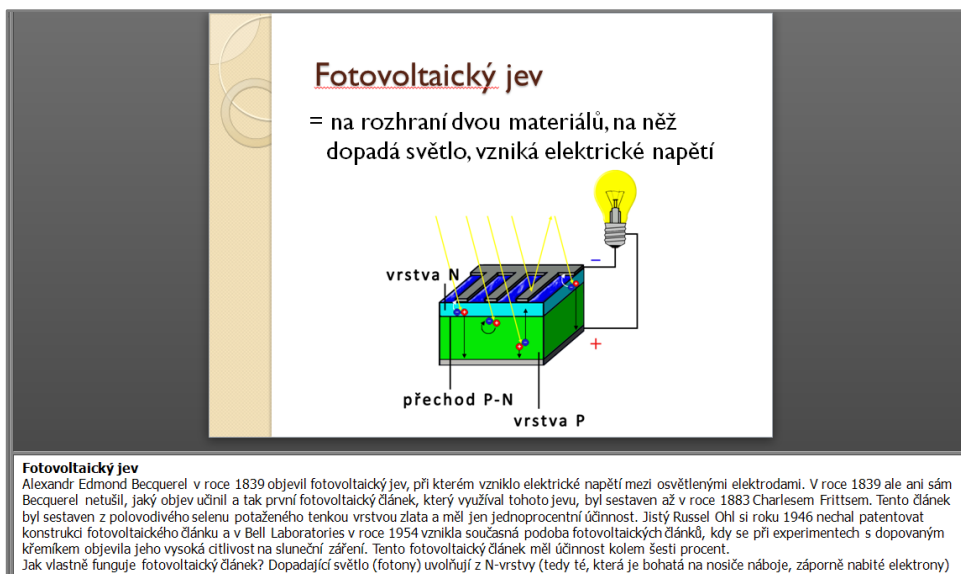
Poměrně složitá problematika vyřešená až na počátku druhé poloviny 20. století (díky analytických, fyzikálně chemických a fyzikálních metodám)  
 V současnosti 4 základní úrovně:  
 1) **Kovalentní** (primární) struktura polymerů zahrnuje základní informace o chemické stavbě makromolekulárních řetězců. Kovalentní struktura informuje o chemickém složení a struktuře stavebních jednotek, dále o pořadí stavebních jednotek a geometrickém typu = struktura (lineární, rozvětvená, zesíťovaná, prostorově zesíťovaná, katenanová, dentritická, rotaxany)

**Složení polymerů:**

Obr. 87 Screenshot PowerPointové prezentace Syntetické makromolekulární látky

Nové materiály zatím své místo v RVP-G nemají, a tak největší snahou bylo zlehka se těchto témat dotknout. Hlavním zdroj byl článek vytvořený na vyšší odborné škole a střední průmyslové škole Varnsdorf: *Fotovoltaický článek* [47], stránka Česká agentura pro obnovitelné zdroje energie [48], přednáška ke kompozitním materiálům vytvořená

Doc. Ing. Štefanem Michnou, Ph.D. *Kompozitní materiály* [49], materiály Václava Nováka z Fyzikálního ústavu AV ČR [50], přednáška *Vysocefunkční textilie* [51], stránka Nanotechnologie [52] a práce R. Kubíka a Venduly Stránské *Úvod do problematiky nanotechnologií* [53]. Při tvorbě bylo použito 9 normovaných stran textu, 6 obrázků bylo vytvořeno v programu Adobe Photoshop a z internetu bylo staženo 59 obrázků, z nichž byly 4 obrázky upraveny pomocí programu Adobe Photoshop.



Obr. 88 Screenshot PowerPointové prezentace *Nové materiály*

Obě vytvořené prezentace se nacházejí v příloze práce na vloženém disku CD

## IX. Programování internetové stránky

K tvorbě stránek byl zpočátku vybrán programovací jazyk HTML, dostačující ke svému úkolu, prezentaci výukových materiálů s doplňujícími informacemi oproti PowerPointové prezentaci syntetické makromolekulární látky, s obrázky. Časem se, ale ukázalo, že pouhý HTML jazyk není dostačující a bude ho potřeba doplnit o CSS styly. Bohužel pochopení problematiky ccs stylů by bylo v tak krátké době těžké, a tak bylo použito volně dostupných css teplates [61], několik jich bylo staženo a mezi nimi byl vybrán ten, jehož rozložení bylo nejvhodnější<sup>18</sup>. Program na tvorbu HTML byl použit volně dostupný CoffeeCup Free HTML editor [18] a ke grafické úpravě byl použit Adobe Photoshop CS3 [15].

### IX.1. Programovací jazyk HTML

Zprvu, jak již bylo řečeno, byl web připravován pouze na základě HTML (HyperText Markup Language – hypertextový značkovací jazyk) programovacího jazyka. Programování stránky prostřednictvím HTML probíhá jinak, než je tomu v případě klasických textových editorů. Formát textu a v zásadě i stránky je vytvářen za pomoci tzv. tagů (značek). Ty slouží nejen k formátování zobrazovaného textu, ale i k formátování vzhledu stránky, odkazů na jiné stránky či odkazů ke stažení materiálů, dále tagy regulují vkládání obrázků a jejich polohu, tvar, velikost a vůbec veškerou jinou grafiku, které se na stránkách vyskytuje. Tagy mohou být párové a nepárové, přičemž většina z nich je párová. Párové tagy ohraničují oblast, ve které se projevuje formát, který je tímto tagem daný. Z řečeného je zřejmé, že párové tagy musí mít začátek i konec. Pokud není na stránce párový tag ukončen, dochází k chybnému zobrazení stránky. Oproti tomu, při správném zápisu se ve většině prohlížečů daná stránka zobrazí, tak jak autor zamýšlel. Příklady některých tagů jsou uvedeny v následujícím odstavci.

Ukázka HTML kódu:

Např. text „polymery“ ohraničený párovým tagem `<b>` (začínající tag) a `</b>` (ukončovací tag):

`<b>polymery</b>` se na stránce zobrazí takto: **polymery**

---

<sup>18</sup> Název vybraného templates je exploitable.

Nepárový tag `<li>`:

`<li>` lineární (v závislosti na tagu `<ul>` nebo `<ol>`) se na stránce zobrazí buď • lineární nebo 1) lineární.

Párový tag označující styl písma nadpisu (velikost atd.) `<h1></h1>`, např. ohraničující text „Syntetické makromolekulární látky“:

`<h1>`Syntetické makromolekulární látky`</h1>` se na stránce zobrazí takto: **Syntetické makromolekulární látky**

Jako příklad HTML dokumentu a některých tagů lze uvést:

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.0 Transitional//EN">
```

`<html>` - párový tag, kterým začíná HTML kód

`<head>` - párový tag, kterým začíná hlavička HTML dokumentu

`<title>`Struktura`</title>` - mezi párovým tagem je uveden nadpis stránky

`<meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=windows-1250" />` - tag, který udává znakovou sadu (správné zobrazení češtiny)

`</head>` - párový tag, který ukončuje hlavičku HTML dokumentu

`<body>` - párový tag, který začíná tělo dokumentu – co se zobrazí

Tagy k formátování textu:

`<h1>`Struktura`</h1>` - párový tag, udávající styl nadpisů (od h1 do h6)

`<p>` - párový tag, který začíná odstavec

`<a href="kovalentnistruktura.html">`Kovalentní struktura`</a>` - párový tag, který nese odkaz na jinou stránku či jinou část stránky

`` - tag, který umístí obrázek na stránku

`<ul>` popř. `<ol>` párové tagy, které označují, že bude následovat seznam (ul je bodový, ol je číselný)

`<li>` lineární

`<li>` rozvětvený

`<li>` zesíťovaný - tagy, které udávají jednotlivé body seznamu a nejsou párové

`<li>` prostorově zesíťovaný

`<li>` katetanový

`</ul` popř. `/ol>` - párový tag, který ukončuje seznam

`</p>` - párový tag, který ukončuje odstavec

`</body>` - párový tag, který ukončuje tělo dokumentu

`</html>` - párový tag, který ukončuje HTML kód [62]

## IX.2. CSS

CSS neboli Cascading Style Sheets (tabulka kaskádových stylů) jsou metody pro grafickou úpravu webových stránek. Jejich název je odvozen z toho, že se na sebe mohou vrstvit definice stylu, přičemž platí pouze ta poslední. Jejich obrovskou výhodou je, že lze provádět rychlé a snadné úpravy webové stránky prostým nadefinováním stylu pro dané elementy stránky, čímž jsou všechny tyto elementy, ať se nacházejí kdekoliv na stránce, naformátovány touto definicí. Pokud tedy např. chceme změnit styl nadpisu z *h1* na *h2* ve všech částech rozsáhlé stránky, nadefinujeme tuto změnu v příslušném css souboru a změna proběhne na všech místech webové stránky. Odpadá tak poněkud obtížná změna přímo v HTML kódu každého stylu na každé části stránek, které již byly vytvořeny a nebo budou vytvořeny. Styl lze nadefinovat třemi způsoby. Prvním způsobem je přímo v textu pomocí atributu `style="..."`, který bývá označován jako přímý styl. Druhý způsob je pomocí tzv. „stylopisu“ (v angl. „stylesheet“), který je umístěn v hlavičce stránky a je umístěn mezi tagy `<style>` a `</style>`. Třetím způsobem je externí stylopis (`style*.css`), na který se stránka odkazuje pomocí tagu `<link href="style.css" rel="stylesheet" type="text/css" media="screen" />`. Stylopis je umístěn v tomto souboru, který slouží velmi rychle a efektivně při změnách formátu, které probíhají na všech stránkách současně. Asi nejvhodnější je využití externího stylopisu, které může velmi rychle přeformátovat více stránek najednou [62].

## IX.3. Obrázky a grafická úprava stránky

Důležitým faktorem webových stránek je jejich grafická úprava, která slouží k jejich přehlednosti a k prezentaci uživatelům. Nejen příjemná grafická úprava, vymezující styl webové stránky, ale také další prvky v podobě obrázků, fotek či grafů, přitahují jedince

k jednotlivým stránkám. K těmto účelům byl využit program Adobe Photoshop, ve kterém se dají vytvořit či upravit jednotlivé grafické prvky.

V programu Adobe Photoshop byly upraveny grafické prvky, které byly staženy v souboru css stylu, dále byly upraveny vyfocené či stáhnuté obrázky a fotografie z internetu, a nebo byly vytvořeny v programu ChemSketch, popřípadě byly obrázky zcela vytvořeny pomocí tohoto programu. Bylo použito dvojího formátu obrázku, jedním je formát png a druhým jpg.

## X. Struktura internetové stránky

Ve vlastním rozložení webu a jednotlivých položkách menu je snaha o jednoduchost a přehlednost. Záhloví stránek tvoří hlavička, pod kterou je umístěno hlavní horizontální menu a po levé straně je umístěno vertikální menu, zbytek prostoru je věnován obsahu zvolené kapitole. Hlavní horizontální menu je rozděleno do kategorií: „Home“, „Historie“, „Slovníček“, „Klasifikace“, „Struktura“, „Vlastnosti“, „Reakce“, „Polymery“ a „Recyklace“. Obsah levého panelu a hlavičky se nemění, na stránkách se mění pouze barevné zbarvení, které je rozděleno na základě hlavních kategorií (stránka úvodu je světle modrá, historie je tmavě modrá, slovníček je hnědý, klasifikace je fialová, vlastností je červená, stránky věnované struktuře jsou žluté, reakcím jsou černé, polymerů jsou zelenomodré a recyklace jsou zelené). S jednotlivými kategoriemi se také mění i barva jeho pozadí, která je výrazně světlejší než barva použitá v ostatních oblastech, a v CSS byly určeny jednoduché styly pro všechny součásti stránek. V levém vertikálním panelu se nachází vedlejší menu, které je tvořeno těmi kategoriemi, které se dále dělí do podkategorií („Struktura“ a „Reakce“). Všechny stránky se snaží obsahovat vhodné doplňující obrázky, fotografie, vzorce nebo rovnice k dotvoření celkového obrazu syntetických makromolekulárních látek.

### Mapa stránek

Jak již bylo řečeno, web je rozdělen do devíti kategorií. První kategorií je uvítací část „Home“, ve které se uživatel dovídá, že plasty jsou nedílnou součástí našeho života a vzhledem k jejich velkému využívání musí nutně docházet k jejich odborné likvidaci či recyklaci.

V druhé kategorii „Historie“, se rozebírá využívání kaučuku a původ jednotlivých plastů, a to od Mayů přes Goodyeara až po současnost. „Slovníček pojmů“ ve třetí kategorii přináší pojmy spojené s makromolekulární chemií a plasty.

Kategorie „Klasifikace makromolekulárních látek“ se zabývá rozdělením polymerů podle původu na přírodní a syntetické. Všechny tyto části jsou doplněny vhodnými obrázky.

„Struktura polymerů“ představuje jakýsi rozcestník na jednotlivé podkategorie struktury polymerů. Uživatel se na této stránce dozvídá, že struktura polymerů byla objasněna až

v druhé polovině 20. století a že se rozlišují čtyři základní struktury, u kterých je uveden stručný popis a kliknutím na jejich název se může přejít na danou strukturu. V jednotlivých podkategoriích (primární, sekundární, terciární a kvartérní struktura) se návštěvník dozví podrobnější informace o těchto strukturách.

Ve „Vlastnostech syntetických polymerů“ je uvedeno, jak může velikost polymerního řetězce, tvar polymeru, poloha substituentů, energie chemické vazby, typ vazby v řetězci, mezimolekulární přitažlivé síly či velikost vázaných substituentů ovlivnit vlastnosti polymerů, např. čím je řetězec delší tím je polymer pevnější, méně rozpustný a odolnější vůči vyšším tlakům.

Kategorie „Reakce“ (přesněji členění reakcí) je věnována základnímu dělení reakcí, kterými vznikají polymery. Návštěvník je informován, že jsou reakce řetězové a neřetězové a jaké reakce pod jednotlivý typ patří. Na uvedené podkategorie (polyreakce) jsou uvedeny odkazy. V těchto podkategoriích jsou podrobně rozebrány jednotlivé polyreakce s uvedením polymerů, které se danou reakcí syntetizují. Tedy např. u polymerizace je uveden dvojitý mechanismus reakcí: radikálový a iontový, na této stránce je probrán mechanismus reakce obecněji, tedy u obou je napsáno, že probíhají ve třech stupních, a to iniciace, propagace a terminace. Odkazem na podpodkategorii radikálové polymerizace se dostaneme na stránku, kde jsou jednotlivé části probrány podrobněji. Stejně tak jsou probrány i iontové reakce. Součástí kategorie „Reakce“ v menu levého panelu je uvedena podkategorie Chemické reakce polymerů, ve které jsou probrány reakce, kterými se základní polymery síťují, přeměňují funkční skupiny, roubojí či degradují, jako příklad lze uvést vulkanizaci kaučuku či nitraci celulosy.

Kategorie „Polymery“ je opět jakýsi rozcestník, na této stránce jsou uvedeny nejběžnější zástupci syntetických polymerů, které jsou rozděleny podle typu polyreakce, kterou byly syntetizovány. Každý polymer je probírán zvláště s důrazem na jejich vlastnosti a praktické využití.

Poslední kategorií je „Recyklace“, která je věnována důležitosti recyklace a značení plastů.

Na obrázku 89 je ukázka vzhledu webové stránky.





Obr. 89 Screenshot webové stránky syntetické makromolekulární látky

V zásadě je webová stránka věnována novým materiálům koncipována stejně, jako stránka k syntetickým makromolekulárním látkám.

Web je rozdělen na pět sekcí, kromě úvodu popisujícímu dané materiály je každá sekce věnována jednomu materiálu s tím, že u materiálu je popsána krátce historie jeho vzniku, princip funkce, vlastnosti a praktické využití.

## XI. Další výukové materiály

Tato diplomová práce si klade za cíl přinést učitelům a žákům SŠ relativně komplexní sbírku materiálů ke zvolenému tématu, tak, aby je učitel mohl využít co nejlépe dle svých požadavků a potřeb a doplňovat různé formy výuky formami jinými. Součástí práce tak je nejen prezentace, výukový text a webová stránka, ale také, v menší míře, laboratorní experimenty, pracovní listy, testy a hry. Těmito materiály se zabývá tato část diplomové práce.

### XI.1. Laboratorní experimenty

Nedílnou součástí výuky chemie by měli být laboratorní experimenty, proto bylo do této práce zařazeno několik pokusů. Aby byl materiál komplexní, bylo vybráno několik experimentů více či méně dobře známých. Některé jsou již tradičně prováděny na školách nebo např. přímo na Katedře učitelství a didaktiky chemie PŘF UK a zde jsou uvedeny pouze pro úplnost s příslušnou citací. Dále byly použity experimenty, které jsou součástí mé bakalářské práce *Výběr a testování výukových materiálů a jednoduchých experimentů pro web [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz)* [11], což je případně uvedeno u představeného experimentu. Ostatní experimenty byly nalezeny prostřednictvím internetu (příslušná citace je vždy uvedena přímo u experimentu), přeloženy, dle potřeb (povětšinou mírně) modifikovány, dále byly vyzkoušeny a otestovány, byla pořízena fotodokumentace a zpracován český návod či pracovní list. Vzhledem k tomu, aby tyto materiály nezabíraly příliš mnoho místa, jsou v práci řazeny postupně za sebou bez vynechávaného volného místa. Ale na přiloženém CD jsou tyto materiály umístěny v souborech samostatně na přiměřeném počtu stránek.

Experiment z bakalářské práce:

#### 1. Vlastnosti makromolekulárních látek

Zdroj: <http://www.scifun.org/homeexpts/homeexpts.html> [63]

Didaktický záměr: Vysvětlení pojmu zesíťovaný polymer a jeho vlastnosti

Popis: Studenti si vyzkoušejí vlastnosti zesíťovaného polymeru.

Výhody: Levné a velice rychlé, bez použití nebezpečných chemikálií.

Nevýhody: Při méně opatrném zacházení balonek okamžitě praskne.

Zkušenosti při realizaci: Balonek je třeba nafouknout tak, aby jeho průměr byl menší než 10 cm (nebo jinak řečeno, kratší, než je délka špejle). Špejli je třeba protahovat velmi opatrně.

Typ experimentu: laboratorní, demonstrační

**Název: Konstituční vlastnosti makromolekulárních látek**

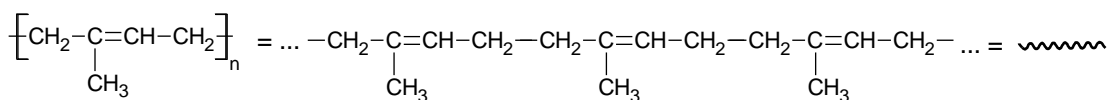
**Doba experimentu:** 10 minut

**Zadání:** Protáhněte špejli skrz balónek, aniž by okamžitě praskl

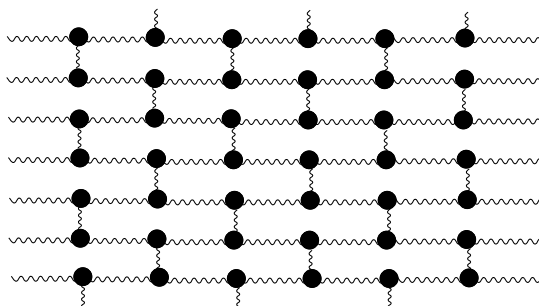
**Chemikálie a pomůcky:** vazelína, balonek (lepší vyšší počet), dlouhá dřevěná špejle

**Princip:** Balonek je vyroben z materiálu, který se nazývá zesíťovaný polymer.

To znamená, že polymerní řetězce, které jsou tvořeny makromolekulami lineárního řetězce složeného ze stále se opakujících jednotek spojených kovalentní vazbou, jsou navzájem dále propojeny tak, že tvoří vícerozměrnou strukturu.

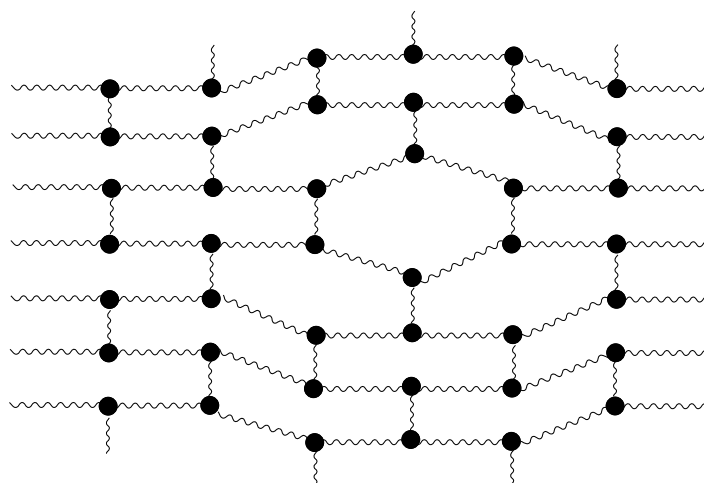


Lineární polymer

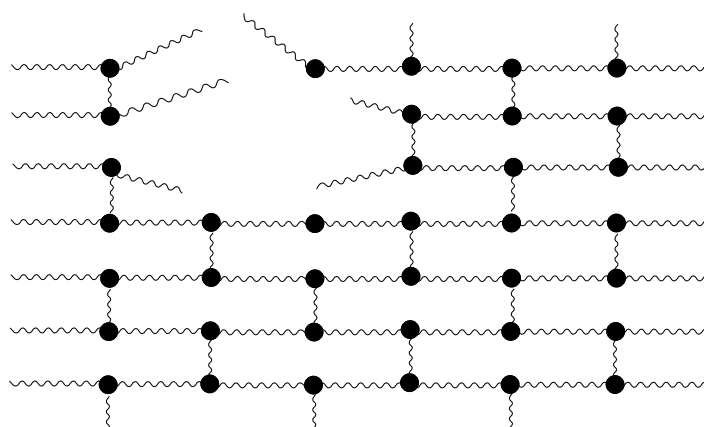


Zesíťovaný polymer

Toto spojení drží molekuly polymeru propojené a dovoluje jeho natahování, až do určitého bodu, kdy je síla nebo napětí na příčné vazy příliš velké a dochází k jejich rozbití a roztržení polymeru.



Po natažení zesíťovaného polymeru



Po roztržení zesíťovaného polymeru

- Postup:** 1) Nafoukněte balonek a zavažte ho.  
 2) Špejli ponořte do vazelíny a rozetřete po celé délce špejle.  
 3) Špejli protáhněte pomalým a jemným otáčením naproti uzlu balonku. Pokračujte dál v jemném kroucení špejle a postupujte k uzlu balonku.  
 4) Když se špejle dostane k uzlu balonku, opět daleko opatrněji začněte s pomalejším a jemnějším otáčením špejle.  
 5) Při průchodu špejle skrz stěnu balonku můžete už špejli vytáhnout rychleji.  
 6) Zkuste protáhnout špejli napříč balónkem.

**Závěr:** Díky nižšímu napětí balonku u vrcholu a uzlu můžeme protáhnout špejli skrz balonek bez toho, že by praskl, neboť struktura polymeru není narušena

roztržením řetězců, ale pouze jejich roztažením. Při „hrubším“ použití špejle dojde k prasknutí řetězců polymeru a roztržení balónku. Síly působící na zesíťované polymery tedy ovlivňují jejich vlastnosti a možnosti použití.

a) Špejle skrz stěnu balonku



b) Pomalé kroucení špejle pro proražení stěny



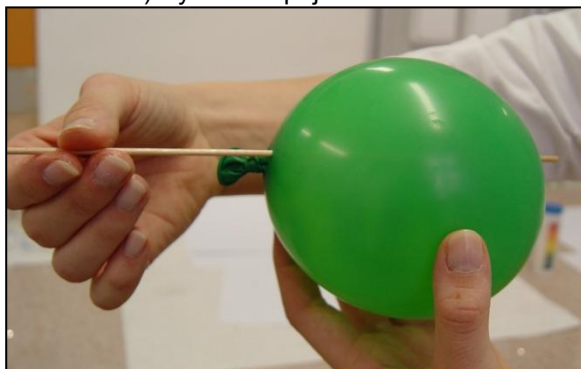
c) Průchod špejle skrz stěnu balonku



d) Špejle skrz balonek



e) Vytažení špejle z balonku



f) Balonek po průchodu špejle pomalu uniká



Experiment z bakalářské práce:

## 2. Gluep

Zdroj: <http://www.scifun.org/homeexpts/homeexpts.html> [63]

Didaktický záměr: Předvedení polymeru a jeho vlastností.

Popis: Studenti si připraví polymer a sledují jeho mechanické vlastnosti.

Výhody: Rychlé, levné a jednoduché.

Zkušenosti při realizaci: Je opravdu nutné použít teplou vodu, jinak se nedocílí vzniku Gluepu, se kterým lze provádět následné testy. Ředění lepidla je přibližné, maximální ředění by mělo však být 1:1.

Ty experimentu: laboratorní, demonstrační

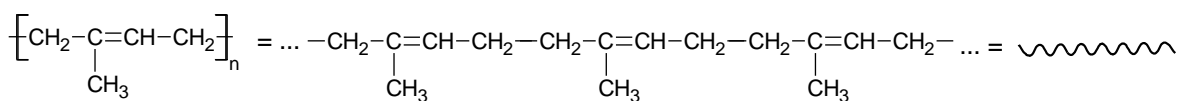
**Název:** Gluep

**Doba experimentu:** cca 20 minut

**Zadání:** Vytvořte si vlastní polymer

**Chemikálie a pomůcky:** borax, dvě kádinky (stačí jedna větší a jedna menší), bílé lepidlo, váhy, horká voda, skleněná tyčinka, barviva, lžice, hadr

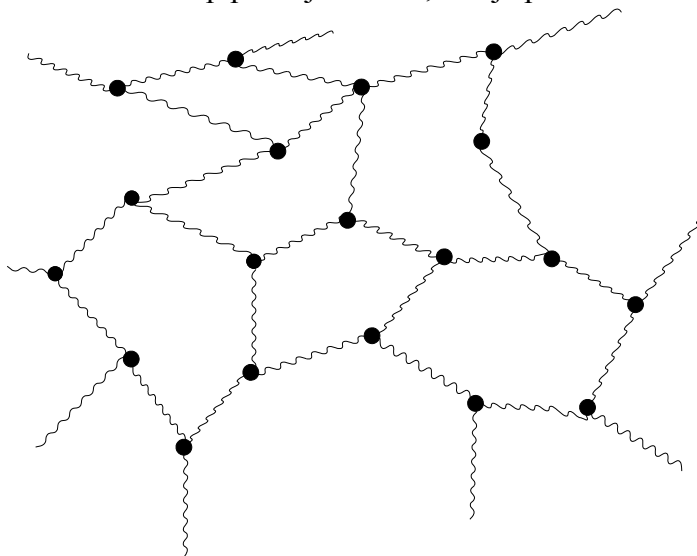
**Princip:** Plasty jsou látky složené z velkých makromolekul, jejichž struktura se podobá řetězu. Tyto molekuly jsou tedy složeny z mnoha malých opakujících se jednotek, jako jednotlivé články řetězu.



Lineární polymer

Bílé lepidlo je směs vody s polymerem. Molekuly polymeru jsou tvarované jako velmi malé kusy špaget. Zamotané molekuly dělají lepidlo tuhé a vazké spíše než tekuté. Při vystavení lepidla na vzduch dochází k odpařování vody z molekuly polymeru. Zamotané molekuly se drží povrchu, na kterém došlo k vysušení, a spojují povrchy dohromady.

Borax obsahuje borité ionty. Tyto ionty mohou tvořit spojení mezi dlouhým, tenkým polymerem molekuly v lepidle, což způsobuje vytvoření trojrozměrné sítě. Tato síť dělá Gluep pevnější látkou, než je prosté tekuté lepidlo.



Zesíťovaný polymer, obrázek je pouze dvourozměrný, Gluep má ve skutečnosti trojrozměrnou síť

- Postup:**
- 1) V jedné sklenici rozpusťte ve 100ml horké vody cca 4g boraxu a míchejte do doby, než se všechno rozpustí.
  - 2) V druhé sklenici rozpusťte v 5-6ml horké vody cca 10ml lepidla, přidejte několik kapek barviva a důkladně promíchejte.
  - 3) Ke směsi lepidla přidejte 2 lžíce roztoku boraxu a míchejte.
  - 4) Po vytvoření hroudy, vyndejte, osušte a zpracujte v ruce několik minut.
  - 5) Pohrajte si se vzniklým zesíťovaným polymerem a uveďte, jak se liší od lineárního polymeru, který je v lepidle.

**Závěr:** Byl vytvořen polymer s názvem Gluep, u kterého byly pozorovány jeho mechanické vlastnosti. Vytvořený Gluep byl pevnější, méně lepkavý, plastický a pružnější než výchozí polymer.



Připravený Gluep

### 3. Příprava nylonu

Zdroj: Katedra učitelství a didaktiky chemie PřF UK v Praze, laboratorní experimenty pod vedením Dr. Šulcové, Dr. Martínka, Dr. Hybelbauerové

Didaktický záměr: Předvedení polymeru a jeho vlastností.

Popis: Studenti si připraví polymer a sledují jeho mechanické vlastnosti.

Výhody: Ukázka příprava vláknotvorného polymeru.

Zkušenosti při realizaci: Namotávat opatrně, jinak se vlákno přetrhne.

Ty experimentu: demonstrační

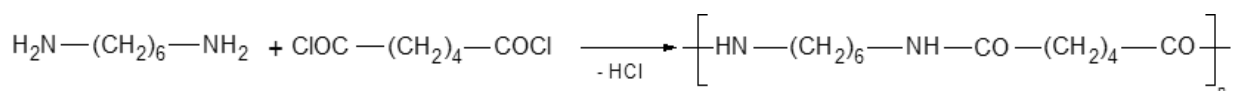
**Název:** Vytvořte si vlastní nylonové vlákno

**Doba experimentu:** cca 30 minut

**Zadání:** Vytvořte si vlastní polymer

**Chemikálie a pomůcky:** roztok adipoylchloridu v hexanu, vodný roztok hexan-1,6-diaminu kádinka, tyčinka, pinzeta

**Princip:** Polymery se mohou připravovat třemi možnými polyreakcemi, a to polymerizací, polykondenzací a polyadicí. Při polymerizaci dochází k adici na dvojnou vazbu monomeru (makroiontem nebo radikálem), při polyadici dochází ve většině případů k uvolnění oxidu uhličitého a tím k expanzi polymeru, poslední reakcí je polykondenzace, při které ze dvou monomerů vzniká polymer a zároveň se uvolní nízkomolekulární látka. Mezi typické látky připravované polykondenzací jsou polyamidy, které se připravují reakcí minimálně dikarboxylových kyselin nebo jejich halogenidů s diaminem a uvolňuje se voda nebo halogenovodík.



- Postup:**
- 1) Do úzké vyšší kádinky vlijte roztok adipoylchloridu v hexanu.
  - 2) Roztok v kádince podvrstvěte vodným roztokem hexan-1,6-diaminu.
  - 3) Na rozhraní obou fází vznikne film (syntetický polymer).



- 4) Uchopte vzniklý syntetický polymer pinzetou a vytáhněte nad hladinu a namotejte na skleněnou tyčinku.
- 5) Jaké má vzniklý polymer mechanické vlastnosti?
- 6) Jak se nazývá vzniklý polymer a jaké má označení?

**Závěr:** Na rozhraní fází vznikl syntetický polymer, který se dal v podobě vlákna natáčet na skleněnou tyčinku. Vzniklý polymer je vláknotvorný, tvrdý a pevný, jehož název je nylon a značí se PA 6,6.

#### **4. Připravte si vlastní sýr**

Zdroj: <http://chemistry.about.com/cs/howtos/ht/> [64], Katedra učitelství a didaktiky chemie PřF UK v Praze, laboratorní experimenty pod vedením Dr. R. Šulcové, Dr. Martínka a Dr. Hybelbauerové

Didaktický záměr: Předvedení polymeru a jeho vlastností.

Popis: Studenti si připraví polymer z mléka

Výhody: Rychlé, levné a jednoduché.

Ty experimentu: laboratorní, demonstrační

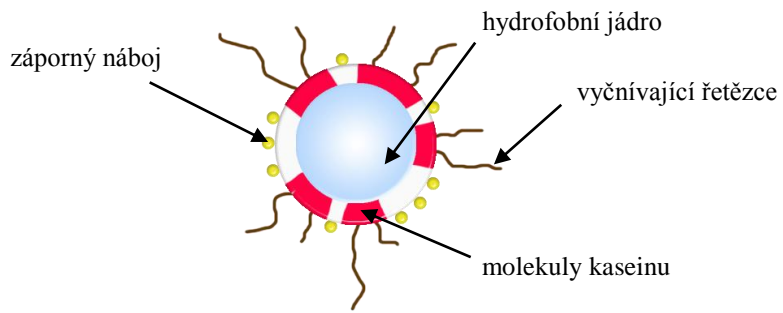
**Název:** Polymer z mléka

**Doba experimentu:** cca 20 minut

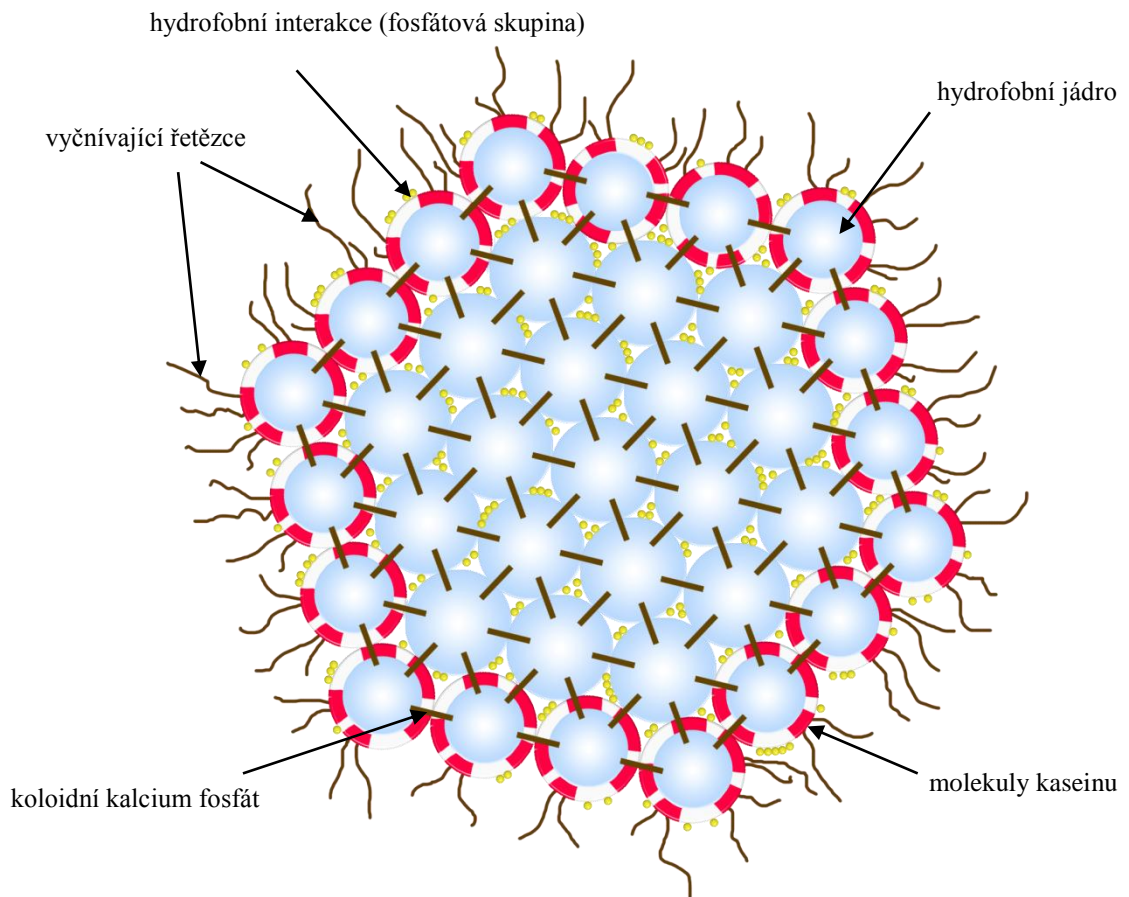
**Zadání:** Izolujte si polymer z mléka

**Chemikálie a pomůcky:** mléko, ocet nebo citroněk, kádinka, vaříč

**Princip:** Mléko mj. je tvořeno emulzními kuličkami tuku, tzv. micelami, ve vodném prostředí. Tyto micely jsou obklopeny membránou fosfolipidů a bílkovin, které jsou tvořeny převážně kaseinem. S kaseinem jsou spojeny záporné náboje, které zabraňují, aby se jednotlivé micely spojily (odpuzují se). To je příčinou toho, že mléko je kapalina.



**Struktura submicely**



**Struktura micely**

Obrázky nakresleny podle materiálů dostupných na [http://www.vscht.cz/tmt/studium/chemie\\_mleka/P404a\\_scr.pdf](http://www.vscht.cz/tmt/studium/chemie_mleka/P404a_scr.pdf)

Stabilita micel může být narušena změnou pH (okyselení), vysokým tlakem, močovinou či zvýšením teploty.

K překonání odpuzujících sil mezi micelami je docíleno neutralizací, a to pomocí kyseliny, jejíž volné protony se napojí na kasein (záporné náboje) a tím neutralizují záporný náboj. Neutrální micely se začnou shlukovat a vysráží se tak v podobě sýru, což je tuk s kaseinem.

**Postup:** 1) Půllitru mléka povaříme na pánvi.

2) Přidejte několik lžiček octa (citronku). Pokračujte v přidávání octa do směsi do začátku krystalizace.

3) Odstavte z vařiče a nechte ochladit.

4) Vytvořenou kaučukovitou sraženinu opláchni ve vodě.

**Závěr:** Pomocí octa byl z mléka izolován kasein, který je v mléce přítomen v micelách.

Je zřejmé, že po chemickém podnětu, kterým je změna pH roztoku, tedy zvýšení koncentrace  $\text{H}_3\text{O}^+$  iontů, mění svou konformaci, čímž dojde ke změně stavu celého systému

## 5. Žvýkačka

Zdroj: článek Chewing Gum and Solubility z Journal of Chemical Education od autorů Montes-González, Clintron-Maldonado, Pérez-Medina, Montes-Berrios and Román-López [65]

Didaktický záměr: Demonstrace rozpustnosti polymerů

Popis: Žáci si vyzkouší rozpustnost přírodního polymeru

Výhody: Rychlé, levné a jednoduché.

Zkušenosti při realizaci: Rozpouštění žvýkačky lze podpořit mírným zahřátím na 30 - 40°C. Úlohu lze snadno modifikovat i zúžit nebo rozšířit množství zkoumaných látek.

Typ experimentu: laboratorní

**Název:** Žvýkačka

**Doba experimentu:** cca 5 minut

**Zadání:** Ověřte, zda je možné polymery ve žvýkačce nějak rozpustit.

**Chemikálie a pomůcky:** čokoláda, cukr, olej, voda, 4 kádinky (50-100 ml), tyčinka nebo špachtle, zuby

**Princip:** Domníváte se, že polymery jsou rozpustné? Zkušenost obvykle hovoří proti tomuto tvrzení, např. pokus o rozpuštění linolea ve vodě nevede k úspěchu (naštěstí, protože jinak by to při vytírání nemuselo dopadnout dobře). Podobné je to se žvýkačkou, která je v zásadě tvořena polymerem polyisobutadienem. To, že je ve vodě nerozpustná, nám ji umožní žvýkat téměř nekonečně dlouho. Ale, ve „světě rozpustnosti látek“ platí pravidlo známé již starým alchymistům, že „Similia similibus dissolvuntur“, neboli „Podobné se rozpouští v podobném“. Nepochopitelně (zjednodušeně lze říci takové, které se nemísí s vodou - to není řečeno přesně, ale pro začátek a vystižení podstaty těchto látek to stačí) se tak rozpouští v rozpouštědlech nepolárních (benzín, chloroform apod.), polárních (např. chlorid sodný – kuchyňská sůl) naopak v polárních rozpouštědlech (voda, etanol – líh). Budeme-li chtít tedy nepolární mastnou skvrnu umýt samotnou vodou, moc to nepůjde (nebo musíte hodně přitlačit), použijeme-li ale benzín nebo do vody přidáme detergent, půjde vše lépe. Lze tedy také polymery rozpustit v nějakém „podobném“ rozpouštědle a nebo se polymery prostě nerozpouští v ničem. Podíváme-li se na strukturu polyisoprenu, je zřejmé, že se bude jednat o nepolární látku. Ve vodě tedy nejspíše rozpustit nepůjde. Co ale zkusit nepolární rozpouštědla, jako tuky a oleje?

- Postup:** 1) Rozžvýkejte jednu žvýkačku a rozdělte ji na tři díly, dva menší a jeden větší. Větší díl se pokuste uchovat v takovém stavu, aby byl nadále požitelný, budete jej ještě žvýkat.
- 2) Připravte si 4 kádinky. Do dvou kádinek dejte olej a do dalších dvou vodu. Pokuste se rozpustit žvýkačku v kádince s vodou a posléze v kádince s olejem. Totéž učiňte s cukrem. Pozorujte a zaznamenejte výsledky. V dalším kroku vyzkoušejte rozpustnost čokolády v jednotlivých rozpouštědlech. Vodu ochutnejte. Výsledky zaznamenejte.
- 3) Vezměte největší díl žvýkačky a pokuste se jej rozžvýkat. Poté vyzkoušejte totéž s dílkem čokolády. Co pozorujete? Zaznamenejte pozorování.

- 4) Interpretujte a pokuste se odhalit složení čokolády a žvýkačky a jejich vzájemné interakce na základě znalosti vody a oleje. Formulujte závěr.

**Závěr:** Čokoláda je tvořená cukrem a kakaovým máslem. Žvýkačka je složená z kaučuku (nepolární látky) a cukru. Vzhledem k tomu se polymer žvýkačky rozpouští v nepolárním kakaovém másle (ale také v benzíně, oleji apod.). Polymery tedy mohou být rozpustné, pokud jejich struktura rozpouštění umožňuje (prakticky nerozpustná je např. řada zesíťovaných polymerů) a zároveň použijeme vhodné rozpouštědlo. Z toho důvodu se žvýkačka rozpustí v čokoládě. Při využití polymerů je tedy třeba dbát na tyto věci ohled a pokud očekáváme častý kontakt s vodou, není například vhodné aplikovat ve vodě rozpustný polymer

## 6. Polyuretanová pěna

Zdroj informací: *Makromolekulární chemie*, Prof. J. Vohlídal [66]

Didaktický záměr: Příprava polymeru a sledování vlivu iniciátoru při tvorbě polyuretanové pěny

Popis: Studenti si připraví polymer a sledují jeho mechanické vlastnosti.

Výhody: Rychlé a jednoduché.

Zkušenosti při realizaci: Postačí použít krabičky od zápalek. **Pracovat velice opatrně!**

Ty experimentu: demonstrační

**Název:** Polyuretanová pěna

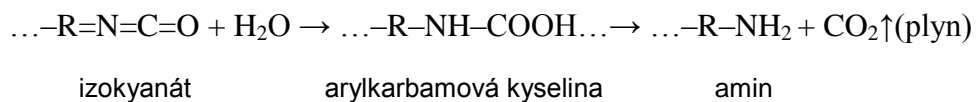
**Doba experimentu:** cca 30 minut + několik dnů na vyschnutí polyuretanové pěny

**Zadání:** Vytvořte si vlastní polymer

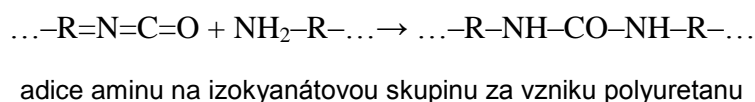
**Chemikálie a pomůcky:** polyuretanová pěna (ve spreji), 2 krabičky od zápalek, lampička, hodinky

**Princip:** Polyuretanové (PUR) pěny ve sprejích mohou být jednosložkové (prepolymer) nebo dvousložkové (dva monomery). Při polyadici vznikají –NH– skupiny, které se mohou v malé míře přeměňovat na izokyanátové skupiny. Během reakce dochází k iniciaci těchto skupin vodou (vzdušnou vlhkostí), vzniká

meziprodukt kyselina arylkarbamová, ze které dochází k eliminaci oxidu uhličitého, který napěňuje polyuretan.



Vzniklý amin reaguje s izokyanátem (monomeru či také nově vzniklé skupiny) a vzniká polyuretanový polymer.



PUR pěny se využívají jako izolace, jejich výhodou je, že nepropouští vodu, ale naproti tomu propouští vzdušnou vlhkost a tím zajišťují „dýchání“ izolované konstrukce.

- Postup:** 1) Vezměte krabičky od zápalek a jednu namočte ve vodě. Obě částečně uzavřete.
- 2) Do obou se pokuste nanést stejné množství polyuretanové pěny, přičemž jako první budete plnit suchou krabičku.
- 3) Pozorujte, jak rychle narůstá polyuretanová pěna.

**Závěr:** Byl vytvořen polymer polyuretan, který se u navlhčené stěny rozpíná rychleji. Vzdušná vlhkost působí jako iniciátor reakce.



Připravená polyuretanová pěna, vlevo PUR pěna vzniklá s navlhčenou krabičkou.



Řez PUR pěnou, vlevo PUR pěna vzniklá s navlhčenou krabičkou.

## 7. Želatinový polymer

Zdroj: <http://chemistry.about.com/cs/howtos/ht/> [64]

Didaktický záměr: Předvedení polymeru a jeho vlastností.

Popis: Studium vlastností přírodního polymeru.

Výhody: Rychlé, levné a jednoduché.

Zkušenosti při realizaci: Dobré je mít mističku s vyšším okrajem. 3 sáčky želatiny stačí na takové 2-4 mističky (záleží na velikosti). POZOR! Lépe je dát méně vody než více, jakmile je směs moc rozředěná, vzniklý polymer se trhá. Aby byl vzniklý polymer vícebarevný, lze přidat pár zrněk barviva po vylití do misky a tyčinkou rozptýlit. Při volném sušení dochází ke zkroucení tvaru, pokud je žádoucí mít tvar rovný, vložte polymer mezi mikrotenový sáček nebo papír a lehce jej zatíže.

Ty experimentu: laboratorní, demonstrační

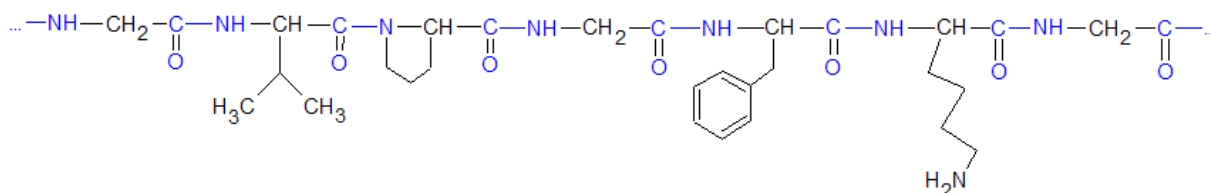
**Název:** Želatinový polymer

**Doba experimentu:** cca 65 minut (bez ztvrdnutí výrobku + minimálně 2 dny)

**Zadání:** Vytvořte si z želatiny pevný polymer

**Chemikálie a pomůcky:** 3 sáčky želatiny, 60 ml vody, potravinářské barvivo, plastové víko s hranou, vaříč, kádinka, tyčinku, párátko (k tvoření dírek)

**Princip:** Želatina je z velké části tvořena kolagenem, což je přírodní polymer (bílkovina) tvořený z aminokyselin.



Polypeptidový řetězec

Struktura kolagenu je tvořena třemi řetězci, které jsou mechanicky propleteny a stabilizovány vodíkovými vazbami mezi jednotlivými polypeptidovými řetězci. Vložením želatiny do horké vody dojde k přerušení vodíkových vazeb a rozpletení řetězců, které se mohou volně pohybovat, vznikne tak kapalná směs. Následným ochlazením opět dochází ke vzniku vodíkových vazeb mezi jednotlivými řetězci a k mechanickému propletení. Čím je ochlazení rychlejší, tím je propletení masivnější. Díky tomu dochází k horšímu pohybu polymerních řetězců a zafixování dané struktury a tvaru. Teplem a využitím vhodného rozpouštědla tak lze ovlivnit vlastnosti polymeru a jeho struktury. Po krátkém ochlazení lze vykrojit a vytvořit tak různé tvary, které dalším ochlazením ztvrdnou.

- Postup:**
- 1) Na pánvi nad malým plamenem smíchejte vodu s potravinářským barvivem.
  - 2) Přidejte 3 sáčky želatiny. Vařte a míchejte cca 30 sekund nebo do okamžiku než zhoustne.
  - 3) Nalijte želatinu do plastového víčka s hranou a nechte ji ochladit na stole po 45 minut.
  - 4) Po ochlazení vyjměte želatinový disk z víka.
  - 5) Pomocí vykrajovátek vytvořte různé tvary. Např. spirály s dírkami, bez dírek.
  - 6) Vaše výrobky ze želatiny nechte ztvrdnout po 2-3 dny.
  - 7) Zkuste jeden z odřezků vhodit do horké vody. Co se stalo?

**Závěr:** Vložením želatiny do vody se rozpustila, neboť došlo k porušení vodíkových vazeb. Tím se vytvoří směs, která ochlazením získá tvar jako forma, do které je nalita. Tuhnutím dochází k opětovnému vytváření vodíkových vazeb mezi řetězci polymeru a fixuje se nový tvar vytvořený při zpracování. Při opětovném vložením



vytvořeného tvaru do horké vody se polymer opět začal rozpouštět. Celé zpracování je tedy vratné a lze ho několikrát opakovat.



Ukázka želatinového polymeru

## 8 Limonáda

Zdroj: <http://chemistry.about.com/cs/howtos/ht/> [64]

Didaktický záměr: Předvedení přírodního polymeru a jeho vlastností.

Popis: Studenti si připraví polymer a sledují jeho mechanické vlastnosti.

Výhody: Rychlé, levné a jednoduché.

Ty experimentu: laboratorní, demonstrační

**Název:** Limonáda

**Doba experimentu:** cca 20 minut

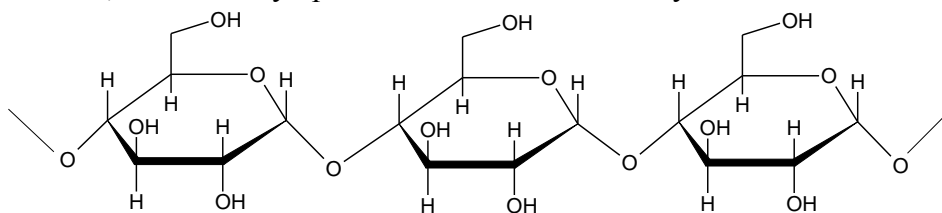
**Zadání:** Jaké vlastnosti má polymer, který rozpustíte ve vodě

**Chemikálie a pomůcky:** kukuřičný (může být i bramborový) škrob, potravinářské barvivo, mísa

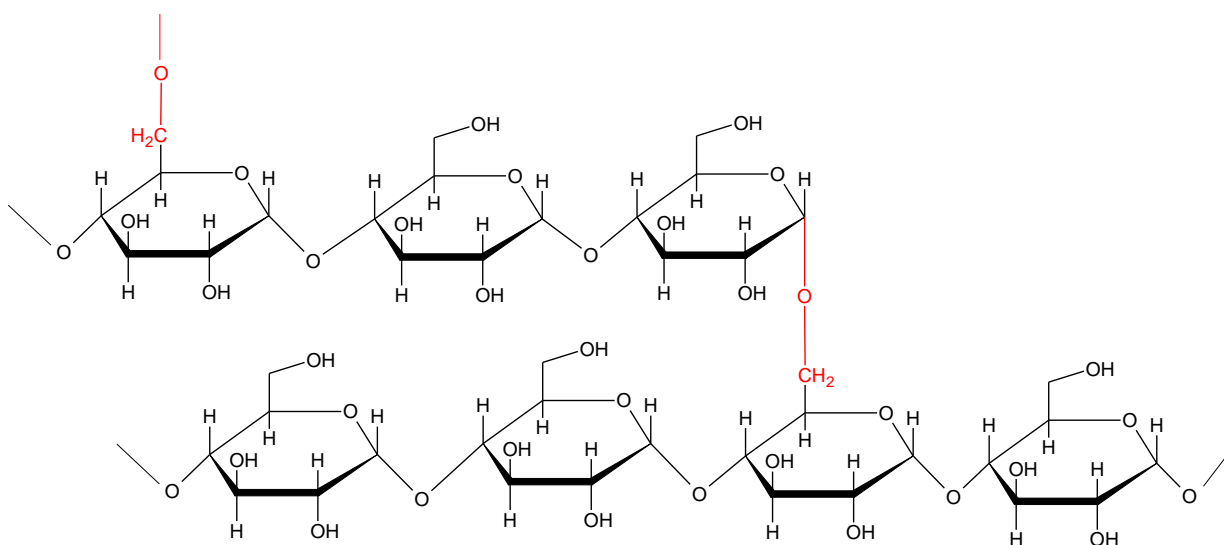
**Princip:** Rozpustnost polymerů závisí na jeho chemickém složení i na jeho struktuře.

Například polystyren nebo kaučuk jsou látky ve vodě nerozpustné, ale v organických rozpouštědlech se rozpustí, opakem je polyvinylalkohol, který je ve vodě rozpustný, ale v uhlovodíkových nebo chlorovaných uhlovodících se nerozpouští. Ne jinak jsou na tom i přírodní polymery jako je škrob, zásobní polysacharid rostlin, jehož základní stavební jednotkou je  $\alpha$ -D-glukosa. Škrob se

skládá ze dvou polysacharidů – amylosy a amylopektinu. Amylosa má lineární řetězec, zatímco amylopektin má řetězec rozvětvený.



Amylosa – lineární řetězec



Amylopektin – rozvětvený řetězec

Škrob se jen velmi pomalu rozpouští ve vodě, kdy obě tyto struktury v roztoku přecházejí do micel, podobně jako v mléce, ale tyto micely nejsou odpuzovány takovými silami jako je tomu v mléce. Dodáním i relativně malého množství energie lze způsobit, aby se jednotlivé micely spojily, a tím se může zdát, že kapalina „tvrdne pod rukama“. Pouze gravitací se ale micely pohybují rovnoměrně a tím se může zdát, že teče.

- Postup:**
- 1) V míse smíchejte kukuřičný škrob a půl šálku vody.
  - 2) Přidejte potravinářské barvivo (může být i bez zbarvení).
  - 3) Míchejte limonádu vašimi rukama.
  - 4) Zkuste přelít „limonádu“ do jiné kádinky.

**Závěr:** Limonáda se téměř nedala zamíchat, jako by ztuhla v ruce, při klepání na hladinu byl cítit odpor. Při přelívání směsi do kádinky se chová jako skutečná tekutina. Při poklepání dochází ke změně rychlosti a pohybu některých micel v limonádě, což vede ke spojení micel, které vyvolávají efekt tuhnutí. Při přelívání se však všechny micely pohybují stejně rychle a stejným směrem a tím vyvolávají efekt tekutiny.



Vytvořená limonáda

## **XI.2. Pracovní listy**

Součástí vypracovaných materiálů jsou dva pracovní listy, první je spjatý s prezentací syntetických makromolekulárních látek, ve kterém žáci mohou vyjádřit svoje představy o probírané látce před danou problematikou a následně si opravit mylné představy, nebo jej mohou používat na poznámky k prezentaci. Druhý pracovní list je spíše motivační a pro opakování během výuky. Vypracovány byly pomocí programu Microsoft Office Word [15] a jsou doplněné obrázky vytvořeny v programu Adobe Photoshop [17], ChemSketch nebo popř. stáhnuté ze stránek EKO-Kom [67].

Pracovní list k prezentaci Syntetické makromolekulární látky

**V jakých oborech se syntetické makromolekulární látky používají? Existuje nějaký, kde by se syntetické makromolekulární látky nedaly použít?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**Jaké jsou výhody a nevýhody syntetických makromolekulárních látek?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**Napište příklad přírodního a syntetického polymeru:**

.....

**Pokuste se vysvětlit pojmy:**

Syntetický materiál.....

Monomer.....

Oligomer.....

Polymer.....

Polymerizace.....

Depolymerizace.....

Homopolymer.....

Kopolymer.....

Máme 4 základní úrovně struktury polymerů – kovalentní, stereochemii, konformační a nadmakromolekulární.

**Pokuste se navrhnout, jak by mohly vypadat struktury jednotlivých polymerů:**

**Kovalentní struktura** – základní informace o chemické stavbě makromolekulárních řetězců

lineární		rozvětvený	
zesíťovaný		prostorově zesíťovaný	

**Stereochemická struktura** – vzájemná orientace sousedních stavebních jednotek

izotaktické		syndiotaktické	
ataktické			

**Konformační struktura** – celkový tvar jednotlivých makromolekulárních řetězců

spirálová konformace		statistické klubko	
-------------------------	--	-----------------------	--

**Nadmakromolekulární struktura** – uspořádání makromolekulárních řetězců v tuhých i kapalných polymerech

krystalická

amorfní

částečně

krystalická

**Navrhnete strukturu termosetů a termoplastů.**

termoset

(reaktoplast)

termoplast

**Polymerizace** – pojmenujte jednotlivé polymery, popř. napište, jak se jinak daný polymer může nazývat, a

napište jejich možné použití

PS .....

PE .....

PTFE.....

PP .....

PMMA.....

PVC .....

PVAC.....

polyisopren .....

polychloropren.....

**Polykondenzace** – pojmenujte jednotlivé polymery, popř. napište, jak se jinak daný polymer může nazývat, a

napište jejich možné použití

PA 6,6 .....

PA 6.....

fenolformaldehydové pryskyřice.....

aminoplasty.....  
epoxidové pryskyřice .....

**Polyadice** – napište jejich možné použití

Polyuretany .....

**Napište, proč je recyklace plastů důležitou součástí jejich existence.**

.....  
.....  
.....

**Pokuste si vzpomenout, co vše související s recyklací lze nalézt na obalu výrobku.**


**Odhadněte dobu rozkladu**

materiál	odhad doby rozkladu	doba rozkladu
sklo		
igelit		
cigaretový nedopalek		
jablko		
ponožka		
plechovka		
papír		
krabička od mléka		
pomeranč		
banánová slupka		
polystyren		

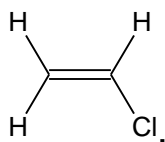
## Pracovní list - Syntetické makromolekulární látky

### 1) Základní pojmy

V roce 1839 americký vynálezce Charles Goodyear experimentoval s úpravou přírodní gumy pomocí přídavku síry, když, podle legendy, upustil kousek gumy se sírou na sporák. Tato "nová" guma projevovovala zlepšené vlastnosti a Goodyear pokračoval s dalšími experimenty a vyvinul proces zvaný jako „VULKANIZACE“, který zahrnuje vaření gumy se sírou.

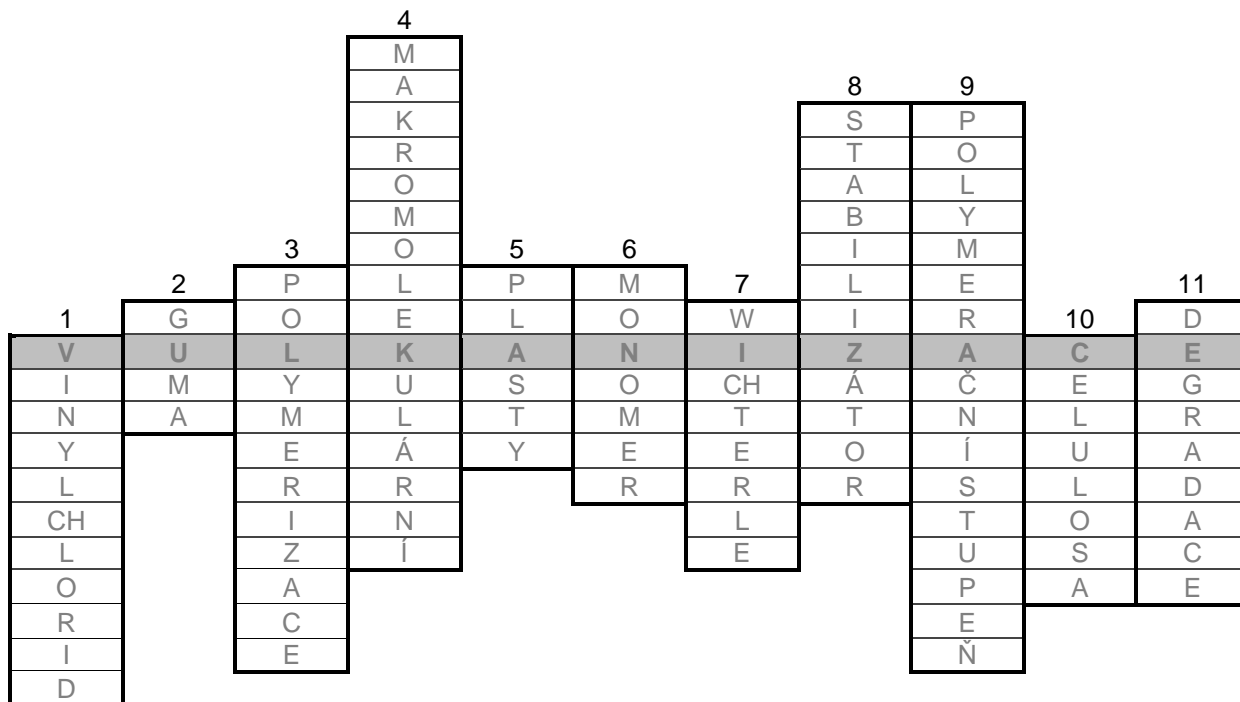
V porovnání s neupravenou přírodní gumou bývala Goodeyrova „VULKANIZOVANÁ guma“ silnější, odolnější proti obrušování, více elastická, méně citlivá na teplotu, nepropouštějící plyny a vysoce odolná na chemikálie a elektrický proud.

Název procesu zjistíte z tajenky.



1. Určete název sloučeniny
2. Pryž (materiál získaný ze surového přírodního nebo syntetického kaučuku přidáním vhodného síťovadla a působením tepla).
3. Chemická reakce, při které z malých molekul vznikají vysokomolekulární látky.
4. Látka, která se skládá z velkého počtu převážně dvojjazných stavebních jednotek.
5. Vícesložkové konstrukční a technické materiály.
6. Nízkomolekulární látka, z které vhodnými chemickými reakcemi lze připravit vysokomolekulární látky.
7. Český chemik, vynálezce kontaktních čoček, silonu.
8. Látka, která se přidává k nízkomolekulárním látkám, aby nedocházelo k jejich spontánnímu řetězení.
9. Číslo udávající počet stavebních jednotek.
10. Přírodní polysacharid, základní složka papíru.
11. Proces, při kterém se vysokomolekulární látky štěpí na nízkomolekulární.





## 2) Recyklace + rozdělení

Většinu plastů lze nalézt ve všech domácnostech, jistě i ve Vaší. Pomozte chránit životní prostředí. Ke každému kontejneru přiřaďte správné označení a jednotlivé věci rozdělte do těchto kontejnerů. (Krabice: polepené zelenou, modrou, bílou a žlutou barvou; papíry s označením kontejnerů; igelitová taška a v ní různé věci: barevné a bílé sklo, papír, nejvíce plasty, které se mohou dále rozdělit).

(přírodní: celuloza (papír); modifikovaný: film do fotoaparátu (nitroceluloza), pravítko (nitroceluloza); syntetické: silonky, kelímky, různé obaly, sáčky, lepidlo, apod.)

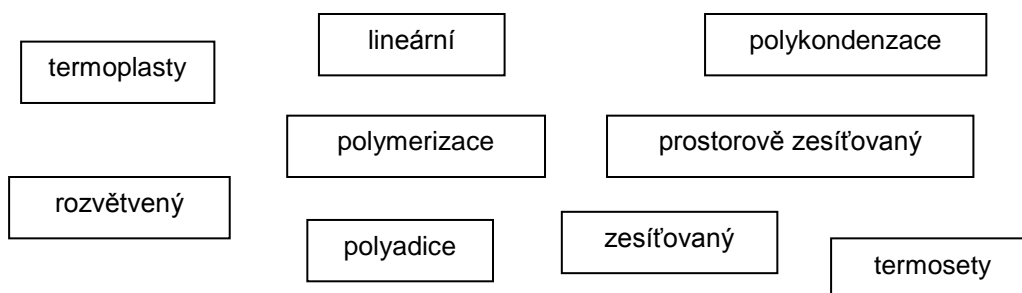


Obrázky převzaty ze stránek EKO-KOM, dostupný z <http://www.ekokom.cz/>

## 3) Rozdělení polymerů

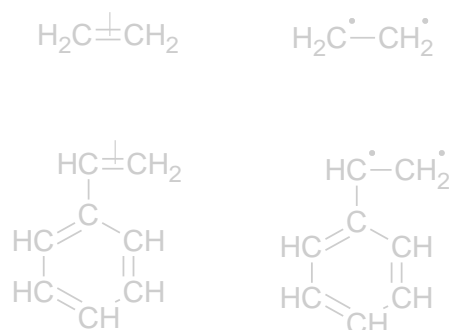
U rozříděných látek z úlohy 2 určete jejich původ, typ reakce jejich vzniku, tvar molekuly a chování za zvýšené teploty. Svoje vyhodnocení a pozorování si запиšte do tabulky.

<b>Původ</b>	PŘÍRODNÍ	MODIFIKOVANÝ	SYNTETICKÝ	
<b>Typ reakce jejich vzniku</b>	POLYMERIZACE	POLYKONDENZACE	POLYADICE	
<b>Tvar molekuly</b>	LINEÁRNÍ	ROZVĚTVENÝ	ZESIŤOVANÝ	PROSTOROVĚ ZESIŤOVANÝ
<b>Chování za zvýšené teploty</b>	TERMOPLASTY	TERMOSETY		



#### 4) Polymery připravené polymerizací

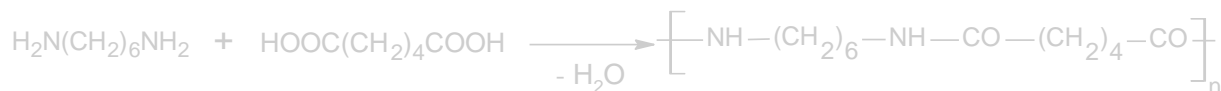
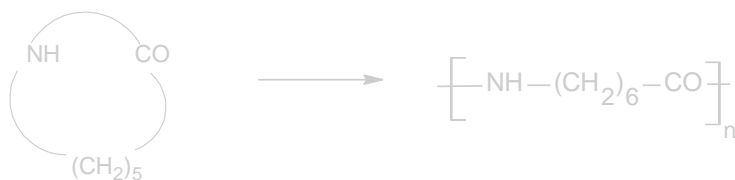
Z rozříděných plastů z úlohy 2 vyberte ty, které vznikají polymerizací (PE, PS, PP, PVC ...). Mezi tyto polymery patří polyetylen a polystyren. Napište jejich výchozí monomery a na struktuře vyznačte místo, kde dochází k polymerizaci.



**Dále doplňte větu:** Polymerizace je polyreakce, při níž reagují monomery na polymery bez vzniku VEDLEJŠÍHO PRODUKTU.

#### 5) Polymery připravené polykondenzací

Z plastů rozříděných v úloze 2 vyberte ty, které vznikají polykondenzací. Nejznámější z těchto látek je silon a nylon. Silon se připravuje z kaprolaktamu, nylon z kyseliny adipové a hexamethyldiaminu. Napiš tyto reakce.



**Dále doplňte větu:** Polykondenzace je ve většině případů reakce dvou různých monomerů, z nichž každý MÁ NEJMÉNĚ DVĚ REAKTIVNÍ charakteristické skupiny, přičemž vzniká vedlejší produkt.

### 6) Polymery připravené polyadici

Co je charakteristickým znakem polyadice? PŘENOS PROTONU V ŘETĚZCI

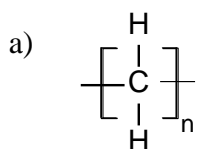
Polyuretany se mj. mohou používat k přípravě molitanu. Napiš chemickou reakci vzniku polyuretanu připraveného z butan-1,4-diolu s hexamethyldiizokyanátem.



### 7) Složení polymerů

Přiřadte k jednotlivým pojmům správný(é) obrázek(y)

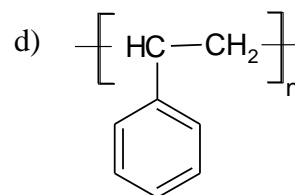
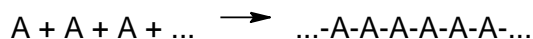
1. Stavební jednotka: d, e
2. Kopolymerizace: b, f, g
3. Základní strukturní jednotka: d, e, a, h
4. Homopolymerizace: c



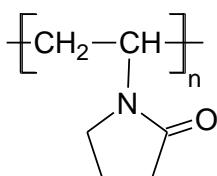
b)



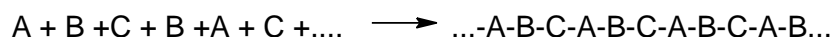
c)



e)



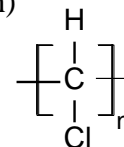
f)



g)



h)



Poté z monomerů: tetrafluorethylen; kyseliny adipové a ethylendiaminu vytvořte polymery.

U polymerů poté určete: stavební jednotku, základní strukturální jednotku, a jestli se jedná o kopolymer nebo homopolymer.



KOPOLYMER: STAVEBNÍ JEDNOTKA = ZÁKLADNÍ STRUKTURNÍ JEDNOTKA

## 8) Struktura

Přiřadte k jednotlivým pojmům správný(é) obrázek(y) a určete, pod jakou strukturou pojem patří (konformační, kovalentní, nadmakromolekulární nebo kovalentní).

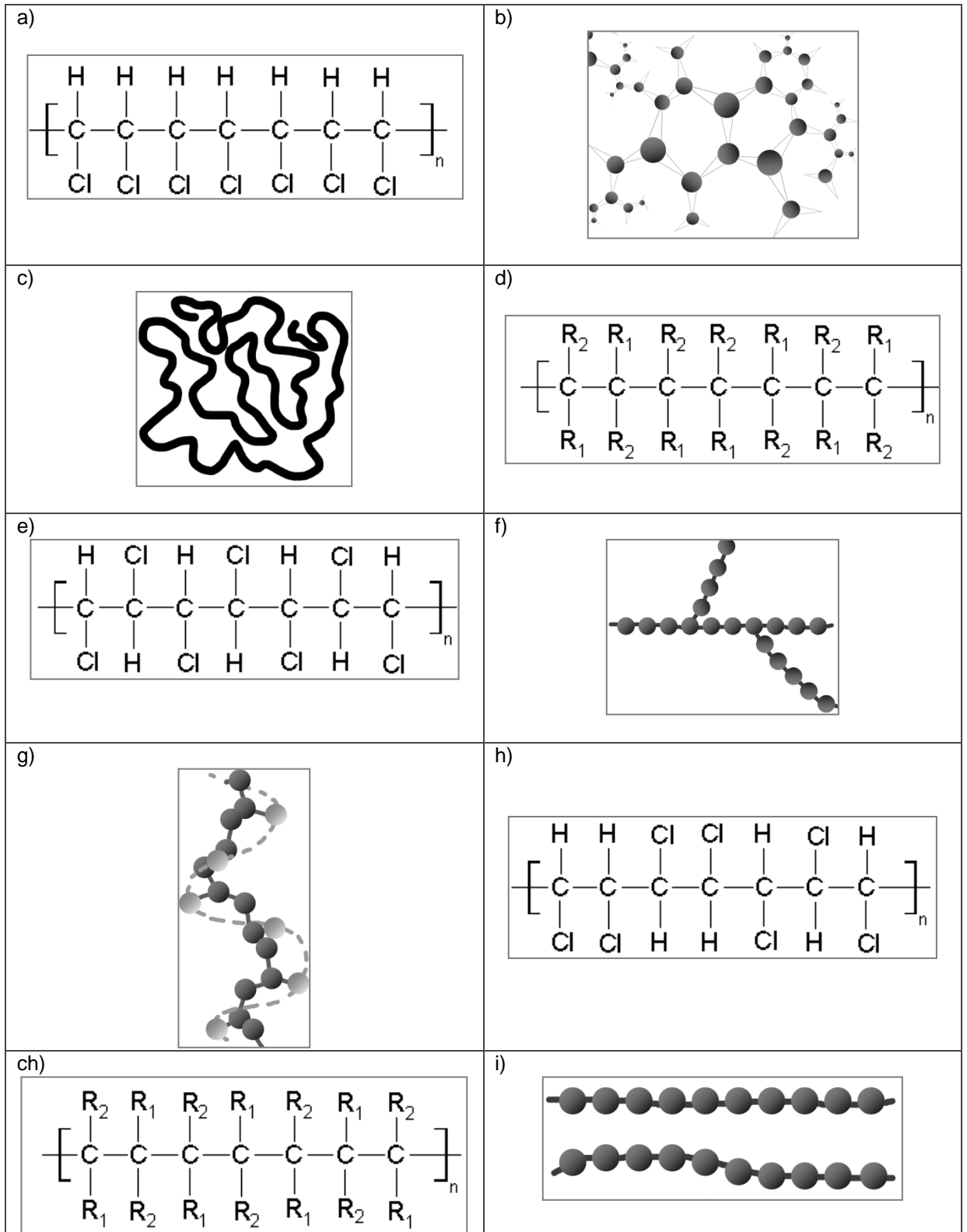
1. Izotaktické uspořádání: STEREOCHEMICKÁ STRUKTURA a), k)
2. Rozvětvené uspořádání: KOVALENTNÍ STRUKTURA f)
3. Uspořádání statistického klubka: KONFORMAČNÍ STRUKTURA c)
4. Prostorově zesíťované uspořádání: KOVALENTNÍ STRUKTURA b)

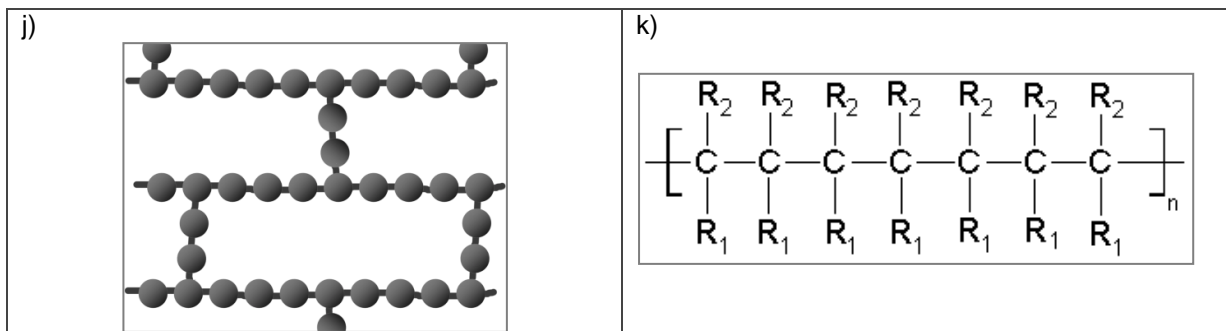
5. Ataktické uspořádání: STEREOCHEMICKÁ STRUKTURA d), h)

6. Lineární uspořádání: KOVALENTNÍ STRUKTURA i)

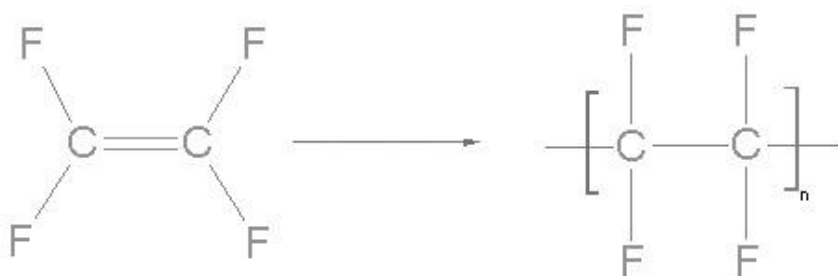
7. Syndiotaktické uspořádání: STEREOCHEMICKÁ STRUKTURA e), ch)

8. Spirálové uspořádání: KONFORMAČNÍ STRUKTURA g)

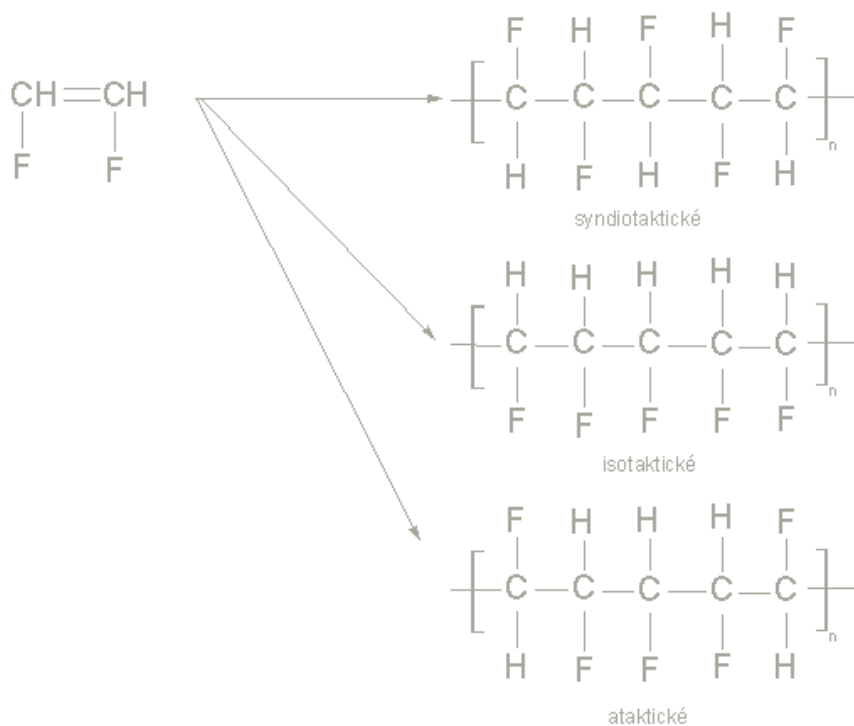




Poté z monomerů: tetrafluorethylen a 1,2-difluorethylen vytvořte polymery. U polymerů poté určete, pokud lze, stereochemickou strukturu



nemá stereochemickou strukturu



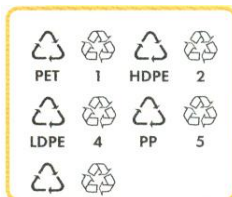


Recyklace (recyklační linka)
Třídění odpadu
Výrobky a obaly
Dotřídění odpadu
Vznik odpadu (domácnosti)

Recyklace plastů je složitá, protože plastů je mnoho druhů.  
 Z PET láhví se vyrábějí vlákna, která se používají jako výplň zimní bundy nebo spacáku.  
 Z fólií se opět vyrábějí fólie a různé pytle, např. na odpady. Pěnový polystyren slouží k výrobě speciálních cihel.  
 Ze směsi plastů lze vyrábět třeba zahradní nábytek, dlažbu a podobně.

Většina plastů se v současné době vyrábí z ropy a zemního plynu, v menší míře také z uhlí a biomasy.  
 Nejčastější plastové výrobky: **obaly, sáčky, láhve, hračky, sportovní zboží a domácí potřeby.**  
 Plasty odolávají také účinkům počasí, proto se často používají plastové okapy, květináče nebo odpadní trubky.

K recyklaci jsou vhodné téměř všechny plasty. Proto je třeba odkládat je stranou. Obaly z plastů jsou označeny značkami:

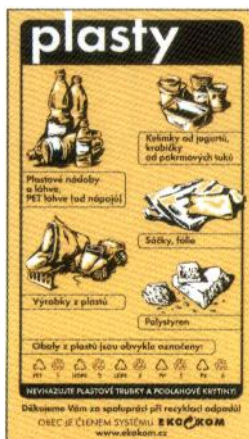


Někdy je kontejner určený pouze na jeden druh plastů, např. PET láhve.

**POZOR:**  
 Nevhazujte linolea, trubky z plastů, obaly znečištěné oleji, chemikáliemi, zbytky potravin.

**POZOR: Nikdy nespalujte plasty doma v kamnech a neházejte je do ohně!!!**  
 Jejich spalování může probíhat pouze ve spalovnách, které jsou vybaveny čističkou spalin. Jinak by se dostávaly do vzduchu velmi nebezpečné látky.

Vytříděné plasty odnášejte do kontejneru žluté barvy. V některých obcích se sbírají do zvláštních pytlů nebo se odevzdávají ve sběrných dvorech.  
 ← Často je kontejner označen touto nálepkou.



Vytříděné plasty je třeba ještě dotřídít na jednotlivé druhy: láhve, fólie, lahvičky, pěnový polystyren..., protože každý druh se používá k výrobě jiných plastů. To se děje na dotřídování lince. Někdy je třeba z plastů odstranit i odpady, které do nich přidali neukáznění lidé.

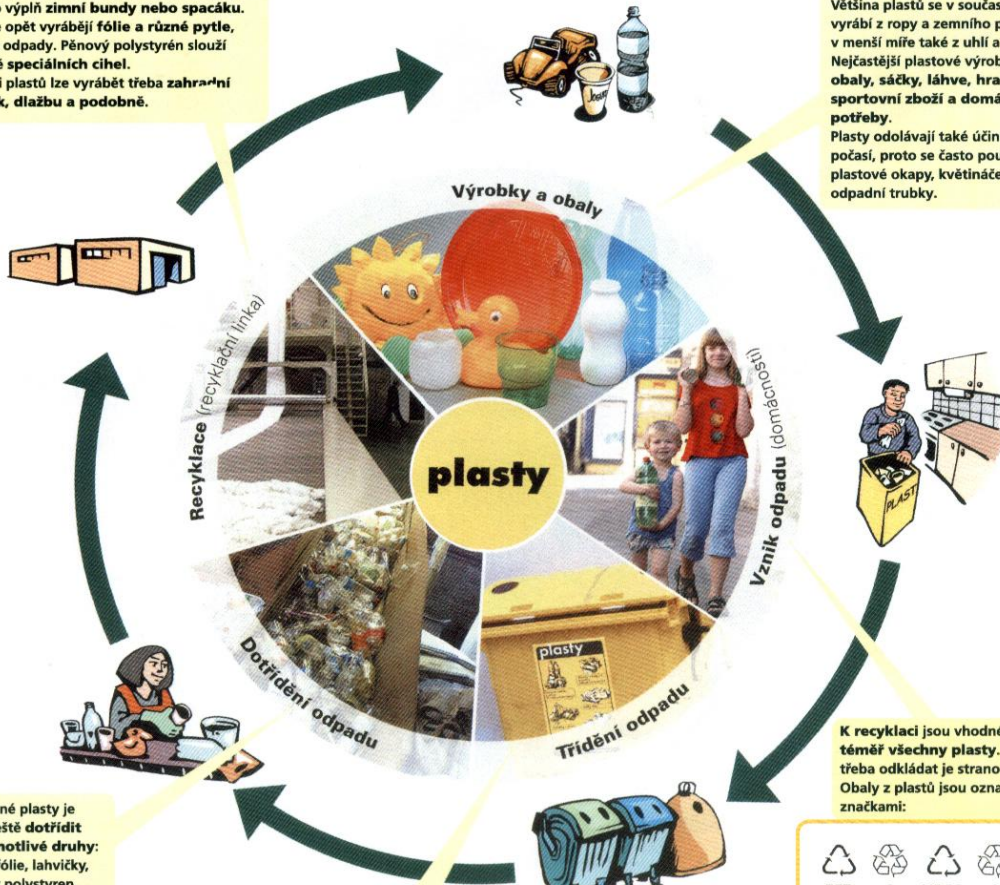


ŘEŠENÍ:

# TŘÍDĚNÍ A RECYKLACE PLASTŮ

Recyklace plastů je složitá, protože plastů je mnoho druhů.  
Z PET láhvi se vyrábějí vlákna, která se používají jako výplň zimní bundy nebo spacáku.  
Z fólií se opět vyrábějí fólie a různé pytle, např. na odpady. Pěnový polystyren slouží k výrobě speciálních cihel.  
Ze směsi plastů lze vyrábět třeba zahradní nábytek, dlažbu a podobně.

Většina plastů se v současné době vyrábí z ropy a zemního plynu, v menší míře také z uhlí a biomasy.  
Nejčastější plastové výrobky: obaly, sáčky, láhve, hračky, sportovní zboží a domácí potřeby.  
Plasty odolávají také účinkům počasí, proto se často používají plastové okapy, květináče nebo odpadní trubky.



Vytríděné plasty je třeba ještě dotřídít na jednotlivé druhy: láhve, fólie, lahvičky, pěnový polystyren..., protože každý druh se používá k výrobě jiných plastů. To se děje na dotřídování lince. Někdy je třeba z plastů odstranit i odpady, které do nich přidali neukáznění lidé.

Vytríděné plasty odnášejte do kontejneru žluté barvy. V některých obcích se sbírají do zvláštních pytlů nebo se odevzdávají ve sběrných dvorech. Často je kontejner označen touto nálepkou.

**POZOR:**  
Nevhazujte linolea, trubky z plastů, obaly znečištěné oleji, chemikáliemi, zbytky potravin.



Někdy je kontejner určen pouze na jeden druh plastů, např. PET láhve.

K recyklaci jsou vhodné téměř všechny plasty. Proto je třeba odkládat je stranou. Obaly z plastů jsou označeny značkami:

PET 1	HDPE 2		
LDPE 4	PP 5		

**POZOR: Nikdy nespalujte plasty doma v kamnech a neházejte je do ohně!!!**  
Jejich spalování může probíhat pouze ve spalovnách, které jsou vybaveny čistíčkou spalin. Jinak by se dostávaly do vzduchu velmi nebezpečné látky.



NEBUĎTE LÍNÍ: TŘÍDETE ODPAD



### XI.3. Testy

Testy byly vytvořeny pomocí programu Microsoft Office Word [15] a jsou doplněné obrázky vytvořenými v programu Adobe Photoshop [17] nebo ChemSketch. Jsou směřovány k písemnému opakování po probrání tématu syntetických makromolekulárních látek. V testu jsou obsaženy otázky typu: přiřaď, vyber, doplň nebo rozhodni. Testy budou také zveřejněny ve formátu doc, a učitelé tak nemusí použít celý test, ale mohou si z těchto otázek vybrat ty, které jim budou vyhovovat, popř. otázky editovat a modifikovat. V diplomové práci jsou uvedeny pouze řešené varianty, kdy šedý kurzívou psaný text představuje správné řešení.

#### Varianta A

##### 1) Přiřaďte položky, které k sobě logicky patří

(1 správná odpověď (SO) = 1 bod (b); maximum = 5 b)

1) Proces zániku makromolekulárních látek	a) Polymerizace
2) Vícesložkové konstrukční a technické materiály	b) <i>Plast</i> ②
3) $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	c) Vinyl
4) Škrob	d) <i>Polysacharid vyskytující se v bramborách</i> ④
5) Látka, která vstupuje do reakce, při které vznikají makromolekulární látky	e) <i>Monomer</i> ⑤
	f) Přírodní polymer
	g) <i>Degradace</i> ①
	h) <i>Ethyn</i> ③
	ch) Vulkanizace
	i) Polymer

##### 2) Doplňte správný výraz (1 SO = 1 b; max. = 3 b)

Polymery vznikají *POLYMERIZACÍ*, *POLYKONDENZACÍ* a *POLYADICÍ*.

**3) Vyberte správné tvrzení (vždy je jen jedna správná; 1 SO = 2 b; max. =6 b)**

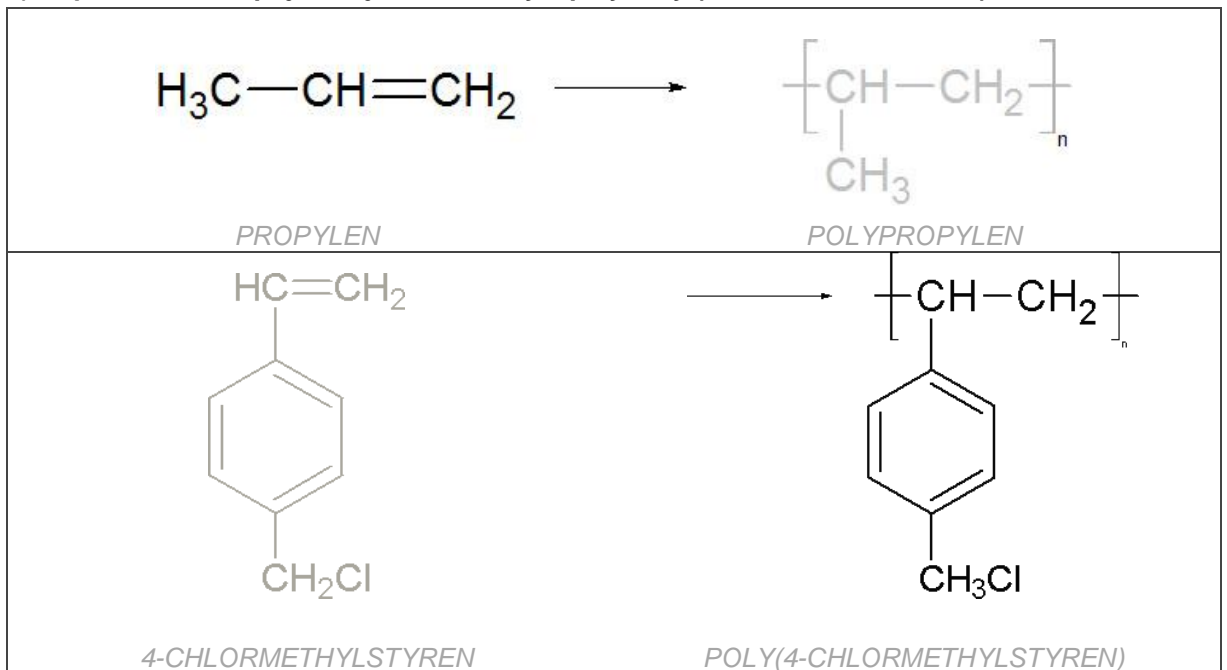
A) Co lze v případě polymerů říci o velikosti vázaných substituentů v řetězci?

1. Čím větší poloměr substituentů, tím méně ohebné řetězce.
2. Čím menší poloměr substituentů, tím méně ohebné řetězce.
3. Polyetylen je méně ohebný a méně plastický než polystyren.

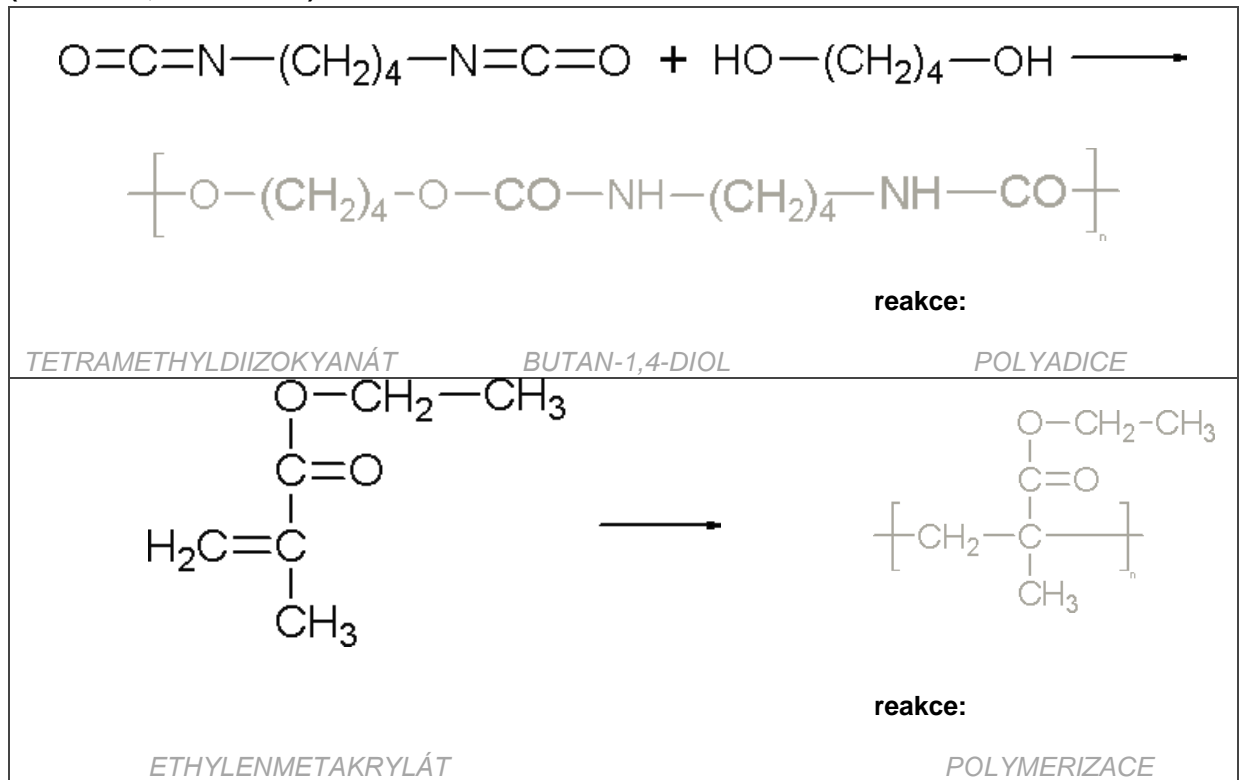
B) Co lze v případě polymerů říci o energii chemické vazby?

1. Čím je energie mezi atomy v řetězci vyšší, tím je polymer stabilnější.
2. Vazby Si-Si jsou stabilnější než C-C, proto mohou tvořit silikony.
3. Čím je energie mezi atomy v řetězci nižší, tím je polymer stabilnější.

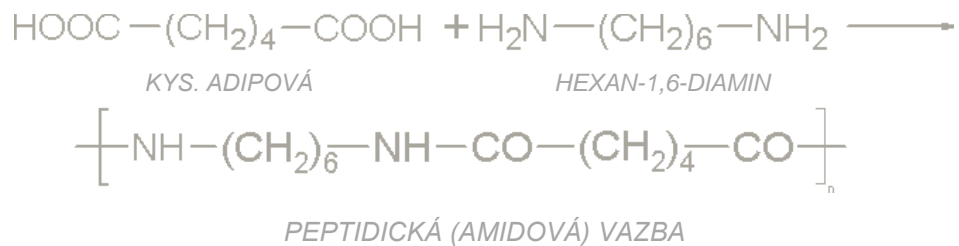
**4) Doplňte rovnice, pojmenujte monomery a polymery (1 SO = 2 b; max =12 b)**



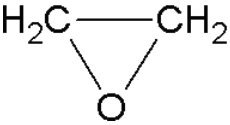
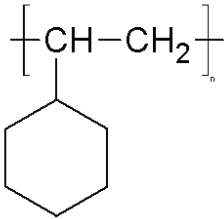
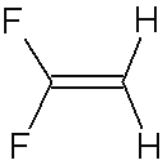
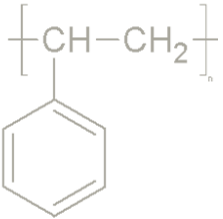
5) Vytvořte rovnice na základě monomerů, pojmenujte je a napište, o jaký typ reakce se jedná (1 SO = 2 b; max. = 14 b)



6) Napište rovnici výroby nylonu (polyamid 6,6) (8 b). Pojmenujte monomery (2 b) a vyznačte, jak se na sebe monomery váží a jak se tento typ vazby nazývá (2 b).



7) Přiřadte položky, které k sobě logicky patří (1 SO = 1 b; max. = 5 b)

1) polystyren	a) <i>termoplast</i> ⑤	f) děj, při kterém vzniká z jednoho monomeru polymer bez odštěpení nízkomolekulární látky
2) polykondenzace	b) <i>poly(1,1-difluorethylen)</i> ④	g) <i>oxiran</i> ⑤
3) 	c) 	h) termoset
4) 	d) thiiran	i)  ①
5) lineární polymer	e) <i>děj, při kterém vzniká polymer ze dvou monomerů a odštěpuje se nízkomolekulární látka</i> ②	j) poly(1,2-difluorethylen)

8) Doplňte správný výraz a nakreslete 1 příklad (1 SO = 1 b; max. = 4 b)

Stavební jednotka je *ÚSEK MAKROMOLEKULY VZNIKLÝ ZABUDOváním JEDINÉ MOLEKULY MONOMERU DO MAKROMOLEKULÁRNÍHO ŘETĚZCE* (např.  $-CH_2-CH_2-$ )

Polymer, který obsahuje jediný druh stavebních jednotek se nazývá *HOMOPOLYMER* (např.  $-[CH_2-CH_2]_n-$ )

9) Rozhodněte, které tvrzení je pravdivé (1 SO = 2 b; max. = 4 b)

A) Na obrázku je znázorněn



1. Syndiotaktický polymer
2. Ataktický polymer
3. Izotaktický polymer

B) O Konformační struktře

1. Konformační struktura je pouze struktura statistického klubka.
2. Pravidelná konformační struktura je struktura statistického klubka.
3. *Statistické klubko má nepravidelnou konformaci molekul.*

10) Rozhodni, zda jsou jednotlivá tvrzení pravdivá. Nesprávná tvrzení upravte tak, aby byla také pravdivá. (1 SO = 1 b; max. = 7 b)

A) Plasty lze (*NELZE*) spalovat doma.

B) Recyklace je opětovné využití energie a materiálové podstaty výrobku po ukončení jeho životnosti.



C) Tímto symbolem jsou označeny výrobky, jejichž výrobci jsou zapojeni do systému sběru a třídění odpadu.

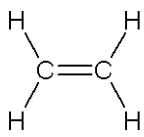
D) Při chemické recyklaci dochází k rozložení polymeru na monomerní jednotky, které se používají k opětovné výrobě polymerů. Výhodou (*NEVÝHODOU*) této recyklace je její ekonomická nenáročnost (*NÁROČNOST*).

A)	ANO	<i>NE</i>
B)	<i>ANO</i>	NE
C)	<i>ANO</i>	NE
D)	ANO	<i>NE</i>

## Varianta B

### 1) Přiřaďte položky, které k sobě logicky patří

(1 správná odpověď (SO) = 1 bod (b); maximum = 5 b)

<p>1)</p> <p style="text-align: center;">Celulosa</p>	<p>a) <i>Polymerizace</i> ④</p>
<p>2)</p> <p style="text-align: center;">Proces zesíťování makromolekulárních látek, např. isoprenu.</p>	<p>b) Plast</p>
<p>3)</p> <p style="text-align: center;">Látka, která se skládá z velkého počtu převážně dvojvazných stavebních jednotek.</p>	<p>c) <i>Vinyl</i> ⑤</p>
<p>4)</p> <p style="text-align: center;">Proces vzniku makromolekulárních látek.</p>	<p>d) Polysacharid vyskytující se v bramborách</p>
<p>5)</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>e) Monomer</p>
	<p>f) <i>Přírodní polymer</i> ①</p>
	<p>g) Degradace</p>
	<p>h) Ethyn</p>
	<p>ch) <i>Vulkanizace</i> ②</p>
	<p>i) <i>Polymer</i> ③</p>

### 2) Doplňte správný výraz (1 SO = 1 b; max. = 3 b)

Podle původu se polymery dělí na *MODIFIKOVANÉ* (př. je nitrocelulosa), *SYNTETICKÉ* (př. je nylon) a *PŘÍRODNÍ* (př. je škrob).

### 3) Vyberte správnou odpověď (vždy je jen jedna správná; 1 SO = 2 b; max. = 4 b)

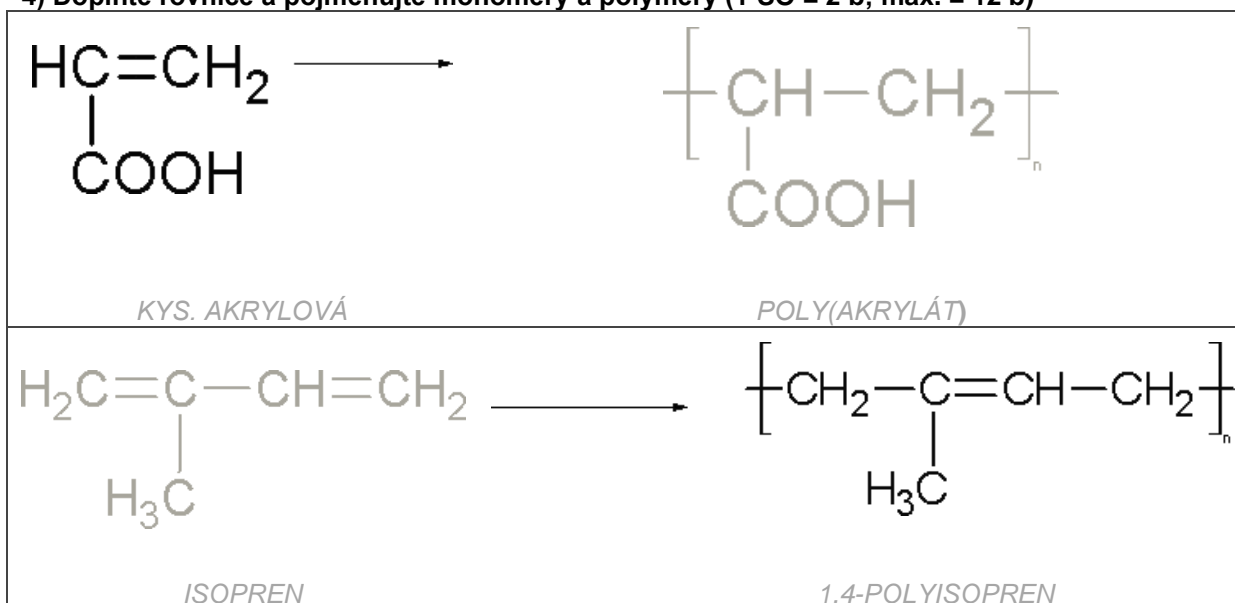
A) Co lze v případě polymerů říci o chemické vazbě?

1. V řetězci se vyskytují pouze polární vazby
2. Polární vazby jsou málo odolné vůči chemickým vazbám.
3. *V řetězci se vyskytují polární a nepolární vazby*

B) Co lze v případě polymerů říci o tvaru polymeru?

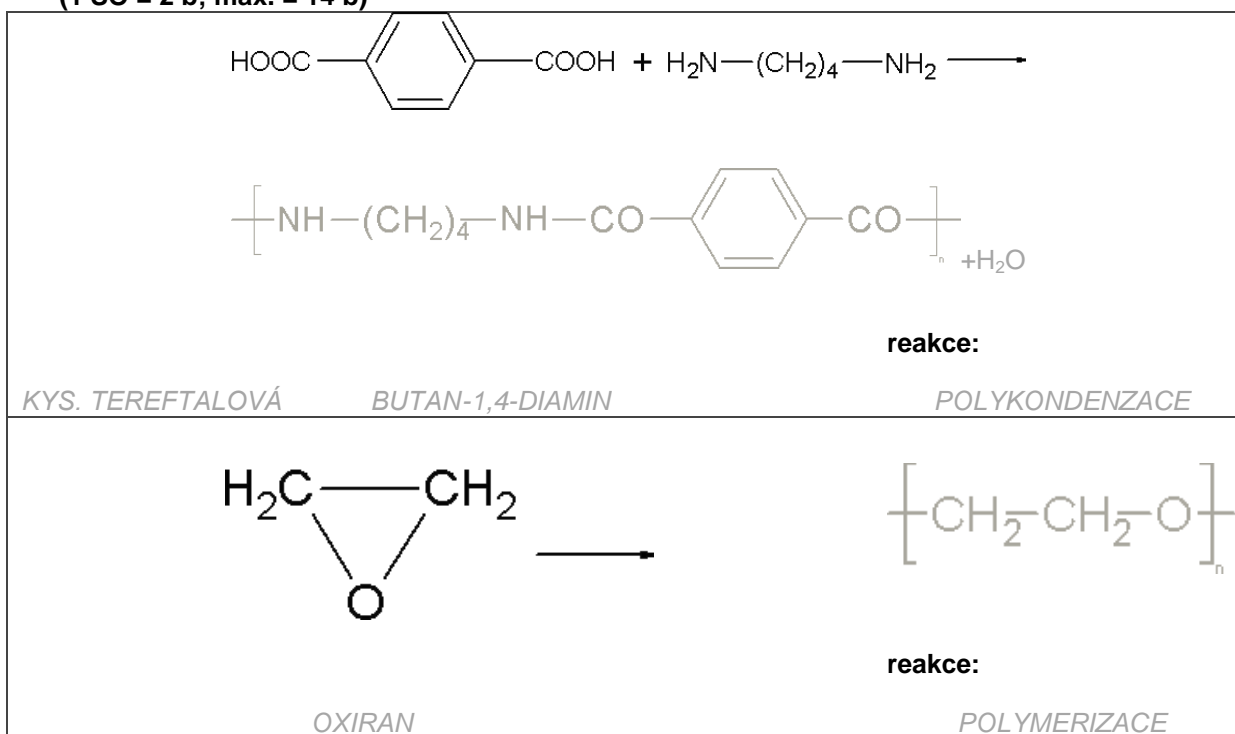
1. Podle tvaru makromolekuly se dělí polymery pouze na lineární a rozvětvené.
2. *Polymery, které mají lineární tvar, jsou termoplastické.*
3. Rozvětvené polymery jsou nerozpustné a jsou to termosety.

4) Doplňte rovnice a pojmenujte monomery a polymery (1 SO = 2 b; max. = 12 b)

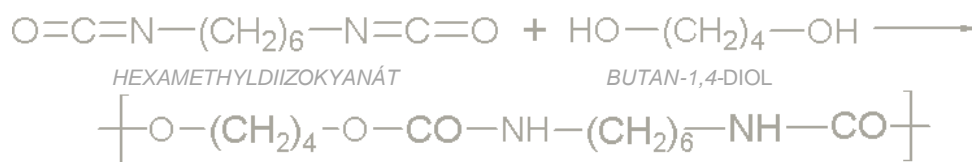


5) Vytvořte rovnice na základě monomerů, pojmenujte je a napište, o jaký typ reakce se jedná

(1 SO = 2 b; max. = 14 b)

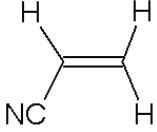
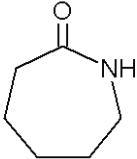


6) Napiš rovnici výroby polyuretanu (8 b). Pojmenujte monomery (2 b) a vyznačte, jak se na sebe monomery váží (2 b).





7) Přiřadte položky, které k sobě logicky patří (1 SO = 1 b; max. = 5 b)

1) hexan-1,6-diamin + kys. adipová	a)  nylon	f)  děj, při které vznikají monomery <sup>2</sup>
2)  depolymerizace	b)  přírodní polymer <sup>5</sup>	g)  akrylát
3)  	c)  $\left[ \text{O}-(\text{CH}_2)_6-\text{O}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO} \right]_n$  1	h)  silon <sup>4</sup>
4)  	d)  děj, při kterém vznikají kratší polymery, oligomery a monomery	i)  přírodní oligomer
5)  škrob	e)  akrylonitril <sup>3</sup>	j)  $\left[ \text{O}-(\text{CH}_2)_6-\text{O}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_6-\text{CO} \right]_n$

8) Doplňte správný výraz a ke každému nakreslete příklad (1 SO = 1 b; max. = 4 b)

Základní strukturální jednotka je *NEJMENŠÍ SESKUPENÍ CHEMICKY VÁZANÝCH ATOMŮ*

(např.  $-\text{CH}_2-$ )

Polymer, který obsahuje dva a více druhů stavebních jednotek se nazývá *KOPOLYMER*

(např.  $-\left[ \text{O}-(\text{CH}_2)_6-\text{O}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_8-\text{CO} \right]_n-$ )

**9) Rozhodněte, které tvrzení je pravdivé (1 SO = 2 b; max. = 4 b)**

A) O stereochemické struktury

1. Informuje o vzájemné prostorové orientaci sousedních stavebních jednotek polymeru.
2. Do stereochemické struktury patří polymery izotaktické, lineární a syndiotaktické.
3. Syndiotaktické molekulární řetězce mají všechny substituenty orientované do jedné poloviny polymerního řetězce.

B) O kovalentní struktury

1. Kovalentní struktura má pouze lineární řetězce, rozvětvené a prostorově zesíťované.
2. Kovalentní struktura zahrnuje informace o chemickém složení a struktury stavebních jednotek.
3. Kovalentní struktura neudává pořadí, v němž jsou jednotlivé druhy stavebních jednotek propojeny.

**10) Rozhodněte, zda jsou jednotlivá tvrzení pravdivá. Nesprávná tvrzení upravte tak, aby byla také pravdivá. (1 SO = 1 b; max. = 7 b)**

A) Plasty je třeba dotřídřovat na jednotlivé druhy, protože každý druh se používá k následné výrobě jiných plastů.

B) Recyklace je energeticky a ekonomicky nevýhodná (*VÝHODNÁ*).



C) Kontejnery s tímto označením jsou pouze na určitý odpad.

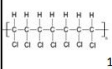


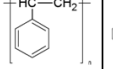
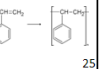
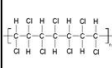

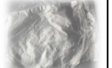
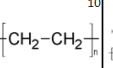
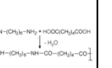
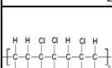


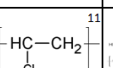
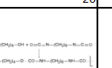
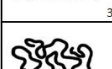
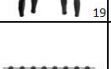

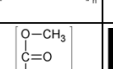





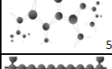
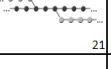

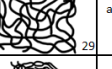
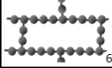


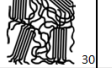




D) Většina plastů se v současné době vyrábí z ropy a zemního plynu.

E) Do kontejneru na plast lze vložit (*NEPATŘÍ*) podlahové krytiny, nádoby od ropných látek a trubky z PVC.

A)	<i>ANO</i>	NE
B)	ANO	<i>NE</i>
C)	<i>ANO</i>	NE
D)	<i>ANO</i>	NE
E)	ANO	<i>NE</i>

## XI.4. Hry

Při koncepci a tvorbě her byly zvoleny oblíbené a osvědčené předlohy her televizních či společenských, které byly modifikovány tak, aby jejich podstatou byly otázky na témata této práce. Žáci si jejich prostřednictvím mohou prověřit svoje vědomosti. Pexeso bylo vytvořeno pomocí programu Microsoft Office Excel [15] a použité obrázky jsou až na několik výjimek z vlastních zdrojů. Určen je k procvičení jednotlivých pojmů a mohou ho hrát dvojice, ale i větší skupiny, podle všem známých pravidel. Karty se zamíchají a rozloží se na stůl do čtverce lícem dolů. Hráči se dohodnou (nebo si mohou stříhnout, hodit kostkou, apod.), který začne. Poté otočí dvě karty, pokud karty patří k sobě, může si je vzít a hrát znova. Pokud otočené karty nepatří k sobě, otočí je zpět a hraje další hráč. Vyhrává ten, který najde nejvíce k sobě patřících karet. Pexeso bude dostupné jak ve variantě s čísly, tak bez čísel. Vzhled pexesa je na obrázku 90.

	1 izotakticitá	fenoplast					25 polymerizace
	2 syndiotakticitá		teflon				26 polykondenzace
	3 atakticitá		chloropren				27 polyadice
	4 statistické klubko		homopolymer				28 krystalické polymery
	5 prostorově zesíťovaný		roubovaný kopolymer		PA6		29 amorfní polymery
	6 zesíťovaný		náhodný kopolymer		PA6,6		30 částečně krystalické
	7 lineární		blokový kopolymer		termoset		31 recyklace
	8 rozvětvený		alternační kopolymer		termoplast		32 přírodní polymer

Obr. 90 Screenshot hry pexeso

AZ Kvíz byl vytvořen pomocí programu Microsoft Office PowerPoint [15], kde se pomocí „akcí“ a „vlastních animací“ snažilo dosáhnout efektu skutečné soutěže. Pravidla

soutěže jsou dobře známa, ale pro jistotu si je dovolím zopakovat. Hrají proti sobě dva soutěžící (ve třídě spíše dvě skupiny), které se snaží propojit všechny tři strany pyramidy. Po losu je každému hráči přiřazena barva, zelená nebo modrá, přičemž hráč se zelenou barvou má výhodu první otázky. Vhodné je okamžitě nezapínat dataprojektor a nechat si tak možnost vepsat jména soutěžících (skupin) do políček Jméno 1 a 2, které je umístěno pod barevným označením (obr. 90a). Zelený si zvolí číslo první otázky, kliknutím na toto číslo je hráč přesměrován na danou otázku, kde v šestiúhelníku v horní části snímku jsou uvedena písmena, kterými začíná odpověď na položenou otázku. Po odpovědi se zpět na úvodní pyramidu lze vrátit prostřednictvím obrázku malé pyramidy (obr. 90b).



a)

b)

Obr. 91 Screenshot hry AZ kvíz

a) Základní pyramidu, b) Otázka po zvolení příslušného pole pyramidu s ikonou pyramidu zajišťující přesun zpět na hlavní pole pyramidu (vpravo dole)

Vrácením zpět na hlavní pyramidu se automaticky navštívená otázka zbarví do šeda. Pak pokud odpověď nebyla správná, ponechá se toto pole šedé, při správné odpovědi při klepnutí na spodní část šestiúhelníku se přiřadí barva toho žáka (skupiny), která zodpověděla tuto otázku správně (obr. 91a). Každá otázka má i svoji otázku náhradní, tedy klepnutím na dané číslo se ukáže opět otázka, která v předchozí části byla zodpovězena špatně. Na tomto snímku je kromě již zmiňované pyramidu i obrázek ANO/NE (obr. 91b), který odkazuje na náhradní otázku.



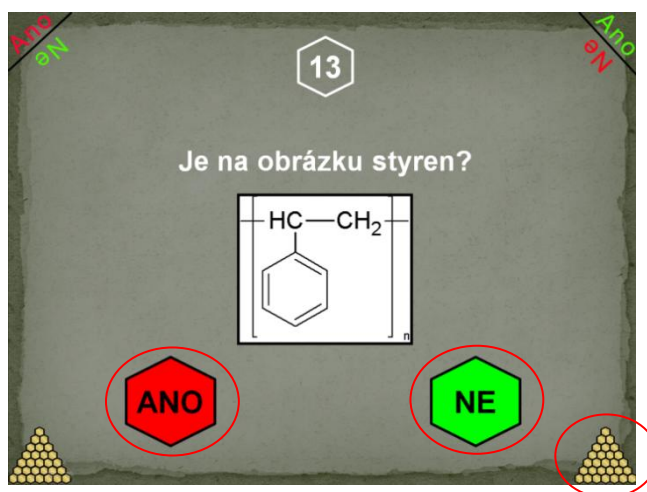
a)

b)

Obr. 21 Screenshot hry AZ kvíz

a) Základní pyramida s výběrem barev pro jednotlivá pole b) Ikona ANO nebo NE přesměruje na náhradní otázku

Náhradní otázka je typu ANO/NE, kdy klepnutím na ANO nebo NE se zbarví odpověď do červena po špatné odpovědi či do zelena po odpovědi správné. Na úvodní pyramidu se vrátíte klepnutím na ikonku pyramidy v pravém dolním rohu (obr. 92).



Obr. 93 Screenshot hry AZ kvíz

Náhradní otázka typu ANO nebo NE. Správná odpověď se zbarví zeleně, špatná červeně. Ikona pyramidy vpravo dole přesměruje na hlavní pyramidu.

Tato hra má sloužit jako příjemný materiál k zopakování tématu syntetické makromolekulární látky.

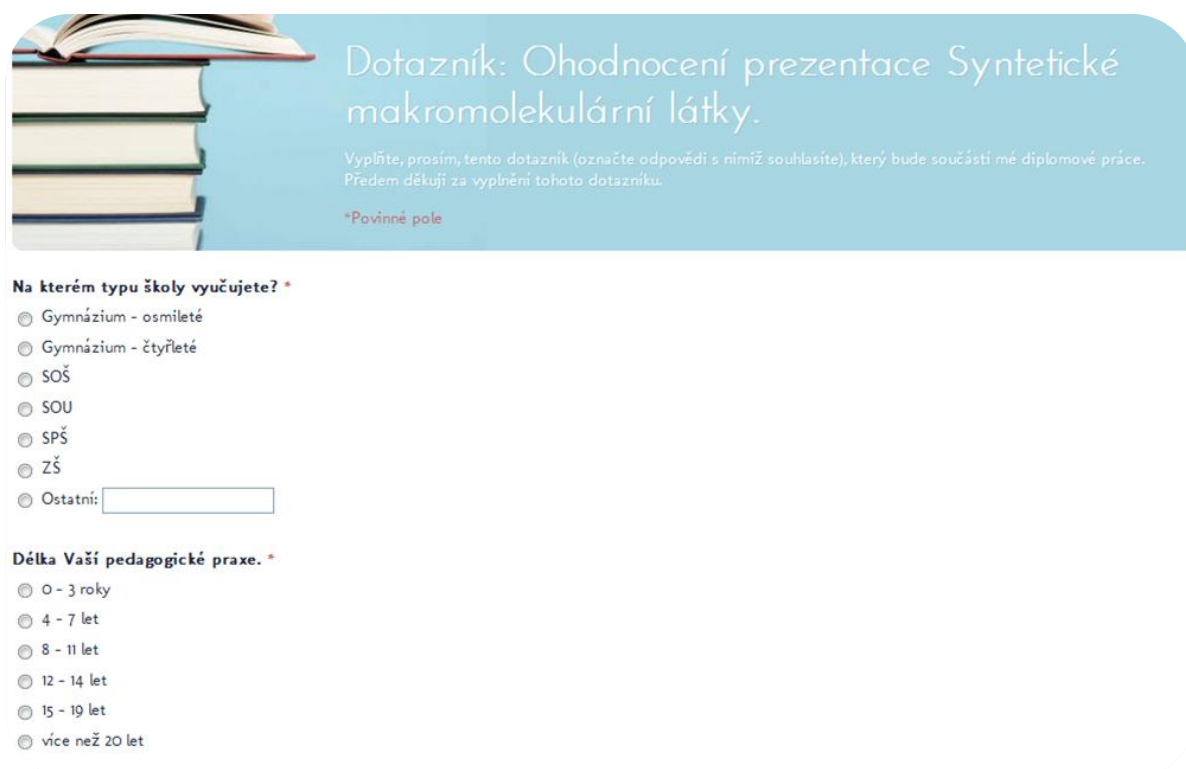
## XII. Tvorba dotazníku a jeho vyhodnocení

Ve snaze získat hrubou představu o využití vytvořené prezentace syntetických makromolekulárních látek, byl vytvořen elektronický dotazník ve formě webového rozhraní a spolu se samotnou prezentací byl zaslán několika učitelům, u kterých se předpokládalo, že by byli ochotní projít prezentaci a následně dotazník vyplnit.

Elektronická forma dotazníku byla zvolena z toho důvodu, že pro respondenty je jeho vyplnění snazší, jeho distribuce je jednodušší a finančně nenáročná. Naprogramovat si vlastní dotazník by bylo velmi náročné, z tohoto důvodu byly hledány jiné, jednodušší, cesty pro jeho tvorbu. Nakonec se jako nejvhodnější ukázalo využití webového rozhraní Google™, který nabízí tuto možnost po přihlášení do jejich systému. Vytvoření účtu Google je velmi jednoduché, k přihlášení stačí i jakýkoliv e-mail. Účet si lze vytvořit na webové stránce Google účty ([www.google.com](http://www.google.com)) [68]. Kliknutím na pole *Přihlásit se* se objeví stránka, kde je také pole *Vytvořte si svůj účet nyní*, které přesměruje na tabulku, která vyžaduje jakýkoliv e-mail a zvolení nového hesla, přes které bude možné se do služby iGoogle přihlašovat. Poté je uživateli zaslán e-mail s odkazem, přes který se lze do služby iGoogle přihlašovat. Po přihlášení se objeví stránka, jejímž prostřednictvím si lze otevřít dokumenty. Jejich prostřednictvím je možné vytvořit prakticky jakýkoliv dotazník. Po kliknutí na položku *Vytvořit nový dokument* lze vybrat možnost formuláře. Po výběru této možnosti se otevře nové okno, ve kterém lze vytvářet vlastní dotazník. Na začátek jsou k dispozici dvě pole (poté lze přidávat další), jejichž prostřednictvím lze vytvářet jednotlivé otázky a možnosti odpovědi (mohou být otevřené, zaškrťovací či výběrové i volné). Na horní liště je pole s názvem *Motiv*, které nabízí možnost dát vašemu dotazníku jeden z pětadevadesáti možných vzhledů. Výsledky dotazníku lze získat poklepnutím na daný formulář, kdy se otevře okno s tabulkou, ve které jsou ukázány jednotlivé odpovědi. Dotazník lze za jeho chodu upravovat (např. upřesnit nejednoznačnou otázku), a to přes pole *Formulář* a *Upravit formulář*, které opět otevře editor dotazníku.

V rámci dotazníku bylo vytvořeno celkem devět otázek, které byly položeny tak, aby učitelé pouze označili jednu nebo více odpovědí, se kterou se jejich názor shodoval, popřípadě u otázek typu ANO/NE mohli svojí odpověď doplnit také o svůj názor. První dvě

otázky se týkaly dotazovaných učitelů, jednalo se o délku jejich pedagogické praxe a typ školy, na které vyučují, poté již následovaly otázky k materiálům vytvořených v rámci práce, zejména k těm zaměřených na syntetické makromolekulární látky.



**Dotazník: Ohodnocení prezentace Syntetické makromolekulární látky.**

Vypňte, prosím, tento dotazník (označte odpovědi s nimiž souhlasíte), který bude součástí mé diplomové práce. Předem děkuji za vyplnění tohoto dotazníku.

\*Povinné pole

**Na kterém typu školy vyučujete? \***

- Gymnázium - osmileté
- Gymnázium - čtyřleté
- SOŠ
- SOU
- SPŠ
- ZŠ
- Ostatní:

**Délka Vaší pedagogické praxe. \***

- 0 - 3 roky
- 4 - 7 let
- 8 - 11 let
- 12 - 14 let
- 15 - 19 let
- více než 20 let

Obr. 94 Screenshot vytvořeného dotazníku

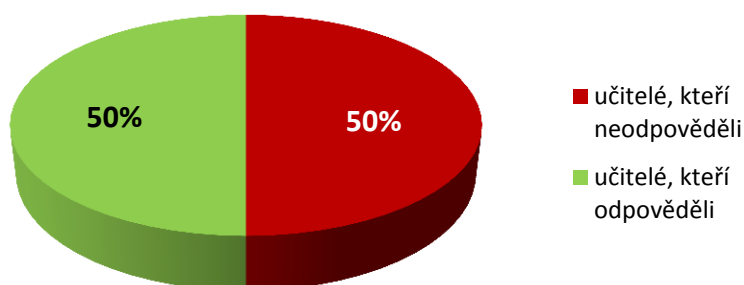
Jak již bylo zmíněno, předmětem představeného dotazníku není šetření či výzkum, jejich provedení nebylo cílem této práce, jeho hlavním cílem bylo získat hrubý přehled o postoji vybraných učitelů k vytvořeným materiálům na téma syntetických makromolekulárních látek. V případě představeného dotazníku byla předpokládána nízká návratnost, neboť se nejednalo o pouhé vyplnění dotazníku, ale po respondentech bylo vyžadováno také zhlédnutí prezentace, což přináší ještě větší časovou náročnost na oslovené učitele. Ačkoliv je zřejmé, že to ovlivní složení vzorku, z uvedeného důvodu bylo osloveno osmnáct učitelů z blízkého okolí (známí učitelé ze SŠ, učící spolužáci, fakultní učitelé z Přírodovědecké fakulty UK v Praze), u kterých se předpokládala ochota vyplnit vytvořený dotazník. Na druhé straně, ve zmíněné skupině lze očekávat vyjádření skutečného postoje k vytvořeným materiálům.

Vzhledem k uvedenému cíli, kterým bylo získání hrubého přehledu naznačujícího postoj respondentů – učitelů k materiálům, ale lze zmíněnou formu i vzorek respondentů považovat za dostačující.

I přes výběr vzorku byla návratnost vyplněných dotazníků poměrně nízká. Z celkového počtu 18 oslovených učitelů vyplnilo dotazník 9, což představuje právě polovinu dotazovaných (Graf 5), mezi touto osmičkou byl pouze jediný učitel s praxí delší než 3 roky, což je škoda. Přirozeně, získání postojů z více různých „skupin“ respondentů by mohl být přínosnější, co se týče celkového obrazu o použitelnosti prezentace. Většina těch, kteří dotazník vyplnili, vyučuje na gymnáziích (celkem 7 učitelů, z toho 5 na osmiletém a 2 na čtyřletém). Osmý respondent vyučuje na základní škole a devátý na střední odborné škole.

**Graf 5 Kolik z oslovených učitelů vyplnilo dotazník**

**Procentuální vyplnění dotazníku**

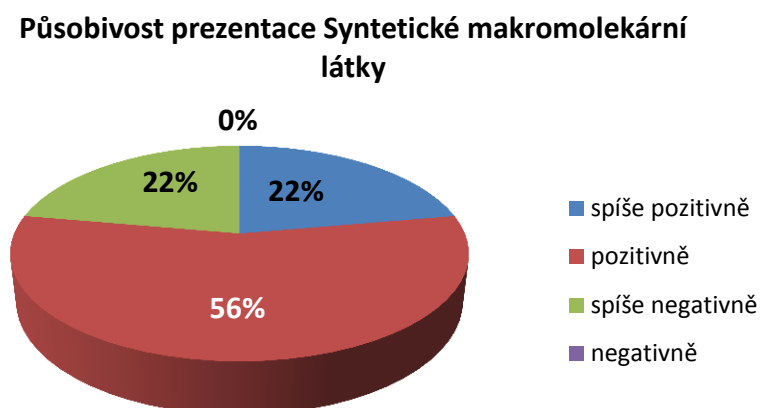


Na první otázku „*Vyučujete syntetické makromolekulární látky?*“, která měla uvést téma syntetických makromolekulárních látek, odpovědělo 5 učitelů ANO, z nichž se téměř všichni shodli na 3 hodinách, které věnují tomuto tématu během své výuky.

U druhé otázky „*Jak na Vás zapůsobila PowerPointová prezentace Syntetické makromolekulární látky?*“ si učitelé mohli vybrat ze čtyř možností: *pozitivně, spíše pozitivně, spíše negativně, negativně*. Dvakrát respondenti odpověděli *spíše negativně* a *spíše pozitivně*, zbytek odpověděl *pozitivně* (procentuální znázornění je v grafu 6).



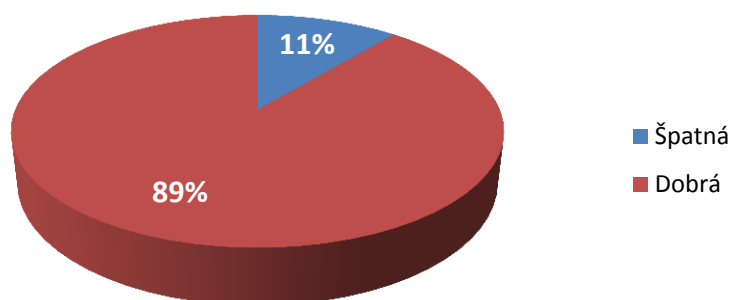
**Graf 6 Odpovědi na otázku *Jak na Vás zapůsobila prezentace Syntetické makromolekulární látky?***



Třetí otázkou dotazníku „*Jaká je podle Vás kvalita obrázků?*“ hodnotili respondenti obrázky, které jsou ve velké míře původní tvorby. Zde učitelé měli na výběr z možných odpovědí: *dobrá*, *špatná* nebo *nevyhovující*. Zde 8 dotázaných učitelů zaškrtnulo možnost *dobrá*, pouze jeden učitel hodnotil kvalitu obrázku jako *špatnou* (jak je znázorněno na grafu 7)

**Graf 7 Odpovědi na otázku *Jaká je podle Vás kvalita obrázků?***

**Kvalita obrázků podle dotazovaných učitelů**

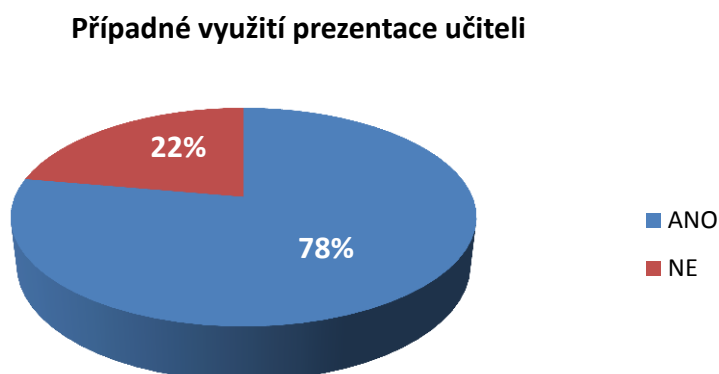


V otázce „*Překvapilo Vás něco v této prezentaci?*“ s možnostmi odpovědi ANO nebo NE odpověděla většina (7) NE. Ti, co odpověděli ANO, měli možnost uvést, co je překvapilo, ale nikdo se k tomuto bodu dále nevyjádřil. Z odpovědí je tedy zřejmé, že téma syntetických makromolekulárních látek je většině učitelů známé. Prezentace patrně z jejich pohledu obsahově pokrývá znalosti, které získali na středních a vysokých školách. To jim samozřejmě usnadní implementaci prezentace do jejich výuky. V případě potřeby mohou informace doplnit z výukového textu či podpůrných webových stránek.

Pátou otázkou typu ANO/NE „*Postrádáte nějaké informace v této prezentaci?*“ je umožněno respondentovi poukázat na nedostatky, které prezentace má. Dva učitelé poukázali na nedostatek informací vlivu na životní prostředí a jeden z učitelů by uvítal více chemických reakcí a doplňující otázky. Z odpovědí lze tedy usoudit, že až na vliv na životní prostředí učitelům v prezentaci nic nechybí a tedy obsahuje všechny informace, které učitelé hodlají ve výuce využít. Vlivu na životní prostředí není věnováno tolik informací z důvodu již vytvořené diplomové práce Marie Malechové [14] na toto téma na Katedře učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké Univerzity Karlovy v Praze v podobě školního projektu, která může zmíněný materiál na webu [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz) potenciálně doplnit.

Na otázku „*Využil/a byste prezentaci Syntetické makromolekulární látky při Vaší výuce?*“, která byla typu ANO/NE odpověděli 2 respondenti NE (graf 8), ostatní pak odpověděli kladně. V případě záporné odpovědi jde celkově o menšinu, je otázkou, jaké jsou příčiny této odpovědi. Jeden z učitelů, který by prezentaci nepoužil, uvedl, že syntetické makromolekulární látky jako samotné téma nevyučuje, ale jednotlivé polymery probírá jako součást organické chemie jednotlivých látek. Z toho vyplývá, že vytvořená prezentace tomuto způsobu výuky nevyhovuje. Někteří učitelé již mohou mít prezentaci na uvedené téma hotovou a předkládanou tak mohou využít pouze jako zdroj objektů (obrázků apod.).

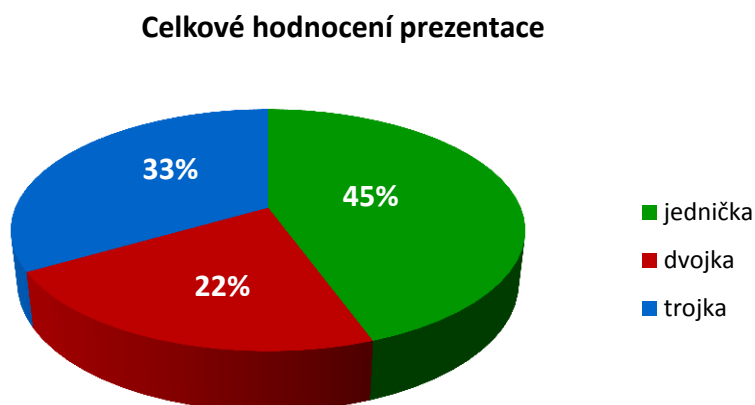
**Graf 8** Odpovědi na otázku *Využil/a byste prezentaci Syntetické makromolekulární látky při Vaší výuce?*



V poslední otázce *Jak byste celkově ohodnotil/a tuto prezentaci?* byla ohodnocena prezentace komplexně v rozsahu klasifikační škály využívané ve škole, tj. 1-5. Tři učitelé ji

oznámkovali dobře, dva chvalitebně a zbývají čtveřice výborně (graf 9). V průměru je tedy prezentace považována za chvalitebnou a tedy použitelnou pro výuku syntetických makromolekulárních látek.

**Graf 9 Odpovědi na otázku *Jak byste celkově ohodnotil/a tuto prezentaci?***



Jak možno usoudit z výsledků, v průměru je vytvořená prezentace považována za přínosnou a je tedy potenciálně využitelná ve výuce chemie na SŠ, příp. ZŠ. Ačkoliv zjevně nenašla příznivce u všech respondentů, tato skutečnost bude patrně souviset mimo jiné s tím, že různí pedagogové mají různé filozofie pojetí výuky daného tématu či zcela jiný způsob výuky, různí učitelé mají také různý vkus, některým tedy může prezentace graficky či stylisticky vyhovovat, jiní ji z tohoto důvodu naopak shledají jako nepřínosnou. V tomto ohledu lze jako zajímavost uvést, že některé odpovědi různých respondentů byly zcela protikladné, např. jeden z učitelů v poznámkách uvedl, že prezentace je nepřehledná, naopak jiný respondent ji považoval za přehlednou. V poznámkách byl uváděn jako zápor zdlouhavé probírání klasifikace polymerů a příliš mnoho pojmů, které se v prezentaci probírají. V určitém pohledu je třeba dát jim za pravdu, na druhé straně již při koncepci prezentace jsem si položila otázku, zda udělat prezentaci bohatší s tím, že učitelé mohou vyřadit nepotřebné snímky a další data dle svých potřeb a nebo kratší, kdy naopak další potřebná data doplní z dalších zdrojů. Oba přístupy mají své výhody a nevýhody, volba nakonec padla na první variantu, která usnadňuje učitelům práci s vyhledáváním dalších informací, přičemž vyřazení nepřehledných snímků považují za méně pracné.

### XIII. Závěr

V rámci diplomové práce byly zpracovány výukové materiály ve formě dvou komentovaných PowerPointových prezentací, dvou výukových webů, dvou výukových textů doplňujících prezentace, osmi laboratorních experimentů, dvou pracovních listů, testu ve dvou variantách A a B a dvě didaktické hry, vše na téma syntetické makromolekulární látky. V menším rozsahu (prezentace, výukový web a výukový text) bylo zpracováno také téma nových materiálů. Všechny výukové materiály byly vytvořeny pro potřeby podpůrného výukového portálu pro SŠ učitele [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz). Pro účely zmíněných výukových materiálů bylo vytvořeno zhruba 40 normovaných stran textu, přibližně 80 zcela nových obrázků, vzorců, schémat a rovnic a asi 35 obrázků bylo překresleno podle stávajících vzorů. Prezentace i weby byly dále doplněny o zhruba 70 obrázků, které by bylo obtížné vyfotografovat (průmyslová výroba, dnes nedostupné plasty apod.). Tyto obrázky byly staženy z webu a asi 50 z nich bylo upraveno k potřebám prezentace.

Uvedená témata byla vytipována prostřednictvím rešerše výukových materiálů vytvořených na Katedře učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze a materiálů vytvořených pro účely webu [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz) tak, aby se doposud v těchto zdrojích buď vůbec nevyskytovala, nebo byla zpracována jen okrajově.

Z hlediska vytipovaných témat byla poté provedena rešerše a zhodnocení vybraných učebnic chemie pro SŠ. Dále byla provedena pojmová analýza těchto učebnic. Nejvíce pojmů obsahovala publikace *Odmaturuj z chemie*. Mezi učebnicemi obsahovala nejvíce pojmů učebnice *Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy)*, která je také velmi poutavě i vkusně graficky zpracována. Bohužel, ve školách nejvíce používané učebnice *Chemie pro čtyřletá gymnázia* a *Chemie II pro gymnázia* se tématem syntetických makromolekulárních látek zabývají pouze okrajově a po obsahové stránce nesplňují požadavky kladené v RVP-G a zejména v Katalogu požadavků ke státní závěrečné zkoušce z chemie. Dále byla provedena rešerše a zhodnocení vybraných internetových zdrojů v českém jazyce, zabývajících se tématem syntetických makromolekulárních látek. Zde lze za nejzdařilejší považovat prezentaci žáka Gymnázia Podbořany nazvanou *Makromolekulární látky*. Většina hodnocených prezentací měla horší kvalitu vložených obrázků, příliš mnoho textu

na snímcích a po obsahové stránce nebyla v souladu s výše uvedenými dokumenty. Příčinou této prezentace bylo, že nebyly určeny přímo SŠ učitelům, ale fungují jako podpora vysokoškolských přednášek apod.

Všechny vytvořené výukové materiály budou po oponentním řízení vloženy na web [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz), pro jehož účely byly tvořeny.

## XIV. Použité zdroje

- [1] MINISTERSTVO VNITRA: *Portál veřejné správy České republiky* [online].  
[cit.2010-08-20] Dostupné z: <[http://portal.gov.cz/wps/portal/\\_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411?PC\\_8411\\_number1=561/2004&PC\\_8411\\_p=2&PC\\_8411\\_l=561/2004&PC\\_8411\\_ps=10](http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411?PC_8411_number1=561/2004&PC_8411_p=2&PC_8411_l=561/2004&PC_8411_ps=10)>
- [2] KOTÁSEK, J. a kol.: *Národní program rozvoje vzdělávání v České republice – Bílá kniha*. Praha: Tauris 2001, 98 s. ISBN 80-211-0372-8 [online] [cit.2009-10-30]  
Dostupné z: <<http://aplikace.msmt.cz/pdf/bilakniha.pdf>>
- [3] VÝZKUMNÝ ÚSTAV PEDAGOGICKÝ V PRAZE: *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia RVP G* [online]. [cit.2010-08-20] Dostupné z: <[http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPG-2007-07\\_final.pdf](http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPG-2007-07_final.pdf)>
- [4] VÝZKUMNÝ ÚSTAV PEDAGOGICKÝ V PRAZE: *Rámcový vzdělávací program pro odborné vzdělávání RVP OV* [online]. [cit.2010-08-20] Dostupné z: <<http://www.nuov.cz/ramcove-vzdelavaci-programy>>
- [5] VÝZKUMNÝ ÚSTAV PEDAGOGICKÝ V PRAZE: *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání RVP ZV* [online]. [cit.2010-08-20] Dostupné z: <[http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPZV\\_2007-07.pdf](http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPZV_2007-07.pdf)>
- [6] NOVÁ MATURITA OFICIÁLNĚ: *Katalog požadavků ke zkouškám společné maturitní zkoušky* [online]. [cit.2010-08-20] Dostupné z: <<http://www.novamaturita.cz/katalogy-pozadavku-1404033138.html>>
- [7] CANOV, M., GYMNÁZIUM & SOŠPg LIBEREC JERONÝMOVA: *Úvodní stránka – Dobrý den, zájemce o trošku chemie vítá Michael Canov* [online]. [cit.2010-08-29]
- [8] GYMNÁZIUM F. X. ŠALDY V LIBERCI: *Chemie – Chemie.gfxs.cz– chemický vzdělávací portál* [online]. [cit.2010-08-29] Dostupné z: <<http://chemie.gfxs.cz>>
- [9] VÝZKUMNÝ ÚSTAV PEDAGOGICKÝ V PRAZE: *RVP metodický portál DŮM* [online]. [cit.2010-08-29] Dostupné z: <<http://dum.rvp.cz/index.html>>, ISSN: 1802-4785
- [10] VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ: *Projekt „Koordinované studijní opory pro studium základních chemických předmětů na středních školách* [online]. [cit.2010-08-29] Dostupné z: <<http://vydavatelstvi.vscht.cz/echo>>

- [11] ZASPALOVÁ, J.: *Výběr a testování výukových materiálů a jednoduchých experimentů pro web [www.studiumchemie.cz](http://www.studiumchemie.cz)* (Bakalářská práce) Univerzita Karlova v Praze – Přírodovědecká fakulta, 2008, školitel: RNDr. Petr Šmejkal, PhD.
- [12] AMBROŽ, A.: *Úvod do chemie nových materiálů – studijní text pro střední školu* (Bakalářská práce) Univerzita Karlova v Praze – Přírodovědecká fakulta, 2008, školitel: RNDr. Daniel Nižňanský, Ph.D.
- [13] HÁJKOVÁ, Z.: *Návrh implementace nových poznatků z interdisciplinárního oboru „nanotechnologie“ do výuky přírodovědných předmětů na SŠ* (Diplomová práce) Univerzita Karlova v Praze – Přírodovědecká fakulta, 2009, školitel: RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D.
- [14] MALECHOVÁ, M.: *Odpadní látky, plasty a ekologie* (školní projekt) (Diplomová práce) Univerzita Karlova v Praze – Přírodovědecká fakulta, 2006, školitel: RNDr. Renata Šulcová
- [15] MICROSOFT CORPORATION: *MS Office 2007 Professional* [sada programů na CD-ROM]. c2007.
- [16] ACD/LABS: *ChemSketch* [freeware program online]. Ver. 12. c2009 Dostupné z: <<http://www.acdlabs.com/download/>>
- [17] ADOBE SYSTEMS: *Adobe Photoshop* [program na CD-ROM]. Ver. CS3. c2007
- [18] DIXON, M.: *CoffeeCup HTML editor* [freeware program online]. Ver. 9.0. c1996-2006 Dostupné z: <<http://www.freedownloadspplace.com/Products/25973/Coffeecup-Html-Editor/>>
- [19] PDFFORGE.ORG: *PDFCreator* [freeware program online]. Ver. 0.9.9. c2009 Dostupné z: <<http://www.pdfforge.org/pdfcreator>>
- [20] GYMNÁZIUM PODBOŘANY: *Makromolekulární látky* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z: <[http://www.gymnazium.podborany.cz/soubory/prace/vyhanlova\\_latky.ppt](http://www.gymnazium.podborany.cz/soubory/prace/vyhanlova_latky.ppt)>
- [21] FAKULTA METALURGIE A MATERIÁLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ TECHNICKÉ UNIVERZITY OSTRAVA: *Polymery* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z: <[http://www.fmmi.vsb.cz/shared/uploadedfiles/fmmi/5\\_polymery.ppt](http://www.fmmi.vsb.cz/shared/uploadedfiles/fmmi/5_polymery.ppt)>
- [22] STEHLÍK, M. – *Polymery a kompozity* (Materiály pro rekonstrukce staveb – CI57) [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z: <<http://147.229.27.214/vyuka/CI57/POLYMERYaKOMPOZITYp%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ka%20CI57.ppt>>

- [23] POSPÍCHAL, J. – *Polymerní materiály* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z: <[http://jan.pospichal.biz/kestazeni/polymerni%20materialy%20\(s%20obrazky\).ppt](http://jan.pospichal.biz/kestazeni/polymerni%20materialy%20(s%20obrazky).ppt)>
- [24] POSPÍCHAL, J. – *Rozdělení a použití polymerů* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z: <<http://jan.pospichal.biz/kestazeni/rozdeleni%20a%20pouziti%20polymeru.ppt>>
- [25] ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI – *Polymery 1 a 2* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z: <[http://nemat.zcu.cz/MN/Prednasky/MN\\_prednaska8/Polymery1.ppt](http://nemat.zcu.cz/MN/Prednasky/MN_prednaska8/Polymery1.ppt) a [http://nemat.zcu.cz/MN/Prednasky/MN\\_prednaska8/Polymery2.ppt](http://nemat.zcu.cz/MN/Prednasky/MN_prednaska8/Polymery2.ppt)>
- [26] FAKULTA PŘÍRODOVĚDNĚ-HUMANITNÍ A PEDAGOGICKÁ TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI: *Plasty* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z: <[http://www.fp.tul.cz/kch/exnar/fs/prezentace/14S\\_Plasty.ppt](http://www.fp.tul.cz/kch/exnar/fs/prezentace/14S_Plasty.ppt)>
- [27] PTÁČEK, J.: *Makromolekulární látky* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z: <<http://maturuj.kvalitne.cz/chemie/otazky/makromolekularni.htm>>
- [28] CANOV, M.: *Polymery* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z: <<http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/polymery/polymery.html>>
- [29] GYMNÁZIUM, STŘEDNÍ ODBORNÁ ŠKOLA A VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA LEDEČ NAD SÁZAVOU: *Makromolekulární látky (plasty)* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z: <<http://www.gvi.cz/files/chemie/mml.pdf>>
- [30] GYMNÁZIUM F. X. ŠALDY V LIBERCI: *Makromolekulární látky* [online]. [cit.2010-06-12] Dostupné z: <<http://chemie.gfxs.cz/data/plasty/plasty.pdf>>
- [31] KUČEROVÁ, O.: *Enzymy, vitamíny a hormony ve středoškolském vzdělávání* (Diplomová práce) Univerzita Karlova v Praze – Přírodovědecká fakulta, 2009, školitel: Mgr. Milada Roštejnská, Ph.D.
- [32] KLEČKA, M.: *Nejpoužívanější učebnice chemie pro gymnázia a jejich hodnocení učiteli* In: *Současné problémy v chemickém vzdělávání*. Ostrava: Přírodovědecká fakulta OU, 2008
- [33] MAREČEK, A., HONZA, J.: *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl* 1. vydání Olomouc: Olomouc s.r.o, 2005, 244 s. ISBN 80-7182-057-1
- [34] KOLÁŘ K., KODÍČEK M., POSPÍŠIL J.: *Chemie II (organická a biochemie) pro gymnázia* 1. vydání Olomouc: SPN – pedagogické nakladatelství, a.s., 1997, 127 s. ISBN 80-85937-49-2



- [35] BANÝR J., BENEŠ P. a kol.: *Chemie pro střední školy* 1. vydání Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, a.s., 1995, 160 s. ISBN 80-85937-11-5
- [36] AMANN W., EISNER W., GIETZ P., MAIER J., SCHIERLE W., STEIN R.; přeložili SVOBODA J., KRATOCHVÍL B.: *Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy* 1. české vydání Praha: Scientia s. r. o., 2000, 140 s. ISBN 80-7183-079-8
- [37] ŠKODA J., DOULÍK P.: *Chemie 9 učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia* 1. vydání Plzeň: Fraus, 2007, 128 s. ISBN 80-7230-036-9
- [38] ŠKODA J., DOULÍK P., JODAS B., BIELIKOVÁ E., DOLÁROVÁ M., ŠMÍDL M.: *Chemie 9 příručka učitele pro základní školy a víceletá gymnázia* 1. vydání Plzeň: Fraus, 2007, 226 s. ISBN 80-7230-036-9
- [39] PEČOVÁ D., KARGER I., PEČ P.: *Chemie II pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií* 1. vydání Olomouc: PRODOS, 1995, 59 s. ISBN 80-7230-036-9
- [40] VACÍK J., BARTHOVÁ J., PACÁK J.: *Přehled středoškolské chemie* 3. vydání Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, a.s., 1999, 348 s. ISBN 80-7235-108-7
- [41] KOTLÍK B., RŮŽIČKOVÁ K.: *Chemie v kostce II. pro střední školy* 2. vydání Havlíčkův Brod: FRAGMENT, 1997, 135 s. ISBN 80-7200-342-9
- [42] RŮŽIČKOVÁ K., KOTLÍK B.: *Chemie v kostce pro střední školy* 1. vydání Praha: FRAGMENT, 2009, 214 s. ISBN 978-80-253-0599-7
- [43] BENEŠOVÁ M., SATRAPOVÁ H.: *Odmaturuj z chemie* 1. vydání Brno: DIDAKTIS, 2002, 200 s. ISBN 80-86285-56-1
- [44] HOW PRODUCTS ARE MADE: *How Products Are Made* [online]. [cit. 2010-03-20] Dostupné z: <<http://www.madehow.com/>>
- [45] RUBBER WORLD MAGAZINE'S ELECTRONIC PUBLISHING DIVISION: *Rubber Word - The Technical Service and News Website for the Rubber Industry* [online]. [cit. 2010-03-20] Dostupné z: <[http://www.rubberworld.com/RWmarket\\_report.asp?id=185](http://www.rubberworld.com/RWmarket_report.asp?id=185)>
- [46] VOHLÍDAL, J.: *Makromolekulární chemie (1. a 2. svazek)* Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, a.s., 1986, 316 s. a 125 s.
- [47] VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA A STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA VARNSDORF: *Fotovoltaický článek* [online]. [cit.2010-06-16] Dostupné z: <<http://www.vosvdf.cz/cmsb/userdata/489/obnovitelne-zdroje/Fotovoltaicke%20clanky.pdf>>

- [48] ČESKÁ AGENTURA PRO OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE: *Czech RE Agency – Obsah webu* [online]. [cit.2010-06-16] Dostupné z: <<http://www.czrea.org/cs/pomocne/obsah>>
- [49] MICHNA, Š.: *Kompozitní materiály* [online]. [cit.2010-06-16] Dostupné z: <[http://www.stefanmichna.com/download/technicke-materialy\\_II/kompozitni\\_materialy.pdf](http://www.stefanmichna.com/download/technicke-materialy_II/kompozitni_materialy.pdf)>
- [50] NOVÁK, V.: *Tvarová paměť* [online]. [cit.2010-06-16] Dostupné z: <[http://department.fzu.cz/ofm/sma//brana\\_cz/info/kluiber7.pdf](http://department.fzu.cz/ofm/sma//brana_cz/info/kluiber7.pdf)>
- [51] TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI, FAKULTA TEXTILNÍ: *Technologie* [online]. [cit.2010-06-16] Dostupné z: <[http://www.ft.tul.cz/depart/kde/studium/predmetyPRILOHY/2\\_v1%C3%A1kna\\_vlastnosti0.pdf](http://www.ft.tul.cz/depart/kde/studium/predmetyPRILOHY/2_v1%C3%A1kna_vlastnosti0.pdf)>
- [52] VŠB TU OSTRAVA: *Nanotechnologie* [online]. [cit.2010-06-16] Dostupné z: <<http://nanotechnologie.vsb.cz/>>
- [53] KUBÍNEK R., STRÁNSKÁ V.: *Úvod do problematiky nanotechnologií* [online]. [cit.2010-06-16] Dostupné z: <<http://exfyz.upol.cz/didaktika/oprlz/nanotechnologie.pdf>>
- [54] EKO-EKO TOP s.r.o.: *EKO-EKO TOP s.r.o. - Návrh, montáž a prodej ekologických topných systémů* [online]. [cit.2010-06-16] Dostupné z: <<http://www.infratopeni-ekoekotop.cz/Fotovoltaika.html>>
- [55] DYNALLOY, Inc.: *Dynalloy, Inc. Makers of Dynamic Alloys for Electrically Driven Applications* [online]. [cit.2010-07-25] Dostupný z: <<http://www.dynalloy.com/>>
- [56] AV MEDIA: *Pravidla tvorby elektronické prezentace* [online]. [cit.2010-06-20] Dostupné z: <<http://www.uspesnaprezentace.cz/tvorba-prezentace/ms-powerpoint/pravidla-pro-tvorbu-snimku/>>
- [57] NÝVLT, M.: *Tvorba prezentací* [online]. [cit.2010-06-20] Dostupné z: <<http://clatrutnov.cz/index.php/cs/ke-stazeni/category/10-informacni-a-komunikacni-technologie?download=39%3Apravidla-tvorby-prezentaci>>
- [58] URBANOVÁ, K.: *Rigorózní práce* Univerzita Karlova v Praze – Přírodovědecká fakulta, 2006, školitel: Prof. RNDr. Hana Čtrnáctová, CSc

- [59] THE UNIVERSITY OF SOUTHERN MISSISSIPPI: *The Macrogaleria a Cyberwoderland of Polymer Fun!* [online]. [cit.2010-06-20] Dostupné z: <<http://pslc.ws/macrog.htm>>
- [60] PROKOPOVÁ, I.: *Makromolekulární chemie* 2. vydání Praha: VŠCHT, 2007, 207 s. ISBN 978-80-7080-662-3 [online]. [cit.2010-06-16] Dostupné z: <[http://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/uid\\_isbn-978-80-7080-662-3/anotace/](http://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/uid_isbn-978-80-7080-662-3/anotace/)>
- [61] NODETHIRTYTHREE.: *Free CSS templates* [online]. [cit.2010-06-16] Dostupné z: <<http://www.freecsstemplates.org/>>
- [62] JANOVSÝ, D. : *Jak psát web* [online]. [cit.2010-06-15] Dostupné z: <<http://www.jakpsatweb.cz/>>
- [63] BASSAM Z. SHAKHASHIRI: *Science is fun in the Lab of Shakhashiri* [online]. [cit.2008-08-30] Dostupné z: <<http://www.scifun.org/homeexpts/homeexpts.html>>
- [64] THE NEW YORK TIMERS COMPANY: *Chemistry, Chemistry How-To Collection – How Tos* [online]. [cit.2010-30-6] Dostupné z: <<http://chemistry.about.com/cs/howtos/ht/>>
- [65] MONTES-GONZÁLEZ I., CINTRON-MALDONADO J. A., PÉREZ-MEDINA I. E., MONTES-BERRÍOS V., ROMÁN-LOPÉZ S. N.: A Sticky Situation – Chewing Gum and Solubility. In *Journal of Chemical Education* Vol. 84 No. 4, p396-397.
- [66] VOHLÍDAL, J.: *Makromolekulární chemie* Praha: Karolinum, 1995, 265 s.
- [67] EKO-KOM a.s.: *EKO-KOM* [online]. [cit.2009-01-14] Dostupné z: <<http://www.ekokom.cz/>>
- [68] GOOGLE: *Účty Google* [online]. [cit.2010-08-17] Dostupné z: <<https://www.google.com/accounts/NewAccount?hl=cs>>