

CHEMICKÉ ÚČINKY IONIZUJÚCEHO ŽIARENIA

CHÉMIA ŽIARENIA

Fotochémia i radiačná chémia patria do špeciálnej oblasti nazvanej **chémia žiarenia**, ktorej úlohou je skúmanie chemických reakcií vyvolaných žiarením.

Radiačná chémia je vednou oblasťou, ktorá skúma chemické zmeny vyvolané nejadrovou interakciou vysokoenergetického (ionizujúceho) žiarenia s látkou (žiarenie uvoľňované pri jadrových premenách alebo produkované pomocou urýchľovačov častíc), kým **fotochémia** skúma chemické reakcie vyvolané žiarením s nízkou energiou (viditeľné a ultrafialové svetlo). Energetická hranica medzi žiarením s nízkou a vysokou energiou je 20 až 30 eV.

Vo fotochémií je absorbovaná energia rovnomerne rozptýlená v celom objeme osvetlenej sústavy a jej výsledkom je zväčša elektrónová excitácia atómov alebo molekúl zložiek ožiarenej sústavy. Pre fotochémiu je charakteristická selektívna absorpcia žiarenia jednotlivými molekulami, ktorá vo veľkej miere závisí od chemického zloženia molekúl a vlnovej dĺžky žiarenia. Vo fotochémií sa zväčša vyberá rozpúšťadlo inertné na žiarenie, takže žiarenie pohlcujú iba molekuly rozpustenej látky. Tie prechádzajú do vzbuďeného stavu, ktorý je príčinou ich chemických zmien.

V radiačnej chémii je **absorpcia žiarenia** (►Príloha 1) neselektívna, pretože interakcia žiarenia s vysokou energiou prebieha prakticky so všetkými elektrónmi absorpčného prostredia bez zreteľa na to, k akým atómom elektróny patria. Prenos energie v ožiarenej sústave sa koncentruje na stopu častice. Je to zásadný rozdiel medzi radiačnou chémiou a fotochémiou, kde prenos energie svetelných alebo ultrafialových fotónov je rozptýlený v celom objeme osvetleného systému.

UČEBNÉ CIELE

Študent by mal poznať obsah radiačnej chémie a fotochémie, vedieť mechanizmus a charakteristiky radiačnochemických premien ako aj procesy, ktoré prebiehajú v rôznych látkach vplyvom vysokoenergetického žiarenia: rádiolýza vody, anorganických a organických látok rozpustených vo vode, radiačná polymerizácia a kopolymerizácia, vplyv žiarenia na makromolekulové látky, radiačné zmeny v tuhých anorganických látkach a konštrukčných materiáloch jadroveenergetických zariadení.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

fotochémia, radiačná chémia, radiačnochemické reakcie, radiačnochemická premena, vnútorné ožarovanie, vonkajšie ožarovanie, radiačnochemický výťažok, G(X) faktor, lineárny prenos energie, rádiolýza, radiačná polymerizácia, radiačná kopolymerizácia, Frenkelové poruchy, Schottkyho defekt, polymér

Realizácia radiačnochemického experimentu

Zdroje žiarenia, ktoré sa používajú v radiačnej chémii sú podrobne uvedené v kapitole **Priemyselne zdroje žiarenia**.

Postup pri radiačnochemickom experimente môžeme rozčleniť na tri etapy:

1. príprava ožarovacích nádobiek a látok na ožarovanie,
2. ožarovanie,
3. analýza produktov radiačnochemických reakcií.

Experimentálne práce sa začínajú starostlivým očistením ožarovacích nádobiek, ktoré sú najčastejšie zo skla. Aj látky na ožarovanie sa čo najstarostlivejšie čistia. Organické látky sa čistia niekoľkonásobnou destiláciou. Ak sa používa voda, musí sa niekoľkonásobne redestilovať. Veľmi dôležité je v niektorých prípadoch z ožarovaných látok odstrániť kyslík, ktorý vo veľkej miere ovplyvňuje priebeh radiačnochemických reakcií. Často sa skúma závislosť radiačných zmien od druhu a množstva rozpustených plynov (kyslík, vodík, vzácne plyny, atď.).

Chemická sústava sa môže ožarovať dvoma základnými spôsobmi, čo sa týka geometrie vzájomného usporiadania radiačného zdroja a ožiarenej sústavy. Radiačný zdroj môže byť umiestnený vnútri ožarovanej sústavy (**vnútorné ožarovanie**) alebo mimo nej (**vonkajšie ožarovanie**). Pri vnútornom ožarovaní sa používajú len rádionuklidové zdroje. Sú to najmä α -žiarice a β -žiarice, ktoré majú malú prenikavosť, a preto vysokú radiačnú účinnosť. Vo väčšine prípadov sa však pracuje metódou vonkajšieho ožarovania použitím rádionuklidových radiačných zdrojov, ako aj technických zdrojov žiarenia (urýchľovače, röntgenové trubice).

Analýza produktov radiačnochemických reakcií sa robí chemickými, fyzikálnymi a fyzikálnochemickými metódami. Používajú sa najmä metódy hmotnostnej spektrometrie, ultrafialovej absorpčnej spektroskopie, infračervenej spektroskopie, plynovej chromatografie, elektrónovej paramagnetickej rezonancie a nukleárnej magnetickej rezonancie.

Mechanizmus radiačnochemických premien

Pri pôsobení vysokoenergetického žiarenia prebieha v ožiarenom prostredí najprv viacero **elementárnych dejov**, ako je vznik kladných a záporných iónov priamou ionizáciou, rôzne druhy prenosu elektrického náboja a vznik radikálov a excitovaných útvarov.

Proces, ktorým vzniká z východiskovej látky pri jej ožarení výsledný produkt, nie je obyčajne jednoduchý. Skladá sa z menšieho, alebo aj z väčšieho počtu čiastkových, elementárnych dejov, pri ktorých sa najprv tvoria primárne (prechodné) produkty neschopné zväčša trvalo existovať. Schematicky:

východisková látka → primárne radiačné produkty
primárny produkt + východisková látka → d'alšie prechodné až
primárny produkt + primárny produkt → konečné produkty

Radiačnochemické pôsobenie (►Príloha 2) je súbor množstva čiastkových dejov, ktoré majú rôznu rýchlosť i časové trvanie a navzájom sa podmieňujú. Možno ich rozčleniť na tri etapy: fyzikálna, fyzikálnochemická a chemická. V biologických sústavách k týmto etapám pristupuje ešte aj etapa biologická.

Chemické efekty vysokoenergetického žiarenia sú úmerné tomu podielu radiačnej energie, ktorý sa počas ožarovania sústavy v nej absorbuje. Najdôležitejšou kvantitatívnou charakteristikou radiačnochemickej reakcie je jej výťažok (**radiačnochemický výťažok**); označuje sa **G(X)**. Táto veličina vyjadruje stredný počet častíc X (radiačne vytvorených alebo pozmenených molekúl, atómov, iónov), ktoré vzniknú po absorpcii 100 eV radiačnej energie látkou. Napríklad ak sú pri ožarení kvapalnej vody γ -žiarením uvedené výťažky $G(\text{H}_2) = 0,4$ a $G(-\text{H}_2\text{O}) = 3,6$, značí to, že na každých 100 eV absorbovanej radiačnej energie vzniká priemerne 0,4 molekuly vodíka a rozkladá sa priemerne 3,6 molekúl vody.

Radiačne chemický výťažok $G(X)$ sa dá vypočítať pomocou chemickej analýzy sledovanej sústavy a dávkovej rýchlosti ionizujúceho žiarenia

$$G(X) = \frac{E \Delta C_X N_A}{\rho J_D t}$$

kde

ΔC_X je chemicky stanovené množstvo napr. vznikajúceho produktu (mol/dm^3),

$E = 1,6 \cdot 10^{-17}$ je energia 100 eV vyjadrená v Jouloch [J],

N_A je Avogadrova konštanta,

ρ je hustota ožarovanej sústavy (kg/dm^3),

J_D je dávková rýchlosť (W/kg) a t je doba ožarovania (s).

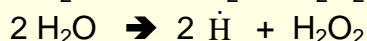
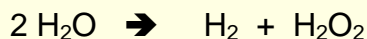
Hodnota G-faktora umožňuje porovnávať radiačnú stálosť a radiačnochemickú reaktivitu rôznych látok. Radiačná odolnosť zlúčenín je výsledkom citlivosti jednotlivých chemických väzieb v molekule k vysokoenergetickému žiareniu. Radiačnú citlivosť ožarovanej sústavy môže tiež ovplyvňovať prítomnosť radikálotvorných zložiek.

Výhoda G-faktora je v tom, že nezávisí od charakteru a mechanizmu radiačnochemických reakcií. Pri veľkom počte produktov hodnota G-faktora neprevyšuje rádovo hodnotu 1, ale v reakciách s radikálovým reťazovým mechanizmom môže dosiahnuť aj hodnoty 10^4 až 10^5 .

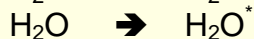
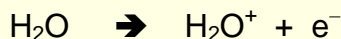
Súbor chemických zmien, ktoré vznikajú v látke vplyvom absorpcie vysokoenergetického žiarenia označujeme pojmom **rádiolýza**. Jednou z prvých pozorovaných reakcií rádiolýzy bol radiačný rozklad vody za vzniku traskavého plynu.

Rádiolýza vody

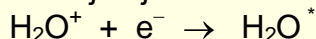
Účinok vysokoenergetického žiarenia na vodu má veľký význam, lebo voda je najrozšírenejším rozpúšťadlom a je hlavnou súčasťou biologických sústav. Hoci mechanizmus rádiolýzy vody je veľmi zložitý, možno ho, aspoň zjednodušene vyjadriť tromi rovnicami, opisujúcimi tvorbu molekulových produktov rádiolýzy (H_2O_2 , H_2) i tvorbu radikálov ($\dot{\text{H}}$, $\text{OH}\dot{\text{H}}$)



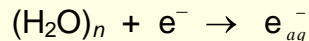
Mechanizmus rádiolýzy vody môžeme zhruba naznačiť takto: Primárne procesy zapríčinené žiarením vo vode



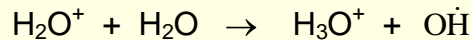
Vzbudené molekuly vody vznikajú aj neutralizáciou iónov H_2O^+



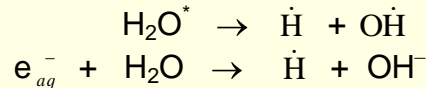
Časť sekundárnych elektrónov môže vytvárať hydratovaný elektrón



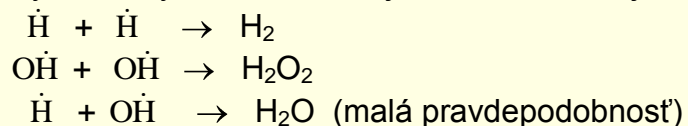
Ak sa kladný ión a voľný elektrón navzájom vzdialia, môžu kladné ióny H_2O^+ reagovať s neutrálnymi molekulami, pričom vznikajú radikály $O\dot{H}$



Aj disociáciou vzбудených molekúl a vody a solvatovaného elektrónu vznikajú voľné radikály \dot{H} a $O\dot{H}$



Ak nie sú prítomné iné látky, radikály \dot{H} a $O\dot{H}$ vzájomne rekombinujú



Rekombináciou radikálov vznikajú teda ako stabilné molekulové produkty vodík a peroxid vodíka a (s malou pravdepodobnosťou) aj voda.

Radiačný rozklad vody veľmi závisí od prímiesí alebo nečistôt. Na rádiolýzu vody vplýva druh žiarenia ako aj hodnota **lineárneho prenosu energie LET** (= strata energie častice v dôsledku jej prenosu na molekuly prostredia), najmä čo sa týka zloženia molekulových produktov a voľných radikálov. Pri nízkom lineárnom prenose energie výťažky voľných radikálov sú oveľa vyššie ako výťažky molekulových produktov a pri vysokom lineárnom prenose energie je to naopak. Pri pôsobení žiarenia s vysokými hodnotami LET vytvorený H_2O_2 reaguje s \dot{H} a $O\dot{H}$ reakciami, v dôsledku ktorých vzniká voľný O_2 . Aj hodnota pH ovplyvňuje rádiolýzu vody. V kyslom prostredí je výťažok radikálov \dot{H} a $O\dot{H}$ a celková hodnota G rádiolýzy vody vyššia ako v neutrálnom prostredí.

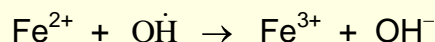
Praktické dôsledky radiačného rozkladu vody sa prejavujú napríklad v jadrových reaktoroch, v ktorých sa používa voda ako moderátor alebo chladivo. V reaktorovej nádobe sa zhromažďuje traskavá zmes vodíka a kyslíka, ktorú treba odstraňovať.

Rádiolýza látok rozpustených vo vode

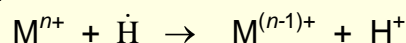
Účinok vysokoenergetického žiarenia na vodné roztoky látok je zvyčajne nepriamy. Voda sa najprv účinkom žiarenia rozloží na radikály a molekulové produkty, ktoré potom reagujú s molekulami rozpustenej látky a vyvolávajú v nej príslušné zmeny. Rozpustená látka sa väčšinou redukuje alebo oxiduje. Všeobecne má radikál $O\dot{H}$ oxidačné vlastnosti



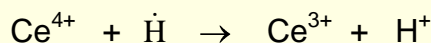
napríklad



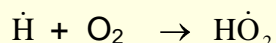
a radikál \dot{H} redukčné vlastnosti



napríklad



V prítomnosti rozpusteného kyslíka reaguje \dot{H} za vzniku hydroperoxidového radikálu, ktorý má oxidačné vlastnosti



Organické látky sa vo vode pri ožiarení prevažne oxidujú a len v ojedinelých prípadoch sa redukujú. Niekedy dochádza k polymerizácii a v obmedzených prípadoch aj k deštrukcii rozpustených molekúl.

V koncentrovaných roztokoch sa uplatňuje aj priame radiačnochemické pôsobenie žiarenia na rozpustenú látku.

Rádiolýza organických látok

Skúmanie vplyvu vysokoenergetického žiarenia na organické látky má veľký význam, lebo takto získané výsledky umožňujú navrhnúť a realizovať nové, lepšie metódy prípravy organických zlúčenín radiačnochemickou syntézou alebo modifikáciou.

Ožarovaním organických látok vznikajú plynné produkty, dimérové a viacmolekulové produkty a organické zlúčeniny s nenasýtenými väzbami. Rozhodujúce sú pritom reakcie radiačných medziproduktov, t.j. iónov, vzбудených molekúl a voľných radikálov. Najdôležitejšie sú pritom voľné radikály, ktoré v organických zlúčeninách vznikajú rozpadom vzбудených molekúl. Rádiolýza väčšiny organických látok sa ale podstatne odlišuje napr. od rádiolýzy vody tým, že radikály prevažne navzájom nerekombinujú, ale reagujú s molekulami pôvodnej látky alebo molekulami iných zložiek. Napríklad radikály \dot{H} skôr odštepujú vodíkové atómy z iných organických molekúl.

Radiačné efekty organických látok sa môžu prejavíť zmenšovaním molekúl (degradácia, deštrukcia, krakovanie), alebo ich zväčšovaním (kondenzácia, polymerizácia). Keď sa veľkosť molekúl nemení, ide o izomerizáciu. Okrem toho prebieha hydrogenizácia alebo dehydrogenizácia. Vysokoenergetické žiarenie v mnohých prípadoch zapríčiňuje aj syntetické reakcie.

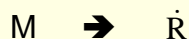
Výťažok rádiolytických produktov závisí od štruktúry uhľovodíka. Čím je jeho molekula viac rozvetvená, tým je výťažok vodíka menší a zvyšuje sa výťažok metánu. V rozvetvených uhľovodíkoch sa prednostne radiačne štiepia väzby C-C, v lineárnych zase väzby C-H. Rozvetvené uhlíkové väzby sú citlivejšie ako lineárne a podobne dvojité a trojité väzby C=C a C≡C sú citlivejšie než jednoduché väzby C-C.

Aromatické uhľovodíky sú radiačne odolnejšie než alifatické. Malá radiačná citlivosť benzénu a aromatických zlúčenín má pôvod v dlhej životnosti ich najbližších vzбудených stavov, ktorá stačí na to, aby prebehli vnútromolekulové dezaktivačné procesy. Absorbovaná energia sa rozloží po celej molekule bez toho, aby vyvolala rozklad molekuly.

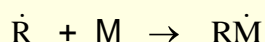
Z hľadiska praktického využitia majú najväčší význam radiačnochemické procesy s reťazovým mechanizmom (napr. radiačná polymerizácia, radiačná oxidácia, radiačná halogenizácia a pod.). V týchto procesoch je potreba absorbovanej energie na premenu jedného molu relatívne veľmi malá. Pri reťazových reakciách pôvodný vznik voľného radikálu umožňuje premenu nielen jednej molekuly, ale mnohých molekúl.

Radiačná polymerizácia a kopolymerizácia

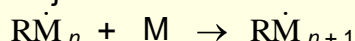
Vysokoenergetické žiarenie vyvoláva v sústavách schopných polymerizovať vznik makromolekúl. Radiačná polymerizácia má prevažne radikálovo-reťazový mechanizmus. Reakciu začínajú voľné radikály, ktoré sú produktami reakcií radiačne vzniknutých iónov a vzbudených molekúl



Reakciou voľného radikálu (\dot{R}) s molekulou monoméru (M) dochádza k iniciácii reťazca



Ďalej sa polymérový reťazec predlžuje

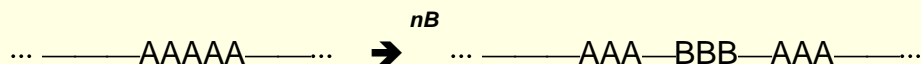


Ukončenie (terminácia) polymérového reťazca môže nastať:

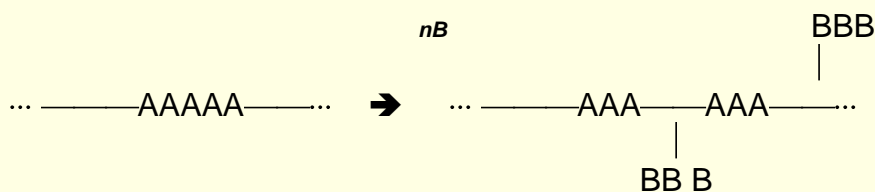
- vzájomnou reakciou dvoch makroradikálov: $R\dot{M}_m + R\dot{M}_m \rightarrow P_{n+m}$
- disproporcionáciou makroradikálov: $R\dot{M}_n + R\dot{M}_m \rightarrow P_n + P_m$
- reakciou makroradikálu s primárnym radikálom: $R\dot{M}_n + \dot{R} \rightarrow P_n$

Pri ožiarení sústavy obsahujúcej polymérovú (A_n) a monomérovú zložku (B) vzniká nový polymér (kopolymér) s novými vlastnosťami.

Pri štiepení hlavného reťazca polyméru žiarením vznikajú **blokové kopolyméry**



V druhom variante sa monomér (B) naočkuje na základnú štruktúrnú reťaz polyméru (A) vo forme bočných vetiev (**očkovačia kopolymerizácia**)



Mechanizmus radiačnej kopolymerizácie má rovnaké reakčné štádiá ako radiačná polymerizácia: radiačný vznik radikálu (z polyméru A alebo monoméru B), iniciácia, predlžovanie reťazca a terminácia polymérového reťazca. V závislosti od podmienok kopolymerizácie majú získané produkty rôzne vlastnosti.

Vplyv vysokoenergetického žiarenia na makromolekulové látky

Ožiarení makromolekulových látok vysokoenergetickým žiarením dochádza v nich k zmene štruktúry a tým aj k zmene ich vlastností, lebo vznikajú nové priečne väzby (sieťovanie), alebo sa rozštiepi hlavný reťazec, prípadne sa odbúravadajú

Radiačné zmeny materiálov jadrových reaktorov

Jadrové palivo a konštrukčné materiály v jadrových reaktoroch sú vystavené veľmi intenzívnemu žiareniu, z ktorého najvýznamnejšie zmeny zapríčiňujú ťažké častice (najmä neutróny) a fragmenty štiepenia uránu. Neutróny, pretože nemajú elektrický náboj, môžu preniknúť cez látku do hĺbky niekoľko metrov a ich účinky sa obmedzujú na vnútro paliva. Vyvolávajú najmä poruchy v usporiadaní atómov v mriežke, kde vzniknú jednak voľné, vakančné miesta a ďalej nadbytočné, intersticiálne atómy. Tým sa podstatne zhoršujú požadované vlastnosti materiálov.

Vplyvom žiarenia sa veľmi zvyšuje tvrdosť a krehkosť uránu, jeho elektrická vodivosť sa podstatne znižuje. Elektrónovým mikroskopom môžeme pozorovať zmenu štruktúry. Najzaujímavejším javom, ktorý pozorujeme pri ožarovaní uránu, je zväčšovanie jeho rozmerov, ktoré je príčinou vážnych porúch.

Intenzívne žiarenie, ktoré pôsobí na palivové články, poškodzuje aj hliníkové a horčíkové ochranné obaly. Aj ostatné reaktorové materiály sa veľmi poškodzujú. Najviac sa namáha moderátor, ktorý je alebo z grafitu, berýlia, alebo z ťažkej vody. Vplyvom žiarenia sa grafit deformuje, tepelná vodivosť sa zníži, čo má vplyv na činnosť reaktora. Berýlium má vynikajúcu stabilitu proti žiareniu.

KONTROLNÉ OTÁZKY

1. Čím sa zaoberá radiačná chémia?
2. Čím sa zaoberá fotochémia?
3. Aký je mechanizmus radiačnochemických premien?
4. Čo je radiačnochemický výťažok?
5. Čo je lineárny prenos energie?
6. Ako prebieha rádiolýza vody?
7. Ako prebieha rádiolýza látok rozpustených vo vode?
8. Ako prebieha rádiolýza organických látok?
9. Čo je podstata radiačnej polymerizácie?
10. Čo je očkovačia polymerizácia?
11. Aký vplyv má vysokoenergetické žiarenie na makromolekulové látky?
12. Aké radiačné zmeny vznikajú v tuhých anorganických látkach?
13. Čo sú Frenkelové poruchy?
14. Čo je Schottkyho defekt?
15. Aké zmeny vznikajú v konštrukčných materiáloch jadrových reaktorov vplyvom vysokoenergetického žiarenia?

SÚHRN

radiačné zdroje - zdroje žiarenia s veľkou energiou (> 20 eV). Zdrojmi žiarenia môžu byť rádionuklidy alebo technické zdroje.

radiačnochemická syntéza - chemické reakcie vyvolané vysokoenergetickým žiarením; sú spojené so zmenou zloženia a štruktúry alebo len so zmenou štruktúry chemických látok

radiačnochemický výťažok - najdôležitejšia kvantitatívna charakteristika radiačnochemickej reakcie. Vyjadruje stredný počet častíc X radiačne vytvorených alebo pozmenených molekúl, atómov, iónov, ktoré vzniknú po absorpcii 100 eV radiačnej energie látkou. Je definovaný: $G(X) = \frac{E \Delta C_X N_A}{\rho J_D t}$, kde ΔC_X je chemicky

stanovené množstvo napr. vznikajúceho produktu (mol/dm^3), $E = 1,6 \cdot 10^{-17}$ je energia 100 eV vyjadrená v Jouloch [J], N_A je Avogadrova konštanta, ρ je hustota ožarovanej sústavy (kg/dm^3), J_D je dávková rýchlosť (W/kg) a t je doba ožarovania (s).

radiačná polymerizácia - radiačné iniciovanie polymerizačných reakcií. Väčšina z nich má radikálový charakter

ionizujúce žiarenie - žiarenie s vysokou energiou vyvolávajúce ionizáciu

jadrové žiarenie - súhrnné označenie všetkých druhov žiarenia s pôvodom v atómovom jadre, pri ktorých sú samovoľne aj umelo vyvolané premeny spojené s vysielaním častíc vnútrojadrovej energie vo forme korpuskulárneho alebo fotónového žiarenia (žiarenie alfa, beta, gama, protónové, deuterónové, neutrónové, a i.)

kopolymér - polymér obsahujúci dve alebo viac štruktúrnych jednotiek rôzneho druhu

voľné radikály - aktívne častice podmieňujúce rozvoj chemickej reakcie. Majú jeden alebo viac nespárených valenčných elektrónov a vyznačujú sa veľkou reaktivitou

radiačná iniciácia - spôsob iniciovania chemických reakcií vysokoenergetickým žiarením

radiačná modifikácia - súborné označenie pre radiačné efekty v ožiarených látkach makromolekulového typu: odbúravanie, sieťovanie, očkovanie a pod.

radiačné očkovanie - kombinovanie a modifikácia makromolekulových látok prostredníctvom očkovacej polymerizácie jedného monoméru na iný typ polyméru radiačnou iniciáciou očkovacej reakcie

ionizácia - vznik elektricky nabitých častíc (iónov) z neutrálnych molekúl alebo atómov

excitácia - uvedenie atómu do stavu s vyššou energiou, ako zodpovedá základnému (najnižšiemu) energetickému stavu príslušného atómu alebo atómového jadra

spektroskopia - časť fyziky zaoberajúca sa teóriou a interpretáciou spektier všetkých druhov. Žiarenie, ktoré látka vysiela, alebo ktoré prešlo skúmanou látkou, sa rozloží spektrálnym zariadením (spektroskop, spektrograf, spektrometer)

spektrum - súbor čiar, usporiadaných podľa vlnových dĺžok alebo frekvencií polychromatického žiarenia rozloženého spektrálnym zariadením. Podľa vzniku sa delia na emisné a absorpčné spektrá, podľa oblasti vlnových dĺžok žiarenia na röntgenové-, elektrónové-, atomové-, fluorescenčné-, Ramanove-, infračervené absorpčné- a mikrovlnové spektrá a na spektrá v oblasti elektrónovej paramagnetickej rezonancie a jadrovej magnetickej rezonancie

chromatografia - fyzikálna separačná metóda na selektívne oddeľovanie zložiek zmesí. Je založená na odlišnosti jednotlivých zložiek, ktoré sa majú od seba oddeliť, v pomere afinít ku dvom vzájomne nemiešateľným fázam, s ktorými sú v styku. Pritom jedna fáza je nepohyblivá – **stacionárna** (povrchovo aktívne látky, t.j. adsorbenty, papier, ionexy alebo kvapalina nanosená na vhodný pórovitý nosič), druhá pohyblivá – **mobilmá** (kvapalina alebo plyn)

disociácia - rozštiepenie molekuly na dve alebo viac jednoduchších molekúl alebo atómov

rekombinácia radikálov - spätný dej pri homolytických reakciách. Pri rekombinácii radikálov nastáva spájanie radikálov vnútri molekúl alebo medzi molekulami

rádiolýza - žiarením iniciované rozkladné reakcie; radiačne iniciované chemické premeny

rádiolýza vody - rozklad vody účinkom žiarenia za vzniku molekulového vodíky (H_2), peroxidu vodíky (H_2O_2), voľných radikálov vodíkových a hydroxylových

izomerizácia - vznik niekoľkých zlúčenín (izomérov) s rovnakým zložením a rovnakou relatívnou molekulovou hmotnosťou, ale s rozdielnou štruktúrou, a preto aj s odlišnými fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami

halogenácia - zabudovanie atómov halogénu (F, Cl, Br, I) do molekuly organickej látky

monomér - jednoduchá nízkomolekulová zlúčenina. Polymerizáciou, polyadáciou alebo polykondenzáciou monoméru vznikajú polyméry

polymerizácia - polyreakcia, pri ktorej sa nenasýtené molekuly základnej látky (monoméru) zlučujú do väčšieho celku (polyméru) reťazovým mechanizmom bez vzniku vedľajšieho produktu

makromolekula - veľká molekula skladajúca sa z mnohonásobne sa opakujúcich štruktúrnych jednotiek, t.j. z niekoľko sto až tisíc atómov spojených kovalentnými väzbami

radiačné siet'ovanie - vytvárajú sa priečne väzby medzi susednými makromolekulami, prípadne aj susednými segmentami tej istej makromolekuly. Účinkom žiarenia sa pretrhávajú väzby C—H za vzniku vodíka a makroradikálu, ktoré potom reagujú medzi sebou

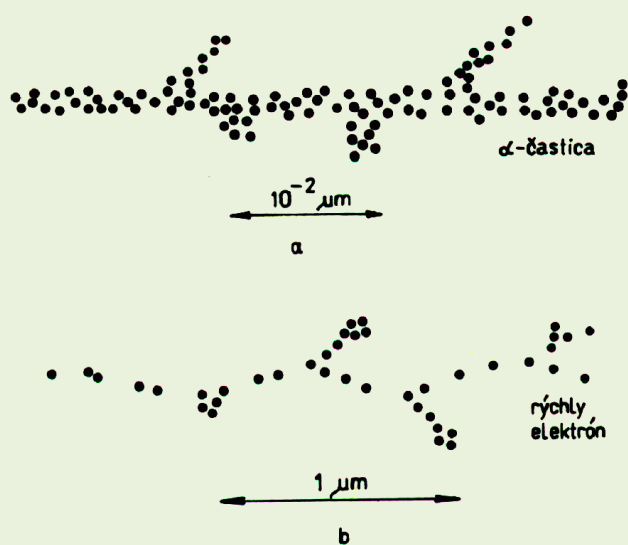
radiačná degradácia, odbúravanie - molekulové reťazce sa pretrhávajú

interakcia žiarenia a atómu v kryštalickej mriežke – vznik Frenkelových porúch (atóm sa nachádza v intersticiálnej polohe) alebo Schottkyho defektu (vznik vakancií).



Návrat z acrobat readera -  (zatvorením okna)

Príloha 1:



Obr.1.

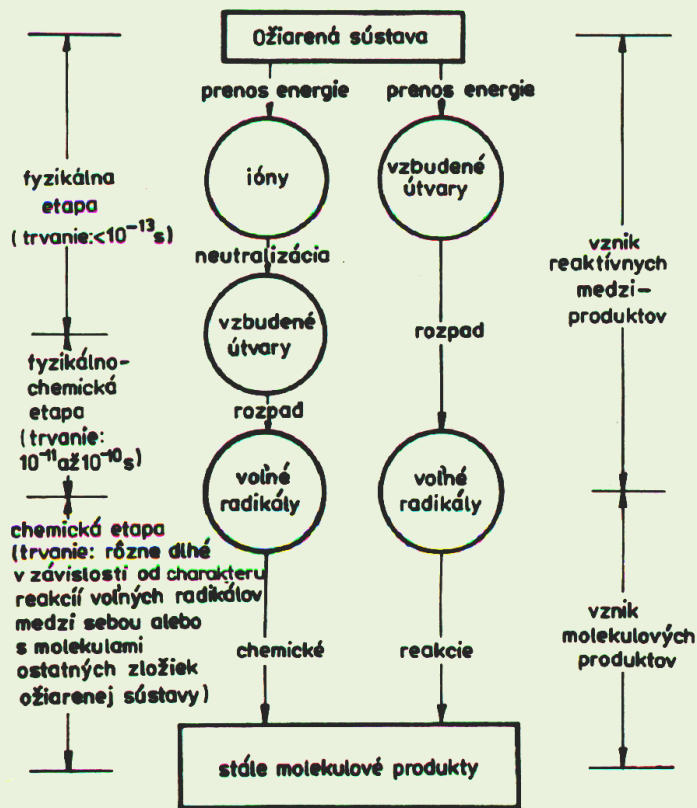
Absorpciu žiarenia
Schéma stopy α -častice (a) a
rýchleho elektrónu (b)

Obr.1. Absorpciou vysokoenergetického žiarenia vznikajú rôzne medziprodukty (vzbudené útvary, ióny a voľné radikály), ktoré sú lokalizované v stope častice. Schéma hustoty ionizácie a excitácie v stope častice a tvar stopy α -častice sú na obr.a., rýchleho elektrónu na obr.b. Z obrázkov je zrejmé, že hustota ionizácie je oveľa vyššia pri interakcii α -častice než elektrónu. Primárne produkty interakcie žiarenia s látkou sú pri danej látke v podstate rovnaké, nezávisia od druhu a energie ionizujúceho žiarenia. Odlišné môže byť iba ich priestorové rozloženie (koncentrácia v stope). Stopa častice, vyjadrená produktmi primárnej interakcie, je rozvetvená, a krátke bočné vetvy (strapce) zodpovedajú interakcii sekundárnych elektrónov.



Návrat z prílohy pomocou: Alt + ←

► Príloha 2:



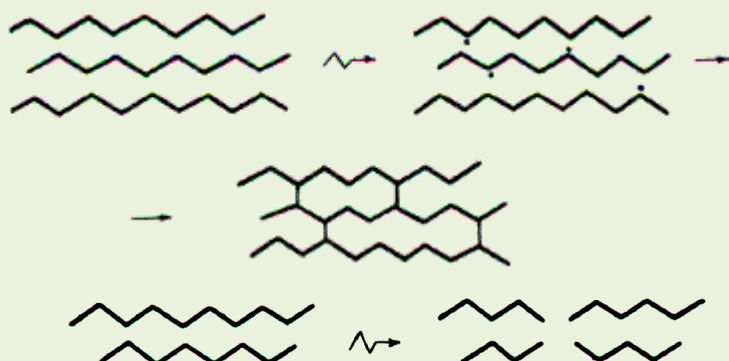
Obr.2.

Schéma
radiačnochemického
pôsobenia.



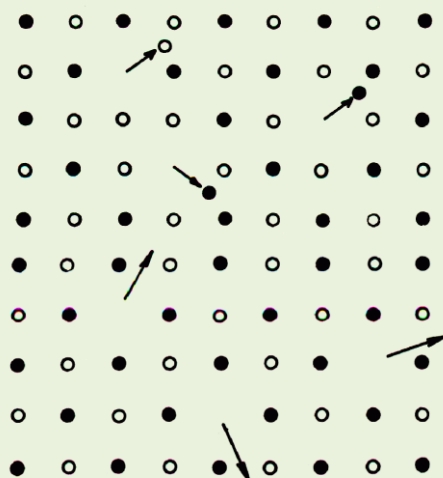
Návrat z prílohy pomocou: Alt + ←

► **Príloha 3:**



Návrat z prílohy pomocou: Alt + ←

▶ **Príloha 4:**



Radiačné zmeny v tuhých látkach

Obr.4a. Frenkelove poruchy

Obr.4b. Schottkyho defekt



Návrat z prílohy pomocou: Alt + ←