

| | Strana |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|
| PŘEDMLUVA | 3 |
| 1. BEZPEČNOST PRÁCE V OBLASTI CHEMIE POLYMERŮ | 4 |
| 1.1 Obecné zásady bezpečnosti práce | 4 |
| 1.2 Specifická nebezpečí spojená s prováděním polyreakcí | 4 |
| 1.2.1 Práce s hořlavými kapalinami | 4 |
| 1.2.2 Sušení rozpouštědel, jejich likvidace a likvidace alkalických kovů | 6 |
| 1.2.3 Destilace | 6 |
| 1.2.4 Práce v inertním prostředí | 7 |
| 1.2.5 Nízké teploty | 8 |
| 1.2.6 Použití peroxidů | 8 |
| 1.3 Toxické vlastnosti používaných látek | 9 |
| 1.3.1 Toxické vlastnosti anorganických látek | 9 |
| 1.3.2 Toxické vlastnosti organických sloučenin | 10 |
| 1.3.3 Toxické vlastnosti surovin a produktů polyreakcí | 10 |
| 1.4 Rizika při provádění polyreakcí a zpracování produktů | 12 |
| 1.5 Prostředky kolektivní a individuální ochrany práce v laboratoři | 13 |
| 1.6 První pomoc při nehodách | 14 |
| 2. LABORATORNÍ TECHNIKA | 16 |
| 2.1 Práce se zábrusy | 16 |
| 2.2 Laboratorní sklo | 17 |
| 2.3 Operace v laboratoři | 19 |
| 2.3.1 Míchání | 19 |
| 2.3.2 Zahřívání | 20 |
| 2.3.3 Chlazení | 22 |
| 2.3.3.1 Chlazení par | 22 |
| 2.3.3.2 Chlazení kapalin a pevných látek | 22 |
| 2.4 Destilace | 24 |
| 2.4.1 Prostá destilace | 24 |
| 2.4.2 Frakční destilace | 25 |
| 2.4.3 Vakuová destilace | 26 |
| 2.4.3.1 Aparatura pro destilaci za vakua | 27 |
| 2.4.3.2 Bezpečnostní opatření | 28 |
| 2.4.4 Azeotropická destilace | 28 |
| 2.5 Sušení | 28 |
| 2.5.1 Sušicí činidla | 28 |
| 2.5.1.1 Látky tvořící hydráty | 28 |
| 2.5.1.2 Látky vázající vodu chemickou reakcí | 29 |
| 2.5.1.3 Látky poutající vodu adsorpcí | 29 |
| 2.5.2 Sušení plynů | 30 |
| 2.5.3 Sušení kapalin | 30 |
| 2.5.4 Sušení pevných látek | 31 |
| 2.6 Čištění laboratorního skla | 31 |
| 3. SUROVINY | 33 |
| 3.1 Obecné požadavky | 33 |
| 3.2 Vinylové monomery | 33 |
| 3.2.1 Styren | 33 |
| 3.2.1.1 Čištění styrenu | 34 |
| 3.2.2 Akrylové monomery | 34 |
| 3.2.2.1 Kyselina akrylová a akryláty | 34 |
| 3.2.2.2 Kyselina methakrylová a methakryláty | 35 |
| 3.2.2.3 Čištění akrylových monomerů | 35 |
| 3.2.2.4 Akrylonitril | 36 |
| 3.2.2.4.1 Čištění akrylonitrilu | 36 |

| | | |
|------------|-----------------------------------------------------|----|
| 3.2.3 | Vinylacetát | 36 |
| 3.2.3.1 | Čištění vinylacetátu | 36 |
| 3.3 | Skladování dezinhibovaných monomerů | 37 |
| 3.4 | Heterokondenzační monomery | 37 |
| 3.4.1 | Maleinanhydrid | 37 |
| 3.4.2 | Ftalanhydrid | 37 |
| 3.4.3 | Ethylenglykol | 38 |
| 3.4.4 | Propylenglykol | 38 |
| 3.4.5 | Glycerol | 38 |
| 3.4.6 | Pentaerythritol | 38 |
| 3.4.7 | Formaldehyd | 39 |
| 3.4.8 | Fenol | 39 |
| 3.4.9 | Močovina | 39 |
| 3.4.10 | Melamin | 39 |
| 3.4.11 | Bisfenol A | 40 |
| 3.4.12 | Epichlorhydrin | 40 |
| 3.4.13 | Rostlinné oleje | 40 |
| 3.5 | Úprava rozpouštědel | 40 |
| 3.6 | Iniciátory radikálových polymerací | 41 |
| 3.6.1 | Skladování a čištění iniciátorů | 42 |
| 3.7 | Fyzikální vlastnosti surovin | 42 |
| 4. | ANALYTIKA A ZKOUŠENÍ | 45 |
| 4.1 | Číselné metody | 45 |
| 4.1.1 | Číselné roztoky a stanovení faktorů | 45 |
| 4.1.1.1 | 0,1 M KOH alkoholický | 45 |
| 4.1.1.2 | 0,1 M HCl | 45 |
| 4.1.1.3 | 0,1 M KOH | 45 |
| 4.1.1.4 | 0,1 M HClO ₄ v ledové kyselině octové | 46 |
| 4.1.1.5 | 0,1 M HBr v 2-propanolu | 46 |
| 4.1.1.6 | 0,1 M Na ₂ S ₂ O ₃ | 46 |
| 4.1.1.7 | 0,05 M J ₂ | 47 |
| 4.1.1.8 | 0,1 M AgNO ₃ | 47 |
| 4.1.1.9 | 0,05 M komplexon III | 47 |
| 4.1.2 | Indikátory | 47 |
| 4.1.3 | Jednotlivé analytické metody | 48 |
| 4.1.3.1 | Číslo kyselosti | 48 |
| 4.1.3.1.1 | Stanovení dílčího čísla kyselosti | 48 |
| 4.1.3.1.2 | Stanovení celkového čísla kyselosti | 48 |
| 4.1.3.2 | Číslo hydroxylové | 48 |
| 4.1.3.3 | Číslo acetylové | 49 |
| 4.1.3.4 | Číslo zmydelnění | 49 |
| 4.1.3.5 | Číslo esterové | 49 |
| 4.1.3.6 | Číslo jodové | 49 |
| 4.1.3.6.1 | Hamušova metoda | 50 |
| 4.1.3.6.2 | Wijsova metoda | 50 |
| 4.1.3.7 | Stanovení aktivního kyslíku | 50 |
| 4.1.3.8 | Stanovení obsahu kobaltu | 51 |
| 4.1.3.9 | Stanovení aminového čísla | 51 |
| 4.1.3.10 | Stanovení obsahu epoxidových skupin | 52 |
| 4.1.3.10.1 | Stanovení podle Jaye | 52 |
| 4.1.3.10.2 | Stanovení bromovodíkem v 2-propanolu | 52 |
| 4.1.3.10.3 | Výpočet dávky tvrdidla | 53 |
| 4.1.3.11 | Stanovení obsahu organicky vázaného chloru | 53 |
| 4.2 | Fyzikální metody | 53 |
| 4.2.1 | Stanovení viskozity a tokových vlastností polymerů | 53 |

| | | |
|-----------|----------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.1.1 | Kapilární Ubbelohdeho viskozimetr | 53 |
| 4.2.1.2 | Höpplerův rheoviskozimetr | 54 |
| 4.2.1.3 | Výtlačný plastometr M 201 | 55 |
| 4.2.1.4 | Rotační viskozimetr Rheotest | 59 |
| 4.2.2 | Měření konzistence | 60 |
| 4.2.3 | Stanovení molekulové hmotnosti | 61 |
| 4.2.3.1 | Viskozimetrie | 61 |
| 4.2.3.2 | Osmometrie | 63 |
| 4.2.3.2.1 | Membránový osmometr | 63 |
| 4.2.3.2.2 | Parní osmometr | 63 |
| 4.2.3.3 | Metoda koncových skupin | 64 |
| 4.2.4 | Sušina | 65 |
| 4.2.5 | Bod měknutí a bod tání | 65 |
| 4.2.5.1 | Metoda Krämer-Sarnow-Nagelova | 66 |
| 4.2.5.2 | Metoda kroužek-kulička | 66 |
| 4.2.5.3 | Bod tání v přístroji Boetius | 66 |
| 4.2.6 | Stanovení mísitelnosti polyesterů se styrenem | 67 |
| 4.2.7 | Vytvrzovací charakteristiky | 67 |
| 4.2.7.1 | Stanovení reaktivity nenasyčených polyesterových pryskyřic | 67 |
| 4.2.7.2 | Stanovení doby zgelování nenasyčených polyesterových pryskyřic | 68 |
| 4.2.7.3 | Stanovení vzestupu teploty epoxidových pryskyřic | 68 |
| 4.3 | Mechanické vlastnosti | 68 |
| 4.3.1 | Příprava zkušebních těles | 68 |
| 4.3.2 | Mechanické zkoušky | 69 |
| 4.3.2.1 | Zkouška tahem | 69 |
| 4.3.2.2 | Zkouška ohybem | 70 |
| 4.3.2.3 | Zkouška tlakem | 70 |
| 4.3.2.4 | Stanovení modulu pružnosti | 71 |
| 4.3.2.5 | Rázová houževnatost | 72 |
| 4.3.2.5.1 | Metoda Charpy | 72 |
| 4.3.2.5.2 | Metoda Dynstat | 73 |
| 4.3.2.6 | Tvrdość podle Brinella | 73 |
| 4.3.2.7 | Tvarová stálost za tepla podle Martense | 74 |
| 4.3.2.8 | Odolnost za tepla podle Vicata | 74 |
| 4.3.2.9 | Teplota průhybu při zatížení dle ISO 75 | 74 |
| 4.3.2.10 | Nasákavost ve vodě | 75 |
| 4.3.2.11 | Relativní hořlavost plastů | 75 |
| 4.4 | Nátěrové hmoty | 76 |
| 4.4.1 | Formulace nátěrových hmot | 76 |
| 4.4.2 | Laboratorní příprava nátěrových hmot | 77 |
| 4.4.2.1 | Laboratorní dispergační zařízení | 77 |
| 4.4.2.1.1 | Vibrační mlyn (Red Devil) | 77 |
| 4.4.2.1.2 | Disolver (Dispermat) | 78 |
| 4.4.2.1.3 | Attritor | 78 |
| 4.4.3 | Hodnocení nátěrových hmot | 78 |
| 4.4.3.1 | Zkoušení nátěrových hmot v tekutém stavu | 78 |
| 4.4.3.1.1 | Barva transparentních laků a pojidel | 78 |
| 4.4.3.1.2 | Hustota | 79 |
| 4.4.3.1.3 | Bod vzplanutí nátěrových hmot | 79 |
| 4.4.3.2 | Zhotovování zkušebních nátěrů | 79 |
| 4.4.3.2.1 | Podkladový materiál | 79 |
| 4.4.3.2.2 | Zhotovování nátěrů nanášením pravítkem | 79 |
| 4.4.3.3 | Zasychání | 80 |

| | Strana |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 4.4.3.4 Optické vlastnosti | 80 |
| 4.4.3.4.1 Vzhled nátěru | 80 |
| 4.4.3.4.2 Lesk | 81 |
| 4.4.3.5 Technologické vlastnosti nátěru | 81 |
| 4.4.3.5.1 Tloušťka nátěru | 81 |
| 4.4.3.5.2 Tvrdost nátěru | 81 |
| 4.4.3.5.3 Přílnavost | 82 |
| 4.4.3.5.4 Odolnost nátěru při ohybu přes trn | 82 |
| 4.4.3.5.5 Odolnost hloubením v Erichsenově přístroji | 82 |
| 4.4.3.5.6 Odolnost úderem | 82 |
| 4.4.3.6 Korozní odolnost | 82 |
| 4.4.3.6.1 Odolnost při trvalém ponoření | 82 |
| 4.4.3.6.2 Zkouška pod kloboučky podle Rožana | 82 |
| 4.4.3.6.3 Kondenzační komora | 83 |
| 4.4.3.7 Hořnocení disperzí | 83 |
| 4.4.3.7.1 Stanovení pH | 83 |
| 4.4.3.7.2 Stanovení mechanické stability | 83 |
| 4.4.3.7.3 Stanovení obsahu koagulátu | 83 |
| 4.4.3.7.4 Stanovení pěnivosti | 83 |
| 4.4.3.7.5 Stanovení minimální filmotvorné teploty | 84 |
| 4.4.3.7.6 Stanovení lepivosti filmu | 84 |
| 4.4.3.7.7 Stanovení odolnosti disperze vůči elektrolytům | 84 |
| 5. PRACOVNÍ ŘÁD V LABORATORII POLYMERŮ | 85 |
| 6. LABORATORNÍ ÚLOHY | 86 |
| 6.1 Makromolekulární chemie | 86 |
| 6.1.1 Identifikace polymerů jednoduchými metodami | 86 |
| 6.1.2 Radikálová polymerace | 91 |
| 6.1.2.1 Termicky iniciovaná bloková polymerace styrenu | 94 |
| 6.1.2.2 Vliv koncentrace iniciátoru na rychlost polymerace a velikost polymeračního stupně | 94 |
| 6.1.2.3 Vliv koncentrace monomeru na rychlost polymerace a velikost polymeračního stupně | 95 |
| 6.1.2.4 Vliv koncentrace regulátoru na molekulovou hmotnost polymethylmethakrylátu | 96 |
| 6.1.2.5 Vliv koncentrace redox iniciátoru na rychlost polymerace a velikost polymeračního stupně | 97 |
| 6.1.3 Dilatometrické sledování průběhu polymerace | 98 |
| 6.1.4 Stanovení kopolymeračních parametrů | 98 |
| 6.2 Technologie polymerace | 101 |
| 6.2.1 Bloková polymerace | 101 |
| 6.2.1.1 Polymerace v horkovzdušné sušárně | 102 |
| 6.2.1.2 Polymerace v temperované vodní lázni | 102 |
| 6.2.2 Suspenzní polymerace | 103 |
| 6.2.2.1 Suspenzní polystyren | 103 |
| 6.2.2.2 Suspenzní polyvinylacetát | 104 |
| 6.2.3 Polymerace v roztoku | 104 |
| 6.2.3.1 Roztoková kopolymerace | 105 |
| 6.2.3.2 Roztoková srážecí kopolymerace | 105 |
| 6.2.4 Emulzní polymerace | 105 |
| 6.3 Technologie polykondenzace | 107 |
| 6.3.1 Fenolické pryskyřice (Fenoplasty) | 107 |
| 6.3.1.1 Příprava rezolu | 108 |
| 6.3.1.2 Příprava novolaku | 108 |

| | | |
|---------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.3.2 | Močovino a melaminoformaldehydové pryskyřice (Aminoplasty) | 109 |
| 6.3.2.1 | Příprava močovinoformaldehydové pryskyřice | 110 |
| 6.3.2.2 | Příprava melaminoformaldehydové pryskyřice modifikované butanolem | 110 |
| 6.3.3 | Příprava alkydové pryskyřice | 111 |
| 6.3.4 | Příprava nenasyceného polyesteru. Kinetika polykondenzace | 112 |
| 6.4 | Technologie polyadice | 114 |
| 6.4.1 | Epoxidové pryskyřice | 114 |
| 6.4.1.1 | Příprava nízkomolekulární epoxidové pryskyřice | 116 |
| 6.4.1.2 | Příprava středněmolekulární epoxidové pryskyřice, tzv. "redukci" | 117 |
| 6.4.2 | Příprava aduktivního tvrdidla pro epoxidové nátěrové hmoty | 117 |
| 6.4.3 | Příprava nenasyceného polyesteru polyadice | 118 |
| 6.5 | Polymeranalogické reakce | 119 |
| 6.5.1 | Příprava katexu sulfonací novolaku | 119 |
| 6.5.2 | Příprava polyvinylalkoholu | 120 |
| 6.5.3 | Příprava triacetátu celulosy | 121 |
| 6.5.4 | Příprava polykarboxykyseliny | 122 |
| 6.5.5 | Příprava polyvinylbutyralu | 122 |
| 7. | INDIVIDUÁLNÍ DOKUMENTACE | 124 |
| 7.1 | Laboratorní deník | 124 |
| 7.2 | Protokol | 124 |
| 8. | LITERATURA | 125 |