

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ  
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT İQTİSAD UNİVERSİTETİ**

**N.Y.LƏZGİYEV**

**POLİMER  
KİMYASINDAN  
PRAKTİKUM**

**~ OCH<sub>2</sub> - OCH<sub>2</sub> - OCH<sub>2</sub> - OCH<sub>2</sub> ~**

*Dərs vəsaiti*

Azərbaycan Respublikası təhsil  
nazirinin 10.11.2010-cu il tarixli 1442  
saylı əmri ilə qıf verilmişdir.

**BAKİ-2012**

**Rəyçilər:**

**t.e.d., prof. Y.M.Bilalov**

(ADNA-nın “Yüksəkmolekullu birləşmələrin texnologiyası” kafedrasının müdiri)

**k.e.n., dos. N.Ş.Rəsulov**

(ADTU-nun “Ümumi və toksikoloji kimya” kafedrasının dosenti)

**Ləzgiyev N.Y. Polimer kimyasından praktikum. Dərs vəsaiti.**

**Bakı: “İqtisad Universiteti” Nəşriyyatı – 2012. - 102 s.**

Praktikumda polimerlər haqqında geniş məlumat verilmiş, “Baloniya” təhsil sistemindəki proqrama uyğun olaraq plan üzrə nəzərdə tutulan laboratoriya işlərinin nəzəri və praktiki əsasları verilmişdir. Praktikum Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetinin “Texnologiya və dizayn”, həmçinin “Əmtəəşünaslıq” fakültələrinin bakalavr pilləsi üzrə təhsil alan tələbələri üçün nəzərdə tutulmuşdur. Kitabdan eyni zamanda texniki universitetlərin tələbələri də istifadə edə bilərlər.

© Ləzgiyev N.Y. – 2012

© İqtisad Universiteti – 2012

## GİRİŞ

Oxuculara təqdim edilən “Polimer kimyasından praktikum” müasir dövrdə böyük əhəmiyyət kəsb edir. Hazırda polimerlər kimyası sürətlə inkişaf edən müstəqil elm sahələrindən biridir. Ona görə də bu sahəyə aid ana dilində nəzəri biliklərlə yanaşı praktiki işlərin həyata keçirilməsi xüsusilə də diqqətəlayiqdir. Təəssüflə qeyd olunmalıdır ki, polimerlər kimyası sahəsində Azərbaycan dilində mövcud olan dərslük, dərş vəsaiti və praktikumların sayı olduqca məhduddur.

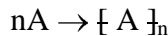
Müəllifin Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetinin “Texnologiya və dizayn”, həmçinin “Əmtəəşünaslıq” fakültələrinin bakalavr pilləsi üzrə oxuduğu mühazirələr əsasında tərtib etdiyi bu praktikum, tələbələrin “polimer kimyası”na aid ana dilində yazılmış ədəbiyyata olan ehtiyacını müəyyən dərəcədə ödəmək zərurəti əsasında yazılmışdır. Təqdim edilən praktikumda on beş laboratoriya işi nəzərdə tutulmuşdur. Hər laboratoriya işinin nəzəri biliklərə əsaslanaraq praktiki aparılması yolları göstərilmişdir.

Polimer kimyasından praktikumun elmi və metodiki tərtibatındakı məsləhətlərinə görə Bakı Dövlət Universitetinin “Yüksəkmolekullu birləşmələr kimyası” kafedrasının müdiri, k.e.d., professor O.H.Əkbərova, kitab haqqında rəy verdikləri üçün Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası “Yüksəkmolekullu birləşmələrin texnologiyası” kafedrasının müdiri, t.e.d., professor Y.M.Bilalova və Azərbaycan Dövlət Tibb Universitetinin “Ümumi və toksikoloji kimya”kafedrasının dosenti, k.e.n. N.Ş.Rəsulova dəyərli məsləhətlərinə və iradlarına görə təşəkkürümü bildirirəm. Onu da qeyd etməyi özümə borc bilirəm ki, hər bir oxucu tərəfindən söylənilən tənqidi yanaşmalar müəllif tərəfindən minnətdarlıqla qarşılanacaqdır.

# I. POLİMERLƏR HAQQINDA ÜMUMİ MƏLUMAT

## 1.1. Polimerlərin təsnifatı

*Polimerlər* – yüksəkmolekullu birləşmələrə deyilir. Molekul kütləsi beş mindən yuxarı olan maddələr yüksəkmolekullu birləşmələrə aid edilir. Molekul kütləsinin yuxarı həddi, adətən bir neçə yüz minə, bəzən isə bir neçə milyona çatır. “Polimer” sözü hərfi mənada “çox hissə” (yunanca “polus” – çox, “meros” – hissə deməkdir) ifadəsini bildirir və polimer molekulunun çoxlu sayda atom və atom qruplarından ibarət olduğunu əks etdirir. Molekul kütləsi 500-5000 olan birləşmələr isə *oligo-merlər* adlanır. Oligomerlər həm polimerlərin, həm də monomerlərin (yunanca “monos” – bir “meros” – hissə deməkdir) xassələrini özündə cəmləşdirir. Molekul kütləsi 500-dən aşağı olan birləşmələr *kiçikmolekullu birləşmələr* adlanır. Polimeri əmələ gətirən kiçikmolekullu birləşmələrə *monomerlər* deyilir. Polimerin əmələ gəlməsi reaksiyası isə polimerləşmə və polikondensləşmə adlanır. Polimerləşmə reaksiyasının sxemini aşağıdakı kimi göstərmək olar:



Polimer makromolekulu çoxlu elementar halqalardan (A) təşkil olunmuşdur. Burada,  $n$  – polimerləşmə dərəcəsi ( $p$ ) adlanır. Polimerləşmə dərəcəsi ədədi qiymətcə polimer makromolekulunda olan elementar halqaların sayına bərabərdir. Polimerləşmə dərəcəsi polimerin molekul kütləsini xarakterizə edir və aşağıdakı sadə asılıqla ifadə olunur.

$$p = \frac{\overline{M}}{m}$$

Burada,  $\bar{M}$  və  $m$  uyğun olaraq polimerin və monomerin molekül kütlələridir.

Polimer birləşmələr bizi əhatə edən ətraf mühətdə – canlı və cansız təbiətdə geniş yayılmışdır. Bu maddələrin tarixi çox qədimdir, çünki insanlar bu maddələrin tərkibi və quruluşu haqqında ən elementar təsəvvürə malik olmadıqları dövrlərdə belə, onlardan öz həyatı ehtiyacları üçün geniş miqyasda istifadə etmişlər. Yun, pambıq, dəri, ağac və s. polimer materiallar insanların müxtəlif tələbatını ödəyən vasitələr olmuşdur. Polimer maddələr həm də bu və ya başqa formada canlı materiyanın – bitki və heyvanlar aləminin əsasını təşkil edir. Bitkilərin tərkibinə daxil olan polisaxaridlər, liqnin, zülallar, pektin maddələri və s. polimer maddələrdir. Zülallar, nuklein turşuları həm də insanların və heyvanlar aləminin həyati proseslərini müəyyən edir. F.Engelsin təbirincə desək, “həyat-zülali maddələrin mövcudluq formasıdır”. Nuklein turşuları orqanizmdə zülal sintezi və irsiyyətlə əlaqədar olan çox mürəkkəb prosesləri tənzim edir.

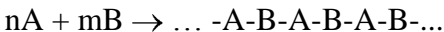
Polimerlər cansız təbiətdə də geniş yayılmışdır. Yer səthinin əsas hissəsi polimer şəklində olan silisium 4-oksidi və alüminium-oksiddir. Kvars, dağ bülluru silisium 4-oksidi, korund, rubin, safir isə alüminium-oksidi polimerləridir. Təbiətdə rast gəlinən almaz, qrafit polimer halında olan karbonur.

Makromolekula kimyəvi tərkibinə görə fərqlənən ən azı iki tip müxtəlif halqalar daxil olarsa, belə polimerlər birgəpolimerlər və ya sopolimerlər adlanır. Ümumi şəkildə birgəpolimerlərin tərkibini aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

1. **Statistik** (qeyri-müntəzəm) birgəpolimerlər:



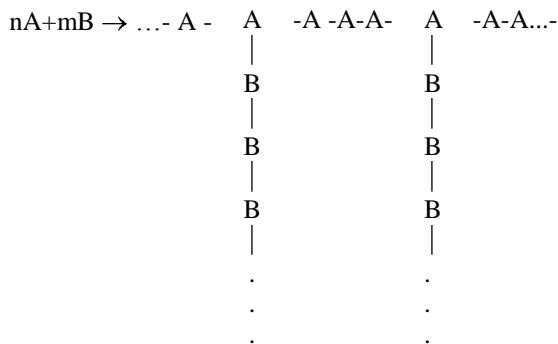
2. **Növbəli** (müntəzəm) birgəpolimerlər:



3. **Blok** birgəpolimerlər:



4. **Calaq** birgəpolimerlər:



Yüksəkmolekullu birləşmələr müxtəlif əlamətlərinə görə müəyyən qruplara ayrılırlar. Mənşəyinə görə polimerləri əsasən üç qrupa bölünür.

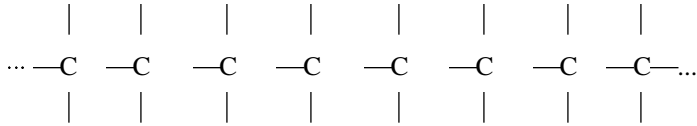
**1. Təbii polimerlər.** Yer səthində yayılmış polimerlər bu qrupa daxildir. Zülallar, nuklein turşuları, polisaxaridlər, almaz və s. təbii polimerlərdir. Bioloji aktivliyə malik olan bir çox təbii polimerləri son illər ayrıca qrup halında bioloji polimerlər də adlandırırırlar.

**2. Süni polimerlər.** Bu tip polimerlər təbii polimerlərin kimyəvi yolla emalından alınır. Sellülozun nitrolaşmasından alınan nitrosellüloz asetilləşməsindən alınan asetilsellülozlar süni polimerlərdir.

**3. Sintetik polimerlər.** Kiçikmolekullu birləşmələrdən sintez yolu ilə alınan polimerlər sintetik polimerlər adlanır. Polietilen, polistirol, butadien-stirol kauçuku, polivinilxlorid və çoxlu sayda bu tip polimerlər sintetik polimerlərdir.

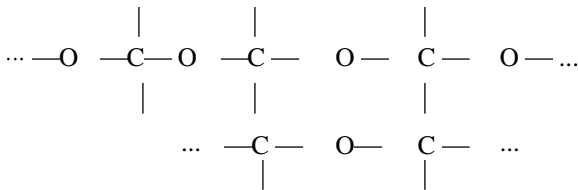
Əsas zəncirin quruluşuna görə də polimerlər üç böyük qrupa bölünür:

**1. Homozəncirli polimerlər.** Belə polimerlərin əsas zənciri eyni atomlardan təşkil olunmuşdur. Bu tip polimerlərin makromolekul zəncirini əgər karbon atomları təşkil edərsə onlara çox vaxt *karbozəncirli polimerlər* də deyilir.



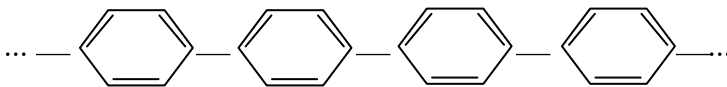
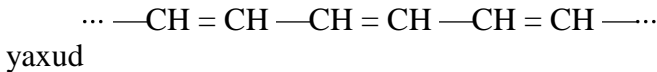
Təbii kauçuk, polistirol, polivinilxlorid, polietilen, almaz və s. karbozəncirli polimerlərdir.

**2. Heterozəncirli polimerlər.** Belə polimerlərin əsas zənciri iki və daha artıq müxtəlif element atomlarından təşkil olunmuşdur:



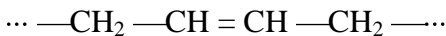
Belə polimerlərin əsas zəncirinə karbon atomları ilə yanaşı oksigen, kükürd, azot, fosfor və s. element atomları da daxildir.

**3. Qoşulmuş rabitəli polimerlər.** Bu tip polimerlərin makromolekul zəncirində bir-birinə qoşulmuş doymamış rabitələr olur:



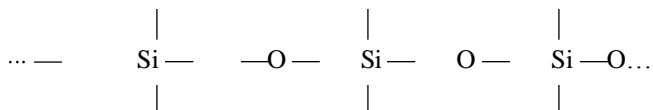
Polimerlər tərkibindən asılı olaraq üç yerə bölünür:

**1. Üzvi polimerlər.** Əksər polimerlər üzvi polimerlərdir. Onlar üzvi maddələrdən alınmışdır.

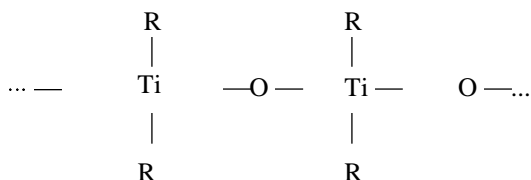


**2. Qeyri-üzvi polimerlər.** Belə polimerlər də təbiətdə geniş yayılmışdır və böyük rol oynayır. Yer qabığının əsas hissəsi

silisium, alüminium və digər çoxvalentli elementlərin oksidlərindən ibarətdir ki, bunlar da əsasən makromolekullardan təşkil olunmuşdur. Bu oksidlərdən ən geniş yayılanı  $(\text{SiO}_2)_n$  və  $(\text{Al}_2\text{O}_3)_n$ -dir:



2. **Element-üzvi polimerlər.** Bu qrup polimerlərin tərkibində (əsas zəncirində) metal elementləri olur.



Polimer makromolekulları əsasən aşağıdakı quruluşda olur.

1. **Xətti quruluşlu polimerlər.** Belə polimerlərdə monomer molekulaları bir zəncir üzrə bir-biri ilə birləşir.

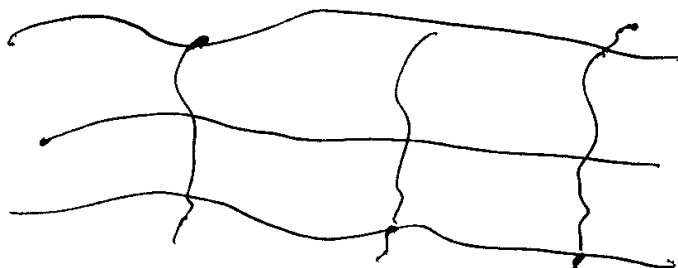


2. **Şaxəli quruluşlu polimerlər.** Belə polimerlər polimerləşmə, polikondensləşmə reaksiyası zamanı alınır və şaxəli quruluşlu olur.



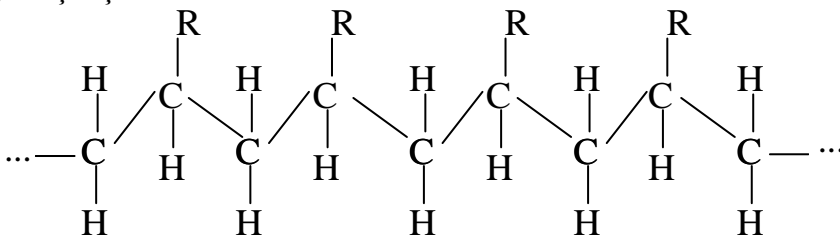


3. **Torvarı polimerlər.** Belə polimerlərdə makromolekul zəncirinin quruluşu tor şəklində olub, aşağıdakı quruluşda olur.

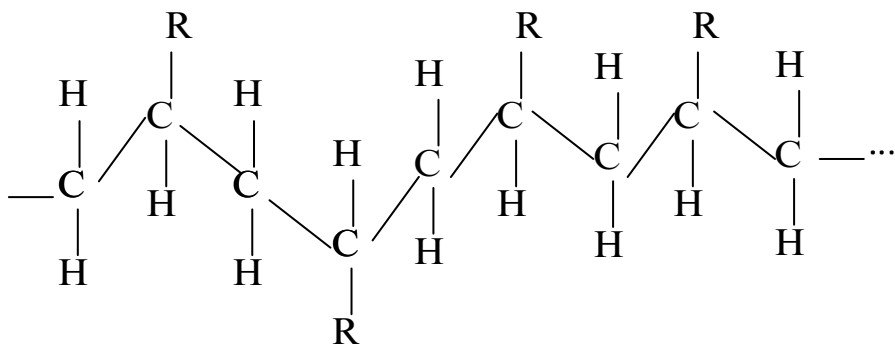


Polimerlərdə üç fəza izomerliyi mövcuddur:

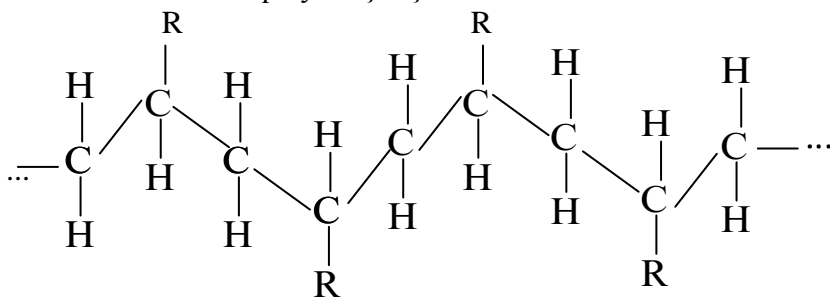
1. **İzotaktiki** – yan qrupların hamısı zəncirin bir tərəfində yerləşmişdir.



**Ataktiki** – burada yan qruplar qeyri-müntəzəm yerləşmişdir.



3. **Sindiotaktiki** – burada yan qruplar əsas zəncirin hər iki tərəfində ardıcılıqla yerləşmişdir.



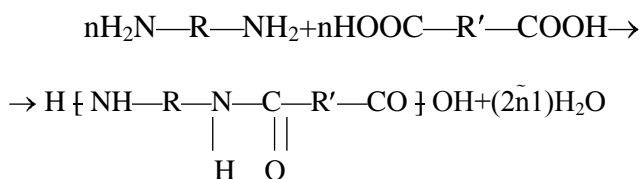
## 1.2. Polimerlərin növü, tərkibi və quruluşu

Polimerlərin və monomerlərin tərkibindən asılı olaraq polimerlər iki yerə bölünür.

1. Polikondensləşmə reaksiyası nəticəsində alınan polimerlər.
2. Polimerləşmə reaksiyası nəticəsində alınan polimerlər.

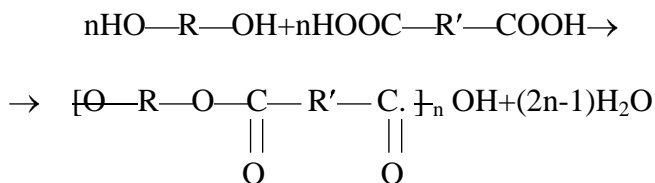
Polikondensləşmə – nəticəsində alınan polimerlər poli-funksional monomerlərdən, müxtəlif üsullarla polikondensləşmə reaksiyası nəticəsində alınır. Polikondensləşmə prosesi

pilləli və dönər prosesdir. Belə reaksiyalarda polimerlərlə yanaşı, həm də kiçikmolekullu birləşmələr ( $H_2O$ ;  $HCl$ ,  $CH_3OH$ ,  $C_2H_5OH$ ;  $NH_3$  və s.) alınır. Belə polimerlərə misal olaraq poliamidlərin alınmasını göstərmək olar. Onlar diaminlərlə dikarbon turşularının polikondensləşməsi reaksiyası nəticəsində alınır. Bu zaman kiçikmolekullu birləşmə olaraq su molekulları ayrılır.

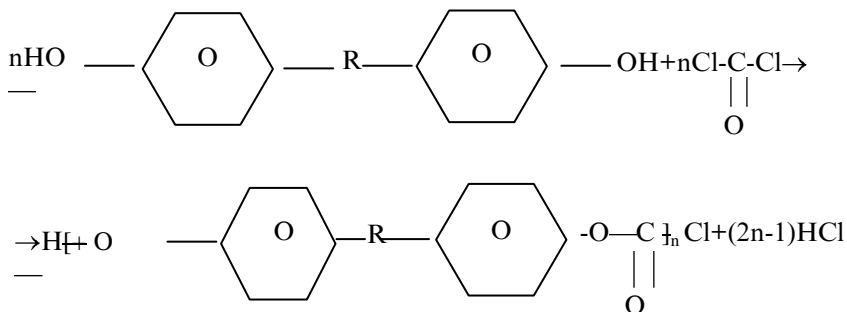


Burada,  $R$  və  $R'$  alifatik və ya aromatik qruplardır. Heksamitilendiamin  $R=(CH_2)_6$  və adipin turşusu  $R'=(CH_2)_4$  əsasında alınan poliamid “neylon 6,6” adlanır və hal hazırda liflər, plastik kütlələr istehsalında geniş istifadə edilir.

Polikondensləşmə yolu ilə alınan polimerlərə nümunə olaraq mürəkkəb poliefirlərin alınmasını da göstərmək olar. Mürəkkəb poliefirlər dikarbon turşuları ilə diolların polikondensləşməsi reaksiyasından alınır. Aralıq maddə olaraq  $H_2O$  molekulları ayrılır.



Polikarbonatlar isə aromatik bisfenolların fosgenlə polikondensləşməsi reaksiyası nəticəsində alınır. Aralıq maddə olaraq  $HCl$  molekulları ayrılır.



Tipik kondensləşmə zamanı alınan polimerlər və onlara uyğun xarakterik rabitələr cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1

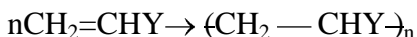
### Tipik kondensləşmə yolu ilə alınan polimerlər

Polimerlər	Xarakterik rabitə
Poliamid	— CO — NH —
Zülal, yun, təbii ipək	— CO — NH —
Mürəkkəb poliefir	— CO — O —
Poliuretan	— O — CO — NH —
Polisiloksan	— Si — O —
Fenol-formaldehid	— Ar — CH <sub>2</sub> —
Melamin-formaldehid	— NH — CH <sub>2</sub> —
Sellüloza	$  \begin{array}{c}    \\  -\text{O}-\text{C}- \\     \end{array}  $
Poliasetal	$  \begin{array}{c}  -\text{O}-\text{CH}-\text{O}- \\    \\  \text{R}  \end{array}  $
Polisulfid	— S <sub>m</sub> —

Polimerləşmə reaksiyası zamanı alınan polimerlər monomerlərin polimerləşməsi nəticəsində alınır. Bu halda yalnız yüksəkmolekullu birləşmələr alınır, kiçikmolekullu birləşmələr

isə alınmır. Bununla da polikondensləşmə reaksiyasından fərqlənir.

Polimerləşmə zamanı, həmçinin polimerin və monomerin elementar tərkibləri eyni olur. Belə polimerləşməyə əsasən vinil qrupu saxlayan monomerlərin əmələ gətirdiyi polimerləri göstərmək olar.



Burada, y-hidrogen, alkil, aril, nitril, mürəkkəb efir, karboksil, keton, sadə efir, halogen və s. qrupu ola bilər.

Cədvəl 2-də çox yayılmış polimerləşmə yolu ilə alınan polimerlər və onlara uyğun monomerlər və elementar halqalar göstərilmişdir.

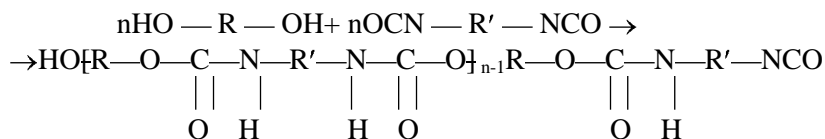
Cədvəl 2

### Tipik polimerlər

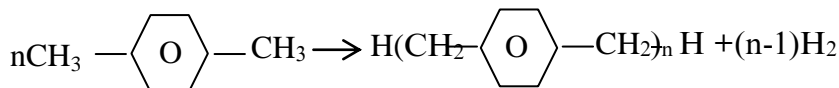
Polimer	Monomer	Elementar halqa
Polietilen	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$
Poliizobutilen	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2=\text{C} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{CH}_2 - \text{C} - \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Polipropilen	$\begin{array}{c} \text{CH}=\text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH} - \text{CH}_2 - \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Polivinilxlorid	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\   \\ \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2 - \text{CH} - \\   \\ \text{Cl} \end{array}$
Polistirol	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2 - \text{CH} - \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
Polimetilmetakrilat	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2=\text{C} \\   \\ \text{COOCH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{CH}_2 - \text{C} - \\   \\ \text{COOCH}_3 \end{array}$

Polvinilasetat	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\   \\ \text{OCOCH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\   \\ \text{OCOCH}_3 \end{array}$
Politetraflüoretillen	$\text{CF}_2=\text{CF}_2$	$\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\   \quad   \\ -\text{C}-\text{C}- \\   \quad   \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array}$
Poliformaldehid	$\text{CH}_2=\text{O}$	$-\text{CH}_2-\text{O}-$
Poliakrilonitril	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\   \\ \text{CN} \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\   \\ \text{CN} \end{array}$

Başqa tip polimerlər də məlumdur ki, onlar pilləli polimerləşmə yolu ilə alınır. Burada da kiçikmolekullu birləşmələr alınır, ancaq polimerin tərkibi polikondensləşmə yolu ilə alınan polimerlərin tərkibinə bənzəyir. Belə polimerlərə pilləli polimerləşmə yolu ilə alınan poliuretanları nümunə göstərmək olar. Onları almaq üçün diollarla diizosianatların qarşılıqlı təsirindən istifadə edilir.



Bəzən də polimeri başqa yollarla alırlar. Nümunə olaraq poli p - ksililəni p - ksiloldan alırlar. Reaksiyanın tənliyi aşağıdakı kimidir.



### 1.3. Polimerlərin alınma mexanizmi

Polimerlərin tərkibi bir-birindən fərqləndiyi kimi onların alınma mexanizmi də müxtəlifdir. Polimerləşmə reaksiyaları əsasən iki mexanizm üzrə baş verir:

1. **Pilləli mexanizm üzrə;**

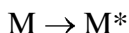
2. **Zəncirvari mexanizm üzrə.**

Pilləli polimerlər pilləli polimerləşmə reaksiyaları zamanı alınan polimerlərə deyilir. Polikondensləşmə reaksiyaları pilləli mexanizm üzrə baş verir. Bu iki proses bir-birindən kəskin fərqlənir. Polimerləşmə və polikondensləşmədə polimerin alınması müxtəlif vaxtlarda baş verir. Polikondensləşmə reaksiyasında molekulun ölçüsü zəif artır. Əvvəlcə dimer, sonra trimer, tetramer, pentamer və s. əmələ gəlir və nəhayət polimer yaranır.

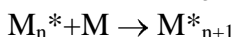
Zəncirvari polimerləşmədə isə reaksiya başlanan andan bir qədər sonra polimer əmələ gəlir.

Zəncirvari polimerləşmə reaksiyası inisiator və ya katalizatorların iştirakı ilə baş verir. Bu halda aktiv mərkəzlər ( $R^*$ ) yaranır. Aktiv mərkəz sərbəst radikal, kation və anion ola bilər. Zəncirin uzanması aktiv mərkəzə monomer molekullarının birləşməsi hesabına baş verir və beləliklə də, yeni aktiv mərkəzlər yaranır. Belə mərkəzlər bir neçə saniyə ərzində əmələ gələ bilər. Zəncirin qırılması isə müxtəlif yollarla baş verə bilər. Məsələn, radikal polimerləşmədə bu, zəncirin otürülməsi yolu ilə, rekombinasiya və disproporsiya yolları ilə baş verə bilər. Ümumiyyətlə, zəncirvari polimerləşmə üç mərhələdən ibarətdir:

1. **Aktiv mərkəzin yaranması:**

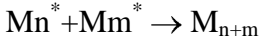


2. **Zəncirin uzanması:**

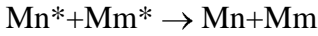


### 3. Zəncirin qırılması:

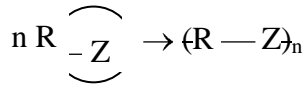
#### a) rekombinasiya yolu ilə



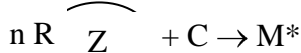
#### b) disproporsiya yolu ilə



Tsiklin quruluşlu monomerlərdən xətti quruluşlu polimerlərin alınması da katalizatorların seçilməsindən və reaksiyanın şəraitindən asılı olaraq pilləli və zəncirvari mexanizm üzrə baş verir. Tsiklik quruluşlu monomerlərin polimerləşməsini ümumi sxemlə belə göstərmək olar:



Qapalı quruluşlu monomerlərin polimerləşməsində aktiv mərkəzlər həm ion katalizatorlarının həm də molekulyar hissəciklərin hesabına yarana bilər. Ümumi halda belə göstərmək olar:

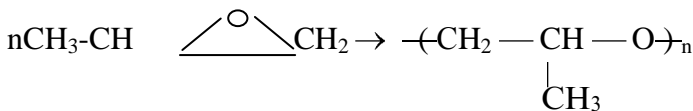


Burada, Z – monomerin funksional qrupudur. C isə ion və ya molekulyar inisiyatorudur.

Tsiklin açılması ilə polimerləşmədə iştirak edən ion katalizatorlarına:  $\text{Na} : \text{RO}^-; \text{HO}^-; \text{H}^+$  və  $\text{BF}_3$  –ü misal göstərmək olar.

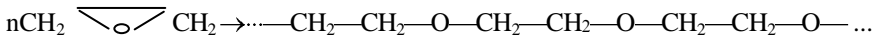
Molekulyar tipli katalizatorlara nümunə olaraq  $\text{H}_2\text{O}$ -nu göstərmək olar.

Məsələn, propilen oksidinin polimerləşməsi  $\text{AlCl}_3$  katalizatorunun iştirakı ilə aparılır. Birgə katalizator olaraq  $\text{H}_2\text{O}$  götürülsə reaksiya zəncirvari mexanizm üzrə gedir və bu zaman sadə poliefirlər alınır.

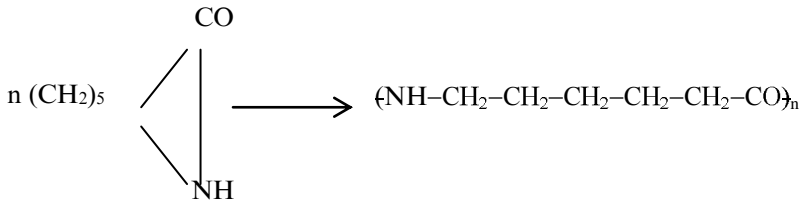




Alınan xətti quruluşlu polimerin yazılışı aşağıdakı kimi olur.

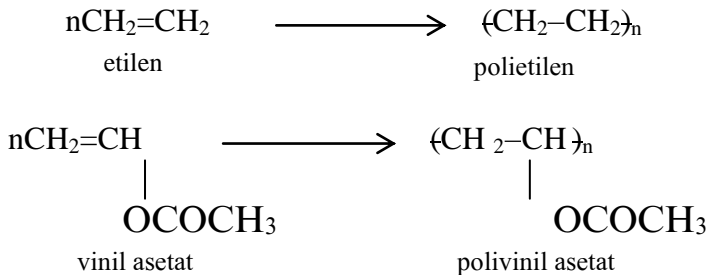


$\epsilon$  - kaprolaktamin polimerləşməsi isə aktivatorun iştirakı ilə ( $\text{H}_2\text{O}$ ) baş verir və reaksiya pilləli mexanizm üzrə davam edərək xətti quruluşlu polimeri əmələ gətirir.

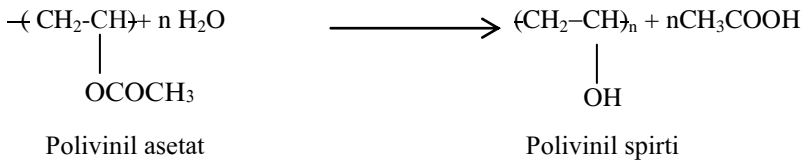


#### 1.4. Polimerlərin adlandırılması

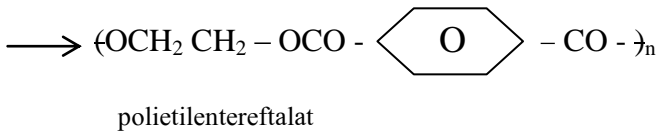
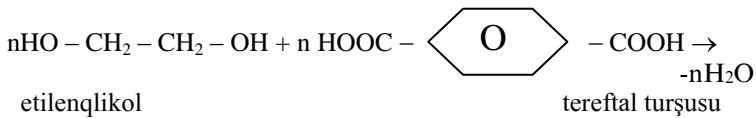
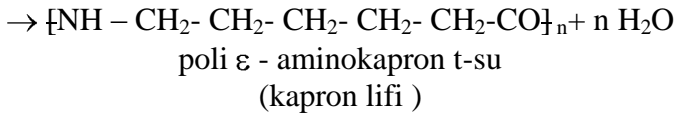
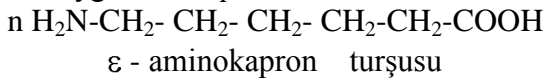
Polimerlərin ən sadə adlandırılması monomerlərin adının qabağına “poli” sözünün əlavə edilməsidir.



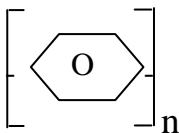
Bəzi polimerlər başqa polimerlərdən polimeranaloji çevrilmə yolu ilə alınır:



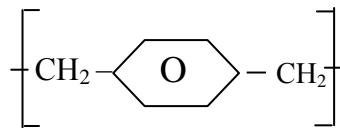
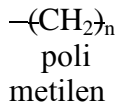
Polikondensləşmə yolu ilə alınan polimerlər də monomerlərin adına uyğun olaraq adlandırılır.



Bəzi polimerlərin adları isə monomerlərin adına uyğun gəlmir. Məsələn,



Poli 1,4 fenilen



poli p-ksililen

Bəzi polimerlərin adları onların satış markalarına görə qoyulur. Məsələn, neylon 6,6 – poliheksametilenadipamidə deyilir. Bir çox hallarda polimerlər üçün daha ümumi adlar işlədilir. Məsələn, zəncirdə mürəkkəb efir qrupu olan polimerlər *poliefirlər*, amid qrupu saxlayan polimerlər isə poliamidlər adlanır.

Ayrı-ayrı polimerlərin müxtəlif ölkələrdə qəbul olunmuş çoxlu sayda firma adları da mövcuddur.

# I HISSƏ

## 1.5. Polimerlərin fiziki xassələri

Polimerlərin fiziki və mexaniki xassələri onun tərkibindən, quruluşundan və molekul kütləsindən asılıdır. Makromolekulun mütəhərriqliyi dedikdə onu təşkil edən elementar halqaların bir-birinə nisbətən sərbəst fırlanması qabiliyyəti başa düşülür. Belə sərbəst fırlanmanın amplitudası dəyişə bilər. Makromolekulanın mütəhərriqliyi və ya çevikliyi müəyyən edən amillər aşağıdakılardır:

1. Qonşu karbon atomlarının bir-birinə nəzərən fırlanması üçün lazım olan enerji (potensial çəpərin qiyməti);
2. Polimerin molekul kütləsi;
3. Əvəzedici qrupların ölçüləri;
4. Temperatur.

Fırlanmanın potensial çəpərinin qiymətini molekul daxili və molekullararası qarşılıqlı təsir qüvvəsi müəyyən edir. Qarşılıqlı təsir qüvvələrinin məcmuunu koqeziya enerjisinin qiymətilə xarakterizə olunur. Koqeziya enerjisi praktiki olaraq maddə molekulunu maye-bərk fazadan ayırmaq üçün lazım olan enerjidir. Əgər koqeziya enerjisinin qiyməti çox kiçikdirsə (4-8 kc/mol), onda polimerlər çox çevik makromolekullara malikdir. Belə polimerlər yüksək elastikliyə malik olub kauçuk kimi istifadə edilir. Yüksək koqeziya enerjisinə (20-25 kc/mol) malik olan polimerlər yüksək mexaniki möhkəmliyə malik olur. Həmin polimerlərdən sintetik liflərin alınması mümkündür. Molyar koqeziya enerjisi 8-20 kc/mol olan polimerlər isə plastik kütlə kimi istifadə olunur.

Polimerlərin fiziki xassələri içərisində deformasiya xassələri mühüm yer tutur. Bütün cisimlər kimi polimerlər də xarici qüvvələrin təsiri ilə formasını dəyişir, yəni deformasiyaya uğrayır. Bütün deformasiya növləri iki yerə bölünür:

1. **Dönən və ya elastiki deformasiya;**
2. **Dönməyən və ya plastiki deformasiya.**

Polimerlərin deformasiya xassələrini öyrənərkən codluq, elastiklik və kövrəklik anlayışlarını ayırd etmək lazımdır.

**Codluq** – cismin xarici qüvvələrin təsiri ilə formasını dəyişməsi və təsir kəsildikdən sonra onun əvvəlki formasını alması qabiliyyətidir.

**Elastiklik** – cismin nisbətən kiçik qüvvələrin təsiri ilə öz formasını yüksək dərəcədə dəyişməsi qabiliyyətidir.

**Kövrəklik** – cismin xarici qüvvələrin təsiri ilə dağılması qabiliyyətidir.

Deformasiya sürəti, başqa sözlə, deformasiyaya məruz qalmış polimerin formasının xarici qüvvələrin təsiri kəsildikdən sonra bərpa olunması sürəti relaksasiya müddəti ilə xarakterizə olunur. Xarici qüvvənin təsiri kəsildikdən sonra polimerin əvvəlki formasının bərpa olunması ani olaraq baş vermir, tam bərpa olunma üçün müəyyən vaxt tələb edilir ki, bu hadisə “*relaksasiya*” tam bərpası üçün lazım olan vaxt isə *relaksasiya müddəti* adlanır. Relaksasiya hadisəsini kəmiyyətlə xarakterizə etmək üçün polimer üzərinə yük qoyularkən və yük götürülərkən alınan deformasiya əyrilərinin kəsişməsindən alınan sahənin – “histerezis ilgəyinin” qiymətindən istifadə olunur.

## 1.6. Polimerlərin faza halları

Polimer materiallarında baş verən bir sıra texnoloji və fiziki-kimyəvi prosesləri başa düşmək üçün polimerlərdə faza hallarının xüsusiyyətlərini nəzərdən keçirmək lazımdır.

Maddənin aqreqat və faza halları fərqlənir. Məlumdur ki, maddələrin dörd aqreqat halı mövcuddur: bərk, maye, qaz və plazma. Bu hallar bir-birindən molekul və atomların hərəkət xarakteri ilə, onların cismin həcmində yerləşmə ardıcılığı – düzülmə qaydası ilə fərqlənir.

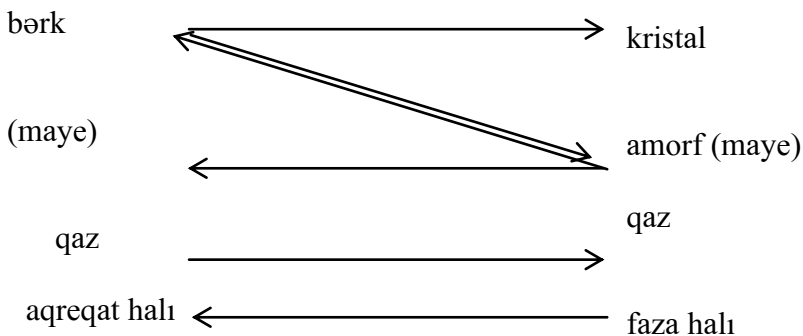
İki cür faza anlayışı mövcuddur: quruluş və termodinamiki faza. Kiçikmolekullu birləşmələr üçün bu anlayışlar bir-birinin üzərinə düşür. Termodinamikada faza sistemin başqa hissələrindən öz səthilə ayrılan və onlardan termodinamiki xassələri ilə fərqlənən hissəsinə deyilir. Quruluş nöqtəyi-nəzərinə fazalar cismi təşkil edən hissəciklərin bir-birinə nəzərən yerləşmə ardıcılığı və ya müntəzəmliliyi ilə fərqlənir. Belə düzülüş qaydasına görə faza halları üç yerə bölünür: kristal, maye (amorf) və qaz faza halları.

Kristal faza halında olan cisimlərdə onu təşkil edən hissəciklər yüksək dərəcədə nizamlılıqla yerləşmişdir. Bu hissəciklər arasındakı məsafələr praktiki olaraq sabitdir və bu sabitlik hissəciklərin ölçülərindən çox böyük məsafələrdə də gözlənilir. Belə düzülüş qaydasına *uzaq düzülüş qaydası* deyilir.

**Maye və amorf** faza halında cismin həcmində onu təşkil edən hissəciklər arasında nizamlı düzülüş yalnız bir-birinə yaxın olan hissəciklər arasında mövcuddur, yəni burada yaxın düzülüş qaydasına riayət olunur.

**Qaz faza halında** isə cismi təşkil edən hissəciklərin yerləşməsində heç bir qanunauyğunluq yoxdur, atom və molekullar tamamilə xaotik yerləşmişdir.

Yuxarıda deyilənləri sxematik şəkildə aşağıdakı kimi göstərmək olar.



Son illərdə maye aqreqat halında olan bəzi maddələrin kristal faza quruluşunda olması aşkarlanmışdır. Belə mayələr maye kristallar adlanır. Polimerlər üçün qaz aqreqat və faza halları mümkün deyildir. Kiçikmolekullu birləşmələrdən fərqli olaraq polimerlər iki kristal və amorf faza hallarında ola bilər. Əvvəllər belə təsəvvür edilirdi ki, polimerlər nisbətən iri molekullara malik olduqları üçün onlar mükəmməl kristal quruluşa malik ola bilməz. Hal-hazırda sübut edilmişdir ki, muntəzəm quruluş xüsusilə  $\{CH_2-CH_2\}$ ,  $\{CF_2-CF_2\}$  kimi simmetrik elementar üzvlərə malik polimerlər müəyyən şəraitdə kristallaşa bilər. Ona görə də polimerin quruluşunu nəzərdən keçirmək lazımdır. Makromolekulun ilkin quruluşu onun atomlarının birləşmə ardıcılığından ibarət olmasıdır.

İlkin quruluş makromolekulların forma və qarşılıqlı yerləşməsilə xarakterizə olunur. Makromolekulun özünün quruluşu ikinci quruluşu, makromolekulun polimerin həcmində yerləşməsi qaydası isə üçüncü və ya nadmolekulyar quruluşu müəyyən edir. Müxtəlif nadmolekulyar quruluşlar mövcuddur ki, bunları dörd qrupda birləşdirmək olar.

1. **Qlobulyar**; 2. **Fibrilyar**; 3. **İri kristal**; 4. **Zolaqlı**.

**Qlobulyar** quruluş funksional qruplara malik olan, xüsusilə təbii polimerlər (zülallar, nuklein turşuları və s.) üçün xarakterikdir. Qlobulyar quruluşlu polimerlərin mexaniki möhkəmlilik xassələri çox aşağı olur. **Fibrilyar** quruluşa malik polimerlərdə isə makromolekullar düz və dəstə şəklində olur. Belə quruluşa malik polimerlərdə mexaniki möhkəmlilik xassələri yüksək olur. Lif əmələ gətirən polimerlər adətən fibrilyar quruluşlu olur. Qlobulyar quruluşa malik olan polimerlər asanlıqla kristallaşır. Fibrilyar quruluşa malik polimerlərdə isə kristallaşma çox kiçik kristal fazalarının yaranması ilə başa çatır.

Polimerlərin mükəmməl kristallar əmələ gətirməsi üçün aşağıdakı şərtlər lazımdır:

1. Makromolekullar stereomüntəzəm olmalıdır.

2. Makromolekulların konformasiyası kristallaşmaq üçün əlverişli olmalıdır.

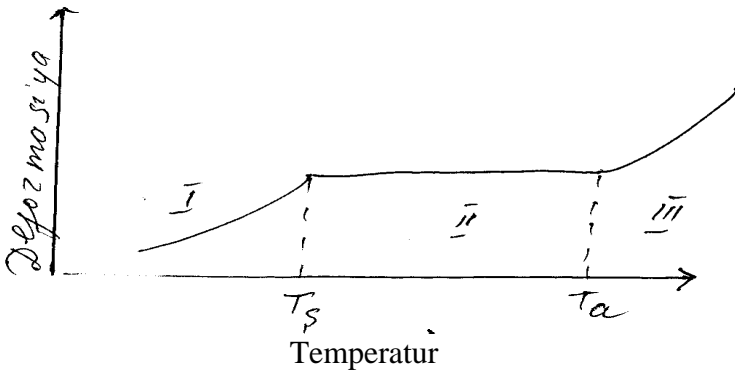
3. Polimer yüksək elastiklik halında olmalıdır ki, makromolekulların mütəhərrikliyi onların düzgün yerləşməsinə kömək etsin.

**Zolaqlı** quruluş elastomerlər üçün xarakterikdir. Belə quruluşa malik olan polimerlərin ayrı-ayrı kiçik zonalarında kristal fazalar mövcud olur. Göründüyü kimi polimerlərin kristal və amorf halları arasında kəskin fərq yoxdur. Başqa sözlə, bu hallar şəraitdən asılı olaraq bir-birinə keçə bilər. Məsələn, kristallik polimeri qızdırdıqda makromolekulların nizamlı düzülüşü pozulur və amorf faza yaranır. Digər tərəfdən yükün təsiri ilə amorf polimerlərdə kristal faza əmələ gəlir.

Temperaturdan asılı olaraq amorf polimerlər üç fiziki halda olurlar:

1. **şüşəvari**; 2. **elastiki**; 3. **özlü axıcılıq halı**.

Bir fiziki haldan digərinə keçid tədriclə müəyyən temperatur intervalında baş verir. Orta keçid temperaturları uyğun olaraq şüşələşmə ( $T_g$ ) və özlü axıcılıq ( $T_a$ ) temperaturları adlandırılır. Amorf polimerlərin üç fiziki halını onların termomehaniki ayrılabilir (şəkil 1) (nisbi deformasiyanın temperaturdan asılılığı əyrisi) daha aydın görmək olar.



Şəkil 1. Amorf polimerlərin üç fiziki halı

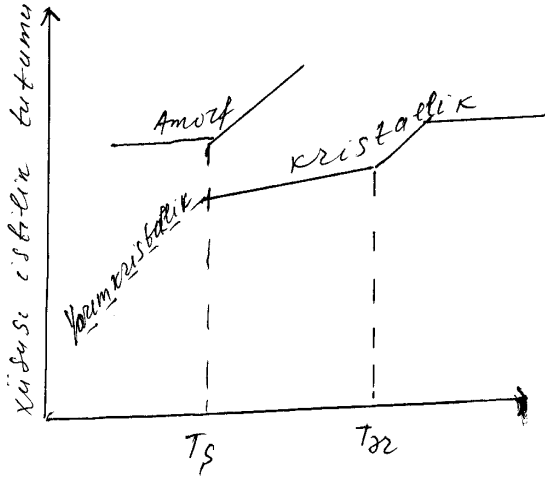


Polimerlər üçün iki əsas temperatur dəyişikliyi mövcuddur.

1. Ərimə temperaturu ( $T_{\text{ər}}$ )
2. Şüşələşmə temperaturu ( $T_{\text{ş}}$ )

Polimerlər yalnız kristallik fazada ərimə temperaturuna malik olur.

Polimerlər amorf fazasında olduqda isə şüşə halını alır və deməli, şüşələşmə temperaturuna malik olur. Polimer bu halda codluq, kövrəklik və möhkəmlik xassələrinə malik olur. Əksər  $T_{\text{ər}}$  malik kristallik polimerlərin bir qismi kristallaşır. Yarımkristallik polimerlərdə isə həm kristallik polimerlərin, həm də amorf polimerlərin xassələri mövcuddur. Deməli, onlar həm ərimə, həm də şüşələşmə temperaturuna malik olur. Bunu istilik tutumunun temperaturdan asılılığı ayrisində görmək olar (şəkil 2.)



Temperatur

Şəkil 2. Amorf, kristallik və yarımkristallik polimerlərin xüsusi istilik tutumlarının temperaturdan asılılığı.  $T_{\text{ş}}$  və  $T_{\text{ər}}$ -in təyini

## Polimerlərdə termiki dəyişikliklər

Polimer	Elementar halqa	T <sub>ş</sub> <sup>o</sup> c	Tər <sup>o</sup> c
Polietilen	- CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> -	-116	137
Polioksimetilen	- CH <sub>2</sub> - O -	- 85	181
Təbii kauçuk	- CH <sub>2</sub> C(CH <sub>3</sub> )=CHCH <sub>2</sub> -	- 73	14
Poliizobutilen	- CH <sub>2</sub> C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -	- 73	44
Polioksietilen	- CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> - O -	- 67	66
Polipropilen	- CH <sub>2</sub> -CH(CH <sub>3</sub> ) -	- 20	176
Polivinilflüorid	- CH <sub>2</sub> -CHF -	- 20	- 200
Poliviniliden xlorid	- CH <sub>2</sub> -CCl <sub>2</sub> -	- 19	190
Polivinil asetat	- CH <sub>2</sub> -CH(OCOCH <sub>3</sub> ) -	28	
Polixlorotriflüoretillen	- CF <sub>2</sub> -CFCl -	45	220
Poli ε - kaprolaktam	- NH-(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -CO -	50	223
Neylon 6,6	- NH(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -NHCO(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CO -	53	265
Lavsan	- OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OCO-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> -CO -	69	265
Polivinilxlorid	- CH <sub>2</sub> -CHCl -	81	212
Polistirol	- CH <sub>2</sub> -CHC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -	100	240
Polimetilmetakrilat	- CH <sub>2</sub> - C(CH <sub>3</sub> )COOCH <sub>3</sub> -	105	200
Politetraflüoretillen	-CF <sub>2</sub> -CF <sub>2</sub> -	127	327
Triasetilsellüloza	[C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> (OC-CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ] <sub>n</sub>    O	105	306

## 1.7. Polimer məhlulları

Polimerlər müxtəlif həlledicilərdə həllolma qabiliyyətinə malikdir. Makromolekulun ölçülərinin həlledici molekullarının ölçülərindən çox böyük olması polimerlərin həllolma prosesinin və məhlullarının xüsusiyyətlərini kiçikmolekullu birləşmələrdən fərqləndirir.

Polimerlərin həllolma prosesinin ilk mərhələsində həlledici molekulları makromolekulların arasına diffuziya edir. Bunun nəticəsində polimerin həcmi artır. Lakin polimer bir çox xassələrini, formasını, mexaniki möhkəmliyini və s. müəyyən dərəcədə saxlayır. Həllolmanın bu mərhələsi **şişmə** adlanır. Əgər həllolma məhduddursa proses, şişmə mərhələsində da-

yanır, başqa sözlə, dinamik tarazlıq yaranır. Bu halda polimerə diffuziya edən və ondan ayrılıb çıxan həlledici molekullarının sayı bərabərdir. Bu hal torvarı polimerlər üçün daha xarakterikdir.

Qeyri-məhdud həlləlməyə isə həlləlmə prosesi həqiqi məhlul alınana qədər davam edir. Həqiqi polimer məhlulu dedikdə elə məhlul başa düşülür ki, burada makromolekulların praktiki olaraq bir-birinə təsiri yoxdur.

Şişmə halında polimerlərin bir çox xassələrinin saxlanılmasına baxmayaraq onların özlü axıcılıq və şüşələşmə temperaturunun aşağı düşməsi və plastiki xassələrinin meydana gəlməsi müşahidə olunur.

Bu hadisədən texnikada polimerlərin şaxtaya davamlılığının artırılması və onların emal edilməsinin asanlaşdırılması məqsədilə istifadə olunur.

Polimerlərin şüşələşmə temperaturunun aşağı salınması və plastiki xassələrini gücləndirmək məqsədilə onların tərkibinə kiçikmolekullu birləşmələrin əlavə edilməsi **plastikləşmə** və bu məqsədlə istifadə olunan kiçikmolekullu birləşmələr isə **plastifikatorlar** adlanır. Müəyyən edilmişdir ki, poliar qruplu polimerlərin poliar həlledicilərlə plastikləşməsi zamanı şüşələşmə temperaturunun aşağı düşməsi  $|\Delta T_{\text{ş}}|$  plastifikatorun molyar miqdarı ilə düz mütənasibdir.

$$|\Delta T_{\text{ş}}| = k' n$$

Plastifikatorun rolu ondan ibarətdir ki, onun molekulları makromolekulların arasına daxil olarkən makromolekuldakı poliar qruplarla qarşılıqlı təsirdə olur və makromolekullar arasındakı qarşılıqlı təsir qüvvələrinin azalmasına səbəb olur. Bunun nəticəsində makromolekulların çevikliyi artır və nisbətən aşağı temperaturda onun çevikliyi itir və şüşələşir.

Plastifikator olaraq polimerlə istənilən nisbətdə məhlul əmələ gətirən, uçucu və zəhərli olmayan maddələrdən istifadə edilir. Texnikada plastifikator olaraq başqa növ polimerlərdən

də istifadə edilir. Polimer məhlullarının xassələri də kiçikmolekullu birləşmələrin məhlullarının xassələrindən fərqlənir. Bu fərqlər aşağıdakılardır:

1. Polimer məhlulları çox kiçik qatılığa malik olduqda belə yüksək özlülüyə malik olur. Makromolekullar arasında qarşılıqlı təsirin, zəif rabitələrin mövcudluğu strukturlaşma sistemini yaradır. Belə sistemdə hissəciklərin bir-birinə nəzərən yerdəyişməsi nisbətən çətindir. Ona görə də belə məhlulun özlülüyü yüksək olur.

2. Polimer məhlulları Nyuton və Puazeyl qanunlarına tabe olmur. Polimer məhlullarının axması zamanı axmaya səbəb olan qüvvənin qiyməti artdıqca onun özlülüyü azalır, yəni Nyuton qanunundan kənara çıxır. Ona görə də polimer məhlulları *qeyri-Nyuton məhlulları* adlanır.

Puazeyl qanununa görə kapillyardan axan mayenin miqdarı kapillyarın uclarındaki təzyiqlər fərqi ilə düz mütənasib olmalıdır. Lakin polimer məhlullarında bu asılılıq düz mütənasib asılılıq deyildir. Bu asılılıq onunla izah olunur ki, polimer məhlulunda yaranmış strukturlaşma mayenin axmasına böyük müqavimət göstərir. Təzyiqin artması ilə strukturlaşmış sistem dağılır və onun axmaya qarşı müqaviməti, yəni özlülüyü azalır.

Strukturlaşma ilə əlaqədar olaraq özlülüyün qiyməti normal özlülükdən çox olur. Polimer məhlullarının özlülüyü iki normal və strukturlaşma ilə əlaqədar özlülüklərinin cəmindən ibarət olur.

$$\eta_p = \eta_n + \eta_{st}$$

3. Polimer məhlullarının özlülükləri mexaniki qüvvələrin təsiri ilə dəyişir. Polimer məhlulları çalxalandıqda, qarışdırıldıqda çox da möhkəm olmayan makromolekullararası rabitələr qırılır ki, bu da məhlulun özlülüyünün azalmasına səbəb olur. Mexaniki qüvvələrin təsiri kəsildikdən müəyyən müddət keçdikdən sonra strukturlaşmanın tədriclə bərpa olunması nəticəsində özlülük əvvəlki qiymətini alır. Bu hadisə *tiksotropiya* adlanır.

4. Polimer məhlulları içərisində qarışıqların olması onun özlülüyünün kəskin dəyişməsinə səbəb olur. Belə qarışıqlara polimerlərin sintezi zamanı əlavə edilən elektrolitlər aiddir. Bəzi elektrolitlər strukturlaşmanı gücləndirir, digəri isə zəiflədir.

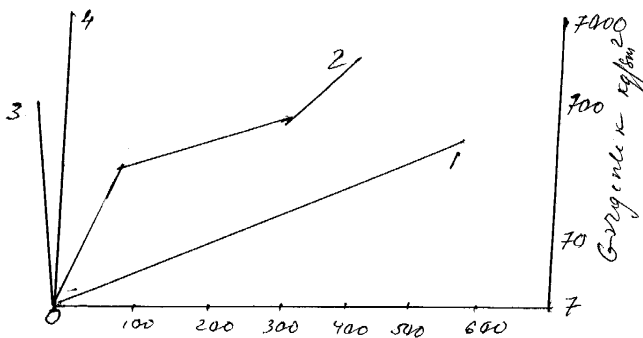
5. Polimer məhlulları üçün həlməşikləşmə prosesi də xarakterikdir. Makromolekullararası rabitələr çox olduqca sistem vahid hala keçir və həlməşik əmələ gəlir.

Strukturlaşmanın sonuncu mərhələsi sinerezis hadisəsidir. Makromolekullar arasındakı rabitələrin çoxalması nəticəsində onların sıxlaşması və həlledici molekullarının ayrılması müşahidə olunur. Bu hadisə *sinerezis* adlanır. Ümumiyyətlə, strukturlaşma prosesini aşağıdakı mərhələlərə bölmək olar:

- Assosiatların əmələ gəlməsi;
- Aqreqatların yaranması;
- Həlməşikləşmə;
- Sinerezis.

## **1.8. Polimerlərin mexaniki xassələri**

Polimerlərin qiyməti xassələrindən biri yükün təsiri ilə yaranan mexaniki xassələridir. Onlardan deformasiyanı və axmanı göstərmək olar. Polimerlərin mexaniki xassələri onların deformasiya – möhkəmlik xüsusiyyətləri ilə xarakterizə olunur. Bunun üçün polimerin üzərinə yük qoyulur və yaranan gərginliyin hesabına polimerin qırılma anına qədər deformasiyası müəyyən edilir. Alınan nəticələr gərginliyin deformasiyadan (uzanmadan) asılılıq əyriyələri ilə göstərilir.



Deformasiya  $\Delta L/L$  %

Şəkil 3. Elastomer (1) çevik plastik (2), cod plastik (3) və lifin (4) deformasiya-möhkəmlük asılılığı

Şəkil 3-dən görüldüyü kimi, polimerlərdə deformasiya möhkəmlük xüsusiyyətləri əsas 4 kəmiyyətlə xarakterizə olunur.

1. **Modul** – deformasiyanın müqavimətidir, gərginliyin nisbi uzanmaya ( $\Delta L/L$ ) nisbəti ilə müəyyən edilir.

2. **Qırılma möhkəmliyi** – polimer nümunənin qırılması üçün lazım olan gərginlikdir.

3. **Qırılma uzanması** – nümunənin qırılmasına uyğun deformasiyadır.

4. **Elastiki deformasiya** – dönmə deformasiyanı müəyyən edən elastiklikdir.

Polimerlərdə kristallaşma dərəcəsindən, zəncirdə yan rabitələrin sayından, şüşələşmə və ərime temperaturundan asılı olaraq mexaniki xassələr geniş intervalda dəyişir.

### 1.9. Orta molekül kütləsi

Polimerlərin sintezində və tətbiqində orta molekül kütləsi əsas yer tutur. Orta molekül kütləsi yüksək olan polimerlərdə daha yüksək mexaniki xassələr aşkar edilmişdir. Məsələn,

orta molekul kütləsi yalnız 5000-10000 intervalında polimerlər mexaniki möhkəmlik göstərir. Yüksəkmolekullu birləşmələrlə aşağımolekullu birləşmələrin kütləsi arasında kəskin fərq vardır.

Polimerlər üçün orta molekul kütləsi ( $\bar{M}$ ) anlayışından istifadə edilir. Orta molekul kütləsi anlayışı polimerlərin alınma reaksiyalarının xarakteri ilə əlaqədar müxtəlif uzunluqda və deməli, müxtəlif molekul kütləli makromolekulların əmələ gəlməsilə əlaqədardır. Eyni polimerin molekul kütlələrinə görə fərqlənən belə makromolekullarına *polimerhomoloqlar* deyilir. Polimerhomoloqların bir-birindən ayrılması imkanı hələlik məlum deyildir və alınan polimer onların qarışığından ibarət olur. Polimerhomoloqların molekul kütlələrinin orta statistik qiyməti kimi götürülən yüksəkmolekullu birləşmələrin orta molekul kütləsi, həm makromolekulların sayı, həm də onların hər birinin molekul kütləsinin qiyməti ilə müəyyən oluna bilər. Bununla əlaqədar olaraq polimerlər üçün orta ədədli ( $\bar{M}_n$ ) və orta kütləli ( $\bar{M}_w$ ) molekul kütləsi anlayışları mövcuddur.

Fərz edək ki, polimer nümunəsi N makromolekuldan ibarətdir. Bu nümunədə  $M_1$  molekul kütləli  $N_1$ ,  $M_2$  molekul kütləli  $N_2$ ,  $M_3$  molekul kütləli  $N_3$  və ümumi halda  $M_n$  molekul kütləli  $N_n$  makromolekul var. Onda müxtəlif molekul kütləli makromolekulların nümunədəki kütlə miqdarları uyğun olaraq  $M_1N_1, M_2N_2, M_3N_3, \dots, M_n N_n$  olar. Bu molekul kütlə miqdarları cəmini makromolekulların ümumi sayına böldükdə orta ədədi molekul kütlənin qiyməti alınır.

$$M_n = \frac{M_1N_1 + M_2N_2 + M_3N_3 + \dots + M_nN_n}{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n} = \frac{\sum M_i N_i}{\sum N_i}$$

Orta kütləli molekul kütləsini tapmaq üçün nümunədəki hər bir molekul kütlənin ümumi molekul kütlədəki hissəsini bilmək lazımdır. Bu hissə aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$X_1 = \frac{N_i M_i}{\varepsilon N_i M_i}$$

Hər bir molekul kütlənin onun ümumi molekul kütlədəki hissəsinə vurub alınan hasilləri toplasaq orta kütləli molekul kütləsi alınır:

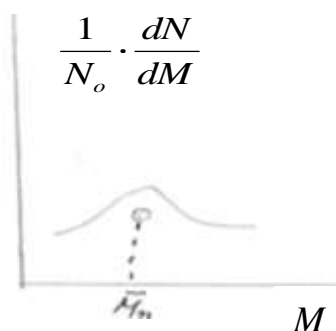
$$\begin{aligned} \bar{M}_w &= M_1 X_1 + M_2 X_2 + M_3 X_3 + \dots M_n X_n = \frac{M_1 N_1 M_1}{\varepsilon M_i N_i} + \frac{M_2 N_2 M_2}{\varepsilon M_i N_i} + \\ &+ \frac{M_3 N_3 M_3}{\varepsilon M_i N_i} + \dots + \frac{M_n N_n M_n}{\varepsilon M_i N_i} = \frac{\varepsilon M_i^2 N_i}{\varepsilon M_i N_i} \end{aligned}$$

Yüksəkmolekullu birləşmələrin müxtəlif molekul kütləli polimerhomoloqlardan ibarət olması polimerlərin daha mühüm xassəsini müəyyən edir. Bu xassə polimerin polidispersliyi, yaxud polimolekulyarlığıdır. Müəyyən orta molekul kütləsinə malik olan polimerdə molekul kütləsinin aşağı və yuxarı qiymətləri ilə xarakterizə olunan makromolekullar olur. Polimerhomoloqların molekul kütlələrinin dəyişdiyi interval polimerin polidispersliyini xarakterizə edir. Əgər bu interval kiçikdirsə polimerin polidispersliyi az, genişdirsə polidisperslik böyükdür. Monodispers polimerlər üçün orta ədədi və orta kütləli molekul kütlələri bir-birinə bərabərdir. Polidispersliyi böyük olan polimerlər üçün isə bu iki molekul kütləsi bir-birindən fərqlənir və bütün hallarda  $\bar{M}_n < \bar{M}_w$ . Deməli, orta kütləli və orta ədədi molekul kütlələrinin nisbəti polimerin polidisperslik dərəcəsinin ölçüsü kimi götürülə bilər. Bu nisbət vahidə yaxınlaşdıqca polimerin polidispersliyi azalır və monodispers hala yaxınlaşır.

Yüksəkmolekullu birləşmələrin polidispersliyini molekul kütləyə görə paylanma (MKP) ilə ifadə edirlər. MKP müxtəlif molekul kütləli makromolekulların miqdarı nisbətini, yəni polimerin molekul kütləyə görə tərkibini xarakterizə edir. MKP-in təcrübi nəticələri MKP əyriyələri şəklində ifadə olunur.



Paylanma əyriləri diferensial və integral paylanma əyriləri olmaqla iki cür olur. Bu əyrilərdən hər birinin isə ədədi və kütlə paylanma variantları vardır. Ədədi paylanma əyrilərini qurmaq üçün orta ələdi molekul kütləsindən və müəyyən molekul kütləli makromolekullar sayının makromolekulların ümumi sayındakı ədədi hissəsindən istifadə edilir. Kütlə paylanma əyrilərini qurarkən orta kütləli molekul kütləsi və müəyyən molekul kütləli makromolekullar kütləsinin ümumi molekul kütlədəki kütlə payından istifadə olunur. Bu məqsədlə polimer, molekul kütlələri bir-birinə yaxın olan makromolekulların daxil olduğu ayrı-ayrı fraksiyalara ayrılır. Fraksiyalaşdırmanı hissə-hissə çökdürməklə, hissə-hissə həll etməklə, gel-xromotoqrafiya və s. üsullarla aparmaq olar. Alınmış fraksiyalar üçün orta ədədi və orta kütləli molekul kütləsi təyin edilir. Diferensial ədədi paylanma əyrisini qurmaq üçün ordinat oxunda orta ədədi molekul kütləsi  $M$ -dən  $(M+dM)$ -ə qədər olan fraksiyanın diferensial ədədi funksiyasını  $[P_n(M)]$  götürmək lazımdır. Bu funksiya molekul kütləsi göstərilən intervalda olan makromolekullar sayının hissə miqdarı ( $D_{ni}$ ) ilə həmin intervalda molekul kütləsinin dəyişməsi ( $dM$ ) nisbəti kimi müəyyən olunur.



$$P_n(M) = \frac{d_{ni}}{dM}$$

$$d_{ni} = dN_1 / N_0$$

olduğundan

$$P_n(M) = \frac{1}{N_0} \cdot \frac{d_{ni}}{dM}$$

Şəkil 4. Diferensial ədədi paylanma əyrisi

Absis oxunda isə fraksiyaların orta ədədi molekul kütləsi götürülür. Diferensial paylanma əyrisi maksimumu olan əyridir (şəkil 4) və polimerdə olan makromolekulların molekul kütləsinin hansı intervalda dəyişməsinə əks etdirir. Diferensial kütlə paylanma əyrisini qurmaq üçün ordinat oxunda orta kütləli molekul kütləsi  $M$ -dən  $(M+dM)$ -ə qədər orta fraksiya kütləsinin, molekul kütlənin dəyişməsinə olan nisbəti (başqa sözlə paylanmanın diferensial kütlə funksiyası  $P_u(M)$ ) götürülür. Absis oxunda isə fraksiyaların orta kütləli molekul kütlələri qeydə alınır.

Paylanmanın diferensial kütlə funksiyası diferensial ədədi funksiya ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$P_w(M) = P_n(M) \cdot \frac{M_i}{M_n}$$

Diferensial ədədi və kütlə paylanma əyrilərinin absis oxu ilə məhdudlaşdırdığı sahənin ağırlıq mərkəzinin absisi polimerin orta molekul kütləsini verir.

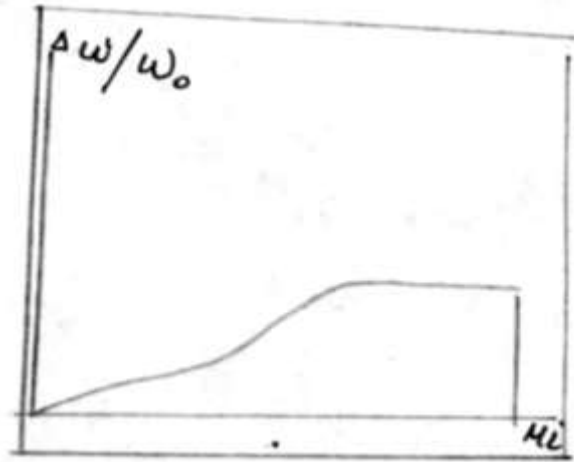


Şəkil 5. Diferensial kütlə paylanma əyrisi

İnteqral paylanma əyrilərini qurmaq üçün ordinar oxunda  $M_i$  molekul kütləli makromolekullar sayının makromolekulların ümumi sayındakı hissə miqdarı (*integral ədədi*

paylanma əyrisi) və ya  $M_i$  molekul kütləli fraksiya kütləsinin ümumi molekul kütləsindəki hissə miqdarı (integral kütlə paylanma əyrisi) absis oxunda isə molekul kütləsi götürülür (şəkil 6).

Paylanmanın diferensial əyrilərində bəzən bir maksimum deyil, bir neçə maksimum müşahidə oluna bilər. Əgər bir maksimum varsa paylanma *unimodal*, iki maksimum olarsa, bimodal, ikidən artıq maksimum müşahidə olunarsa paylanma *multimodal* adlanır.



Şəkil 6. İntegral kütlə paylanma əyrisi

Yüksəkmolekullu birləşmələrin polidispersliyini molekul kütləyə görə qeyri-həmcinslik dərəcəsi ( $u$ ) – ilə ifadə edirlər.

$$u = \frac{\overline{M}_w}{\overline{M}_n} - 1$$

Monodispers polimerlər üçün  $u=0$ , polidispers polimerlər üçün isə  $u \neq 0$  alınır. Polimerin dispersliyi artdıqca onun qeyri-həmcinslik dərəcəsi də artır.

Orta molekul kütləsini təyin etmək üçün aşağıdakı üsullardan istifadə edilir:

**Üç qrupların analizi üsulu.** Polimerin makromolekulları uclarında müxtəlif funksional qruplar (OH, COOH, NH<sub>2</sub> və s.) saxlaya bilər.

Bu qrupların miqdarını analiz etməklə bir çox xətti polimerlərin orta ədədi molekul kütləsini təyin etmək mümkündür. Üsul belə bir sadə asılılığa əsaslanır ki, uclarda olan bütün funksional qrupların ümumi sayı makromolekullar sayının iki mislinə bərabərdir. Aydındır ki, əgər makromolekulda bir funksional qrup varsa, onların ümumi sayı makromolekulların sayına uyğun olmalıdır. Orta ədədi molekul kütləsilə uclarda olan funksional qrupların sayı arasındakı asılılıq bu şəkildə ifadə olunur:

$$\overline{M}_n = \frac{m \cdot a}{e}$$

Burada,  $m$  – bir makromolekulda olan uc funksional qrupların sayı;

$e$  – uc qrupların ümumi ekvivalentlər sayı (q.ekv);

$a$  - nümunə kütləsidir.

**Ebulioskopik və krioskopik üsul.** Məlumdur ki, həlledicidə hər hansı maddənin həll olması onun buxar təzyiqinin azalmasına səbəb olur və bunun da nəticəsində təmiz həllediciyə nisbətən məhlulun qaynama temperaturu yüksəlir, donma temperaturu isə aşağı düşür. Həlledicinin temperatur göstəricilərinin dəyişməsi həll olan maddənin molyar qatılığından asılıdır və bu həll olan maddənin molekul kütləsini təyin etməyə imkan verir. Kiçikmolekullu birləşmələr üçün müvafəqiyətlə tətbiq edilən ebulioskopiya qaynama temperaturunun yüksəlməsi və krioskopiyaya (donma temperaturunun aşağı düşməsi) üsulları polimerlərin orta ədədi molekul kütləsinin təyin edilməsi üçün də istifadə edilə bilər.

Polimerlə həlledici arasında qarşılıqlı təsirin nəzərə alınmadığı duru məhlullar üçün

$$\Delta T_e = \frac{K_e \cdot g}{\overline{Mn}} \quad \text{və} \quad \Delta T_k = \frac{K_k \cdot g}{\overline{Mn}} \quad \text{yazmaq olar.}$$

$\Delta T_e$  və  $\Delta T_k$  - uyğun olaraq həlledicinin qaynama temperaturunun yüksəlməsi və donma temperaturunun aşağı düşməsi,  $K_e$  və  $K_k$  – 1000 q həlledici üçün hesablanmış ebulioskopiya və krioskopiya sabitliyi,  $g$  – nümunə çəkisidir.

**Osmometrik usul.** Vant-Hoff qanununa görə məhlulun Osmos təzyiqi ( $\pi$ ) həll olan maddənin molyar qatılığı ( $C_m$ ) ilə əlaqədardır.

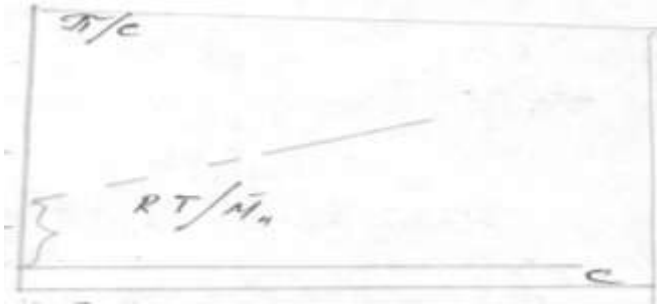
$$\pi = C_M RT$$

Real polimer məhlulları üçün Osmos təzyiqinin qiymətindən istifadə etməklə polimerin orta ədədi molekul kütləsini təyin edirlər. Gətirilmiş Osmos təzyiqinin ( $\pi/C$ ) qatılıqdan asılılığını ifadə edən düz xəttin ordinat oxundan ayırdığı parça  $RT/\overline{Mn}$  - nisbətində bərabərdir, çünki sonsuz durulaşdırılmış məhlullar üçün

$$\lim \left( \frac{\pi}{C_{c \rightarrow 0}} \right) = \frac{RT}{\overline{Mn}}$$

Beləliklə, polimerin orta ədədi molekul kütləsini təyin etmək üçün müxtəlif qatılıqda məhlulların Osmos təzyiqini ölçüb, gətirilmiş Osmos təzyiqinin qatılıqdan asılılığını qurmaq, alınmış düz xətti qatılığın sıfır qiymətinə ekstrapolyasiya etmək lazımdır (şəkil 7).

Osmometrin işləmə prinsipi ona əsaslanır ki, məhluldan yarımkeçirici membran ilə ayrılmış həlledici tədricən məhlula keçərək kapillyarda onun səviyyəsini qaldırır. Səviyyə artımı məhlulun Osmos təzyiqinə müvafiqdir. Osmometrik üsul orta ədədi molekul kütləsinin 20-200 min həddində olan qiymətləri üçün tətbiq edilə bilər.



Şəkil 7. Gətirilmiş Osmos təzyiqinin qatılıqdan asıllığı.

Osmos təzyiqini ölçmək üçün osmometrlərdən istifadə edilir.

**Viskozimetrik üsul.** Polimer məhlullarının hidrodinamik xassələrinə əsaslanan üsullar içərisində öz sadəliyinə və dəqiqliyinə görə fərqlənən viskozimetrik üsuldan polimerin orta molekul kütləsini təyin etmək üçün geniş miqyasda istifadə olunur. Məlumdur ki, polimerin hətta ən duru məhlulları belə özlülüyün böyük qiyməti ilə xarakterizə olunur. Mayenin özlülük əmsalı ( $\mu$ ) ilə kapilyarda axma müddəti ( $\tau$ ) arasındakı asılılıq  $\eta = k d \tau$  şəklindədir:

d - mayenin nisbi sıxlığı;

k - kapilyarın sabitidir.

Polimerlərin duru məhlullarının tədqiqində özlülük əmsalının mütləq qiymətindən deyil, məhlul və həlledicinin özlülük əmsallarının nisbəti ilə müəyyən olunan nisbi özlülükdən

$$\eta_{\text{nisbi}} = \frac{\eta_{\text{məh.}}}{\eta h_{\text{edici}}}$$

və özlülük artımı ilə həlledicinin özlülüüyü nisbətinə bərabər olan xüsusi özlülükdən

$$r_{\text{xüs.}} = \frac{\eta_{\text{məh.}} - \eta h_{\text{edici}}}{\eta h_{\text{edici}}} = \eta_{\text{nisbi}} - 1$$

istifadə olunur. Çox duru məhlulların nisbi sıxlığının həlledicinin nisbi sıxlığına bərabər olduğunu qəbul etsək

$$\eta_{\text{nisbi}} = \frac{kd_{\text{məh}} \cdot \eta_{\text{məh}}}{k \cdot d_{\text{h.edici}} \cdot \eta_{\text{h.edici}}} = \frac{\eta_{\text{məh}}}{\eta_{\text{h.edici}}}$$

$$\text{və } \eta_{\text{xüs}} = \frac{\eta_{\text{məh}} \cdot \eta_{\text{h.edici}}}{\eta_{\text{h.edici}}} \text{ alınır.}$$

Ştaudinger müəyyən etmişdir ki, xətti polimerlər üçün

$$\eta_{\text{xüs}} = K_m \overline{CM}$$

$K_m$ -sabit kəmiyyətdir.  $C$ -isə məhlulun qatılığıdır. (q/1000 ml). Ştaudinger düsturundan

$$\frac{\eta_{\text{xüs}}}{C} = [\eta] + K_m \overline{M}$$

yəni gətirilmiş özlülük ( $\eta_{\text{xüs}}/c$ ) məhlulun qatılığından asılı deyildir. Əslində isə belə asılılıq vardır və o, Haqqins tərəfindən aşağıdakı şəkildə ifadə olunmuşdur:

$$\frac{\eta_{\text{xüs}}}{C} = [\eta] + k' \overline{M}$$

$k'$  - polimer-həlledici qarışıqlı təsirini müəyyən edən sabit,  $[\eta]$  isə qatılığın sıfır qiymətinə ekstrapolyasiyasında gətirilmiş özlülüyə bərabər olan “xarakteristik özlülükdür”. O, gətirilmiş özlülüyn qatılıqdan asılılığını ifadə edən xəttin ordinat oxundan ayırdığı parçaya bərabərdir. Xarakteristik özlülük polimerin orta molekul kütləsi ilə Mark-Kun-Hauvinq düsturu ilə əlaqədardır.

$$[\eta] = KM^\alpha$$

$K$ -polimeranaloji sıra və verilən həlledici üçün xarakter olan sabit,  $\alpha$ -makromolekulun çevikliyindən asılı olaraq onun məhlulda “qıvrılmaq dərəcəsini” xarakterizə edən kəmiyyətdir.

Sərt makromolekullar üçün  $\alpha \approx 1$ , çevik polimerlər üçün isə  $\alpha = 0,5$  olur:  $k$  və  $\alpha$  sabitləri verilən həlledici – polimer sistemi üçün təcrübi yolla təyin edilir və bir çox polimerlər üçün bu sabitlər məlumdur.

Xarakteristik özlülüyə görə orta molekul kütləsinin təyində təcrübi olaraq eyni temperaturda həlledicinin və polimerin həmin həlledicidə hazırlanmış müxtəlif qatılıqda məhlulların axma müddətlərini təyin etmək lazımdır. Ölçmələr müxtəlif quruluşlu viskozimetrlərdə aparıla bilər. Viskozimetrin diametri və həlledici elə seçilməlidir ki, təmiz həlledicinin axma müddəti 80-120 san həddində olsun. Viskozimetrik üsulla təyin olunan molekul kütləsi *orta özlü molekul kütləsi*  $\overline{M}_\eta$  adlanır. Orta molekul kütləsini başqa üsullarla da hesablayırlar. Onlardan Sedimentasiya və işıqın səpilməsi yolu ilə təyin olunan üsulu göstərmək olar (şəkil 8).



Molekul kütləsi  $M_x$

Şəkil 8. Adi polimerdə orta molekul kütləsinə görə paylanma

Polimerlər üzərində dərin analiz göstərilmişdir ki, yüksəkmolekullu fraksiyaların sayının artması nəticəsində orta molekul kütlələrinin artması aşağıdakı ardıcılıqla baş verir:

$$\overline{M}_w > \overline{M}_\eta > \overline{M}_n$$



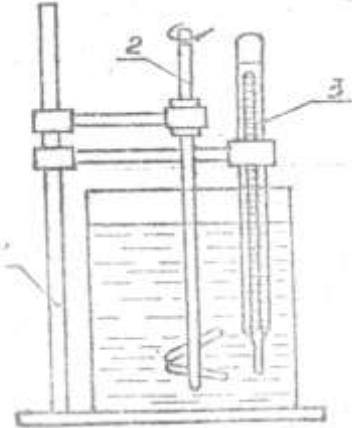
## I HISSƏ

### YÜKSƏKMOLEKULLU BİRLƏŞMƏLƏRİN FİZİKASI VƏ KİMYASI

#### Laboratoriya işi №1

#### Tozvari maddələrin xüsusi çəkisinin təyini İşin gedişi

Tozvari maddələrin xüsusi çəkisi 5-10 ml həcmli piknometr vasitəsilə təyin edilir. Təmiz yüyülmüş və qurudulmuş piknometr analitik tərəzidə çəkilir və ona nişan xəttindən 2-3 ml yuxarı distillə suyu tökülür. Piknometr termostatda (şəkil 1) 20<sup>0</sup>C temperaturda 20 dəq saxlanılır. Sonra suyun artığı filtr kağızı ilə elə çəkilir ki, aşağı menisk nişan xəttinə toxunmuş olsun. Piknometr filtr kağızı ilə silinib tərəzidə çəkilir. Bu əməliyyatdan sonra qurudulmuş piknometrə 1-2q tədqiq edilən maddə əlavə edilir və piknometrin həmin maddə ilə çəkisi təyin edilir. Sonra piknometr götürülmüş maddənin həll olmadığı



maye ilə doldurulur.

Şəkil 9. 1-ştativ, 2-mexaniki qarışdırıcı, 3-termometr

Maye piknometrə əlavə olunarkən maddədən və piknometrin divarlarından hava qabarcıqlarını kənar etmək lazımdır. Bunun üçün mayeni piknometrə elə tökmək lazımdır ki, onun səviyyəsi maddənin səviyyəsindən yüksək olsun. Belə doldurulmuş piknometr ehtiyatla su hamamında [30-35<sup>0</sup>C] qızdırılıb, yüngül silkələnməklə hava qabarcıqlarından azad edilir. Sonra piknometrə nişan xəttindən 2-3 ml yuxarı maye əlavə edilərək 20 dəq termostatda saxlanılır.

Bundan sonra piknometrdən tozvarı maddə azad edilir, yüyülür və qurudulur.

Sonra piknometrin maye ilə birlikdə çəkisi tapılır. Mayenin sıxlığı aşağıdakı formul ilə təyin edilir.

$$d = \frac{\text{Piknometrin maye ilə birlikdə çəkisi} - \text{boş piknometrin çəkisi}}{\text{Piknometrin su ilə birlikdə çəkisi} - \text{boş piknometrin çəkisi}}$$

Tozvarı maddənin sıxlığı aşağıdakı kimi hesablanır.

$$D = \frac{Y \cdot d}{y + k - F}$$

burada y-tədqiq olunan maddənin çəkisi d-mayenin sıxlığı, k-piknometrin maye ilə çəkisi F-piknometrin maye maddə ilə çəkisidir. Təcrübədən alınan qiymətlər cədvələ köçürülür.

Tozvarı maddə	Həlləddici	Y	d	K	F	D

## Laboratoriya işi №2

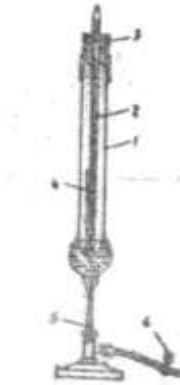
### Kapilyarda ərimə temperaturunun təyini

Bu üsulla ərimə temperaturunu təyin etmək üçün tədqiq olunan maddədən cüzi miqdarda götürmək kifayətdir. Təmiz maddələr, adətən çox kiçik temperatur intervalında əriyirlər. Tərkibində qarışıq olan maddələr təmiz maddələrin ərimə temperaturundan aşağı temperaturda əriyirlər.

Polimerlər müxtəlif molekul kütləli polimer homoloqların qarışığından ibarət olduqları üçün onların dəqiq ərimə nöqtəsini təyin etmək mümkün deyil. Polimer kapilyarda qızdırıldıqda iki temperatur: tozvari polimer hissəciklərinin bir-birinə yapışmağa başladığı (yumşalma temperaturu) və polimerin tozvarı haldan şəffaf hala keçdiyi (ərimə temperaturu) temperatur qeyd edilir.

### İşin gedişi

Bir ucu qaynaq edilmiş 1-1,5 mm diametrli kapilyara (1,5-2 mm hündürlüyündə) ərimə temperaturu tədqiq olunan maddə və ya polimer daxil edilir. Kapilyar açıq ucu ilə maddənin içərisinə salınmaqla elə doldurulur ki, tədqiq edilən maddə kapilyarın dibinə yığılsın. Bunun üçün kapilyarı barmaqla yüngülcə vurmaq və yaxud kapilyarı bir neçə dəfə bağlı tərəfi ilə şüşə borunun isərisindən bərk səthin üzərinə şaquli istiqamətdə salmaq lazımdır. Əgər tədqiq olunan maddə havada qızdırma zamanı oksidləşirsə və yaxud yüksək ərimə temperaturuna malikdirsə, bu zaman kapilyar doldurulduqdan sonra onun ikinci ucu da qaynaq edilir.



Şəkil 10. 1-uzunboğazlı kolba. 2-termometr. 3-rezin tıxac. 4-kapilyar. 5-qaz lampası. 6-tıxac

Tədqiq olunan maddə ilə doldurulmuş kapilyar termometrə rezin tutucu vasitəsilə elə bərkidilir ki, maddə termometrin kürəciyinin mərkəzi ilə eyni səviyyədə olsun. Bundan sonra termometr deşiyi olan rezin tıxac vasitəsilə sınaq şüşəsinə, sınaq şüşəsi isə termostat rolunu oynayan, 2/3 hissəsi susuz qliserinlə doldurulmuş kolbaya yerləşdirilir. Bu zaman termometr sınaq şüşəsinin, sınaq şüşəsi isə kolbanın divarına toxunmamalıdır.

Qurğunu asbest boru üzərində elə qızdırırlar ki, temperatur dəqiqədə  $1^{\circ}\text{C}$  artmış olsun.

## **Laboratoriya işi №3**

### **Polimerlərin həll olması Həllolmanın keyfiyyətə təyini**

Ağzı tıxaclı sınaq şüşəsinə 0,5q yaxşı xırdalanmış polimer və 5 ml həlledici tökülür. Sonra sınaq şüşəsi 2 saat otaq temperaturunda saxlanılır. Sınaq şüşəsi bir neçə dəfə çalxalanır. İki saat keçdikdən sonra sınaq şüşəsində baş verən dəyişiklik qeyd edilir. Ola bilsin ki, polimer təmamilə həll olsun və ya müəyyən dərəcədə şişmə baş versin. Tədricən həll olan və ya şişən polimer qızdırılmaqla yenidən yoxlanılır. Bunun üçün sınaq şüşəsi qarışıqla birlikdə su hamamında əkssoyuducu ilə birləşdirilib 0,5 saat qızdırılır. Sonra baş verən dəyişikliklər yenidən yoxlanılır.

### **Həllolmanın kəmiyyətə təyini**

Çox vaxt nəinki tədqiq olunan polimerin hansı həlledicidə həll olması, eyni zamanda həmin polimerin bir neçə həlledicidə necə həll olmasının aydınlaşdırılması tələb edilir. Həllolma qabiliyyətini polimer məhlulunun bulanmasına səbəb olan çökdürücünün miqdarı ilə müəyyən etmək olar. Bulantı əmələ gəlməsi üçün nə qədər çox çökdürücü tələb olunursa, deməli işlədilən həlledici bir o qədər yaxşı həlletmə qabiliyyətinə malikdir.

Çökdürücünün həcmnin həlledicinin həcminə olan nisbəti polimerin kəmiyyətə həllolmasını xarakterizə edir.

Konusvarı kolbaya 0,05-0,1q yaxşı xırdalanmış tədqiq olunan polimer və 3 ml tədqiq olunan həlledici əlavə olunur. Sonra buretdən məhlulə bulantı alınana qədər çökdürücü damcılanır (arasıkəsilmədən qarışdırmaqla).

Müxtəlif polimerlər üçün həlledici və çökdürücülərin qısa siyahısı aşağıdakı cədvəldə verilir.

<b>Polimer</b>	<b>Həlledici</b>	<b>Çökdürücüsü</b>
Poliizobutilen	Benzol	Etil və ya metil spirti
Polivinil xlorid	Dixlor etan	Etil spirti
Polivinil qatranı	Aseton	Su, etil və ya metil spirti
Polistirol	Benzol	Metil spirti, benzin
Polivinil spirti	Su formamid	Etil və ya metil spirti
Polimetilmetakrilat	Benzol	Benzin
Polibutilmetakrilat	Aseton	Metil spirti
Poliuretanlar	Tsikloheksanon	Su
Poliefirlər	Aseton	Su, etil və ya metil spirti
Poliamidlər	Krezol, dimetilformamid	Etil və ya metil spirti
Fenolformaldehid qatranları	Etil spirti, aseton	Su
Karbamid-formaldehid qatranları	su	Xlorid turşusu məhlulu

## Laboratoriya işi № 4

### Polimerlərin şişməsinin təyini

Polimerlərin həllolma prosesi iki mərhələdə gedir. Prosesin birinci mərhələsi makromolekulun şişməsindən ibarətdir. Şişmə zamanı polimer aşağımolekullu həlledicini udur və nəticədə polimerin kütləsi artır, mexaniki xassələri dəyişir. Şişmə zamanı polimerin həcmi 10-15 dəfə artır. Şişmə həlledicinin molekullarının polimerin içərisinə diffuziya etməsi nəticəsində baş verir. Bu zaman polimerin həcmi artır. Bundan sonra polimerdə molekullararası əlaqə zəifləyir və makromolekullar maddənin əsas kütləsindən qopub həllediciyə diffuziya edir. Nəticədə məhlul əmələ gəlir. Polimerin şişməsi şişmə dərəcəsi ilə ölçülür.

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0}$$

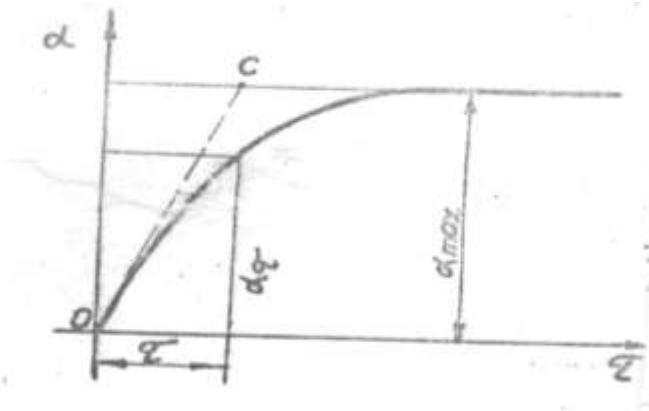
Burada,  $m_0$  və  $m$  – polimer nümunəsinin müvafiq olaraq şişmədən qabaq və sonrakı çəkilibidir. Şişmə dərəcəsi  $1q$  polimerin udduğu mayenin miqdarına ( $q$ ) bərabərdir.

Verilmiş müəyyən müddətdən ( $\tau$ ) bir  $\alpha$  təyin edilir və şişmə prosesini xarakterizə edən kinetik əyri qurulur (şəkil 11).

Analitik formada bu asılılığı aşağıdakı diferensial tənliklə ifadə etmək olar.

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = K(\alpha_{\max} - \alpha)$$

Burada,  $\alpha_{\max}$  - maksimal şişmə dərəcəsi;  $d\tau - \tau$  vaxt-  
da şişmə dərəcəsi,  $K$  - şişmə sürətinin sabiti.



Şəkil 10. Polimerlərin şişmə dərəcəsinə xarakterizə edən əyri:

### İşin gedişi

Dəqiq çəkilmiş polimer nümunələri müxtəlif müddətlərdə içərisində həlledici olan stəkanda yerləşdirilir. Hər  $\tau$  vaxtdan sonra polimer nümunəsi çıxarılıb çəkilir. Sonra bütün  $\tau$  vaxtları üçün şişmə dərəcəsi ( $\alpha$ ) hesablanır, şişmənin kinetik əyrisi qurulur və  $\alpha_{\max}$  tapılır. Təcrübədən alınan qiymətlər aşağıdakı cədvələ köçürülür.

Nö	Tədqiq olunan polimer	Həllədi ci	$m_0q$	$m_q$	$\tau_{\text{san}}$	$\alpha, \%$
1						
2						
3						



## Laboratoriya işi № 5

### Polimerlərin molekul kütləsinin təyini

Polimerlərin molekul kütləsinin təyini Ştaudinger düsturu üzrə aparılır.

$$[\eta] = KM^\alpha$$

Burada,  $[\eta]$  - xarakteristik özlülük;  $M$  - molekul kütləsi,  $K$  - müəyyən temperaturda polimer-həlləyici sistemini xarakterizə edən sabit,  $\alpha$ -makromolekulun məhlulda formasını xarakterizə edən və zəncirin çəvikliyindən asılı olan sabit kəmiyyətdir.

Müxtəlif polimerlər üçün  $K$  və  $\alpha$  sabitlərinin qiymətləri cədvəldə verilmişdir.

Polimer	Həlləyici	T <sup>0</sup> C	K·10 <sup>4</sup>	$\alpha$	Molekul kütlələri intervalı M·10 <sup>3</sup>
Polistirol	benzol	20	1,23	0,72	1,2-540
	“ ”	25	4,17	0,6	1,2-110
	toluol	20	0,007	0,93	384-480
	“ ”	25	0,16	0,72	100-600
Polivinil spirti	su	20	3,0	0,5	8,5-1700
	“ ”	25	5,95	0,63	11,6-195
Polimetilmetakrilat	aseton	20	4,52	0,62	410-3370
	“ ”	25	0,96	0,69	410-3370
	benzol	25	0,94	0,76	56-980
Polivinilasetat	aseton	20	0,99	0,75	43,0-420
	“ ”	20	1,74	0,70	68-680
	xloroform	20	1,58	0,74	68-680

Xarakteristik özlülüğü təyin etmək üçün nisbi və xüsusi özlülükləri hesablamaq lazımdır:

a) **Nisbi və xüsusi özlülüğün təyini.**

Özlülüyü təyin etmək üçün Ostvald viskozimetrlərindən istifadə olunur.

Uyğun həlledicidə polimer məhlulu hazırlanır. Həlledici az uçucu və yaxşı həll edən olmalıdır. Polimer məhlulunun qatılığı 0,01q/100 ml-dən 1q/100 ml qədər ola bilər.

Yüksək molekul kütləsinə malik olan polimerdən zəif qatılıqlı məhlul hazırlanır. Polimer məhlulu aşağıdakı qayda ilə hazırlanır: təmiz yuyulmuş və qurudulmuş həcmi 25 və ya 50 ml olan yastı dibli kolbaya polimerin analitik tərəzidə çəkilmiş lazımı miqdarı tökülür (10-20 ml məhlul hazırlamaq hesabı ilə). Belə ki, məsələn, 0,2%-li məhlul hazırlamaq üçün 40 mq polimer və 20 ml həlledici götürmək lazımdır. Polimer və həlledici kolbaya daxil edildikdən sonra kolba tıxacla bağlanır, həllolmanı sürətləndirmək və eyni qatılıqla məhlul almaq üçün kolba 10-15 dəqiqədən sonra ehtiyatla çalxalanır. Polimer tam həll olduqdan sonra məhlul 2 və ya 3N<sub>2</sub>-li şüşə süzgəcdən keçirilir. Süzülmüş polimer məhlulundan 10-15 ml pipetka ilə götürüb əvvəlcədən yuyulub qurudulmuş viskozimetmə tökülür. Viskozimetrin kapillyarının diametri elə seçilməlidir ki, təmiz həlledicinin axma müddəti 60 saniyədən az olmasın (100-120 san olması məqsədəuyğundur).

Axma müddətini təyin etməzdən əvvəl viskozimetr həlledici və məhlullarla 20 dəqiqə termostatda  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  saxlanılmalıdır. Bundan sonra həlledicinin və məhlulların axma müddəti təyin edilir. Əvvəlcə həlledici viskozimetmə tökülür və armudvarı rezinlə viskozimetrin kürəciyinə qaldırılır. Maye öz axını ilə süzülməyə başladıqda onun kürəciyin üst və alt nişanları arasından keçmə müddəti saniyəölçən vasitəsilə qeyd edilir. Axma müddəti həlledici və məhlullar üçün bir neçə dəfə təyin edilir. Hesabat üçün 3-5 uyğun gələn, az fərqlənən qiymətlər götürülür (qiymətlərin fərqi 0,2 san-dən çox olmamalıdır). Məhlulun axma müddətini bir neçə dəfə təyin etdikdən sonra kapillyarın təmizliyini yoxlamaq üçün həlledicinin axma müddəti ölçülür.

Nisbi özlülük aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\eta_{\text{nis}} = \frac{\tau}{\tau_0}$$

Burada,  $\tau$ -məhlulun axma müddəti, san  $\tau_0$ -həlledicinin axma müddəti, san xüsusi özlülük

$$\eta_{\text{qət.}} = \frac{\eta_{\text{xüs.}}}{c}$$

$\eta_{\text{xüs.}} = \eta_{\text{nis.}-1}$ , gətirilmiş özlülük: burada,  $c$ - məhlulun qatılığıdır;

**b) xarakteristik özlülüyn təyini.**

Xarakteristik özlülük iki üsulla təyin olunur: 1) qrafiki; 2) analitik. Hər iki halda polimer məhlulunun nisbi özlülüynü təyin olunmalıdır. Birinci üsul üçün polimer məhlulun müxtəlif qatılıqda nisbi özlülüynünün ən azı üç qiyməti ikinci üsul üçün isə bir qiymət lazımdır. Xarakteristik özlülük Bilneyer düsturu ilə hesablanır:

$$[\eta] = \frac{3}{c} \left( \eta_{\text{nis}}^{\frac{1}{3}} - 1 \right)_{c \rightarrow 0}$$

Bu düstur aşağı qatılıqlı məhlullar üçündür.

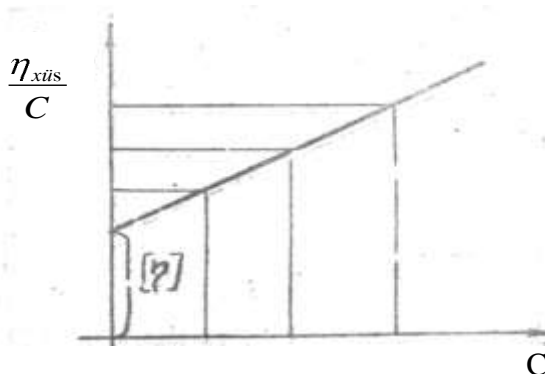
Xarakteristik özlülüynü qrafiki üsul ilə təyin etmək üçün müxtəlif qatılıqda 0,05, 0,1, 0,2; 0,4, 0,6 q, 100 ml (ən azı üç məhlul) hazırlamaq və onların axma müddətini təyin etmək lazımdır. Təyinatı ən az qatılığı olan məhluldan başlayıb, tədricən ən çox qatılığa keçmək lazımdır. Bu halda hər ölçmədə viskozimetri yuyub, qurutmaq lazım gəlmir. Əgər yeni polimer məhlulunun axma müddəti təyin edilərsə, onda viskozimetr 3-4 dəfə başqa həlledici ilə yuyulub qurudulur. Axma müddəti təyin edilib qurtarandan sonra viskozimetr məhluldan təmizlənir, yuyulur və qurulur.

Viskozimetri yuyulmamış saxlamaq olmaz. Müxtəlif qatılıqlı 3-4 məhlul üçün nisbi özlülüynü təyin etdikdən sonra bu

məhlullar üçün xüsusi özlülük tapılır.  $\eta_{xüs} = \eta_{nis-1}$  və  $\frac{\eta_{xüs}}{c}$  -nin qatılıqdan (c) asılılıq əyrisi qurulur (şəkil 11):

$$[\eta] = \lim \left( \frac{\eta_{nis}}{c} \right)$$

Qatılıq q/100 ml həlledici ilə ifadə olunur. Alınmış düz xətti ordinat oxuna qədər uzatdıqda ayrılan kəsik xarakteristik özlülüyn qiymətini verir.



Şəkil 11. Xarakteristik özlülüyn qrafiki təyini

$[\eta]$ -nin alınmış qiymətini Ştaudinger düsturunda yerinə qoyub polimerin molekul kütləsini hesablayırlar. Təcrübədən alınan nəticələr aşağıdakı cədvələ köçürülür.

Polimer	Həll- edici	Viskozimet rin №-si	Temperatur	C%	$\tau_0$ san.	$\tau$ san.	$\eta_{nis}$	$\eta_{xüs}$	$[\eta]$	$\eta_{qot}$

## Laboratoriya işi № 6

### Polimerlərin polidispersliyinin təyini

Polimerlər müxtəlif molekul kütləsi olan polimer homoloqlar qarışığından ibarətdir. Polidispersliyi təyin etmək üçün polimer hər hansı bir üsul ilə nisbətən yaxın molekul kütləsi olan makromolekullardan ibarət fraksiyalara ayrılır, sonra hər fraksiyanın miqdarı və orta molekul kütləsi təyin edilir. Alınmış məlumat əsasında paylanma əyriləri qurulur. Polimerin fraksiyalara ayrılması eyni kimyəvi tərkibli müxtəlif molekul kütləli fraksiyaların eyni həlledicidə müxtəlif həllolma qabiliyyətinə malik olmasına əsaslanır. Ayrı-ayrı fraksiyaları şişmiş halda məhlula keçirmək üçün lazım olan həlledicinin miqdarı müxtəlifdir. Fraksiyaların tərkibindəki polimer homoloqların molekul kütləsi nə qədər aşağı olursa, həmin fraksiyanın məhlula keçirilməsi üçün lazım olan həlledicinin miqdarı da bir o qədər az olur. Bu səbəbdən polimer məhluluna çökdürücü əlavə etdikdə, ilk növbədə, ən yüksək molekulkütləli fraksiya ayrılacaqdır:

a) **hissə-hissə həllolma üsulu ilə fraksiyalara ayrılma.**  
Həcmi 250 ml olan konusvarı kolbaya 10 q xırdalanmış polimer və 25 ml həlledici yerləşdirib periodik qarışdırmaq şərti ilə 3 saat saxlayırlar. Tərkibində aşağı molekul kütləli fraksiya olan məhlul dekantasiya ilə ayrılır. Polimer qarışığının üzərinə isə yenidən 25-30 ml həlledici əlavə edilir. 3-5 saatdan sonra həmin qayda ilə ikinci fraksiyanı ayırırlar. Beləliklə, polimeri bir neçə fraksiyalara ayırırlar: fraksiya məhlullarını qabaqcadan çəkilməmiş kolbalara yığırlar. Həlledicini su hamamında qovduqdan sonra polimer qalıqlarını sabit çəkiyə çatdırırlar. Hər fraksiyanın çəkisi polimerin ilk çəkisinə görə faizlə ifadə olunur;

b) **hissə-hissə çökdürmə üsulu ilə fraksiyalara ayrılma**  
10 q xırdalanmış polimeri həcmi 1000 ml olan və içərisində 200 ml həlledici tökülmüş kolbaya hissə-hissə əlavə edirlər.

Əgər həllolma yavaş gedirsə, kolbanı əkssoyuducu ilə birləşdirib su hamamında qızdırırlar. Polimer tam həll olduqdan sonra sabit temperaturda kolbaya damcı-damcı çökdürücü əlavə edib qarışdırırlar. İtməyən bulantı əmələ gəldikdə kolbanı az vaxt ərzində hərəkətsiz saxlayırlar və birinci ən yüksək molekulyar kütləsi olan fraksiyanı ayırırlar. Məhlulu çöküntüdən dekantasiya ilə ayırıb ikinci kolbaya tökür və əməliyyatı təkrar edirlər. Çöküntü şəklində ayrılmış fraksiyanı həlledicinin az miqdarında həll edirlər. Sonra qabaqcadan çəkilmiş stəkana keçirirlər və polimeri tam çökdürmək məqsədilə çökdürücü əlavə edirlər. Bundan sonra həlledici və çökdürücü qarışığını xaric edir, çöküntünü stəkan ilə birlikdə vakuüm quruducu şkafda 40-60<sup>0</sup>C temperaturda sabit çəkiyə qədər qurudurlar.

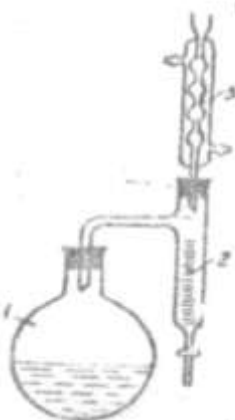
c) polimerləri fraksiyalara ayırdıqdan sonra hər fraksiyanın molekulyar kütləsini təyin edirlər. Alınan nəticələrə əsasən aşağıdakı qaydada cədvəl qurulur.

Fraksiyanın №-si	Fraksiyanın çəkisi q	Fraksiyanın çəki hissəsi	Molekulyar kütləsi

## Laboratoriya işi № 7

### Qatranlarda suyun miqdarının təyini

Qatranlarda suyun miqdarını təyin etmək üçün Dina-Stark üsulundan istifadə olunur. Aparatın quruluşu şəkil 12-də göstərilmişdir.



Şəkil 12. Qatranlarda suyun miqdarını təyin edən cihaz  
1. reaksiya kolbası; 2. Dina-Stark sınaq şüşəsi; 3. Soyuducu

### İşin gedişi

Yumrudibli kolbaya 0,01q dəqiqliklə çəkilmiş 10-50 q (təxmini suyun miqdarından asılı olaraq) qatran yerləşdirilir və 100 ml ksilolda həll edilir. Kolbanı Dina-Stark sınaq şüşəsi ilə birləşdirilmiş soyuducuya birləşdirib yağ hamamında qaynama temperaturuna qədər qızdırırlar. Su və ksilol buxarları soyuducuda kondensləşib ölçüsü olan sınaq şüşəsinə tökülür və burada laylanma gedir; alt layda su yığılır, üst layı təşkil edən ksilol isə qəbuledici dolduqca kolbaya qayır. Qaynamanı o vaxta qədər davam etdirirlər ki, su layının miqdarı dəyişməyərək sabit qalsın. Hasil olunmuş suyun miqdarı ksilol layı tam şəffaf

olandan sonra ölçülür. Qatranda suyun miqdarı (x%) aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$x = \frac{v \cdot 100}{g}$$

Burada, v - suyun qəbuledicidə həcmi, ml g - qatran nümunəsinin çəkisidir. Təcrübədən alınan nəticələr aşağıdakı cədvələ köçürülür.

g, q	v, ml	x, %



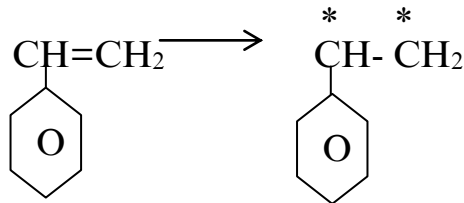
## II HISSƏ

### PLASTİK KÜTLƏLƏRİN KİMYƏVİ TEKNOLOGİYASI

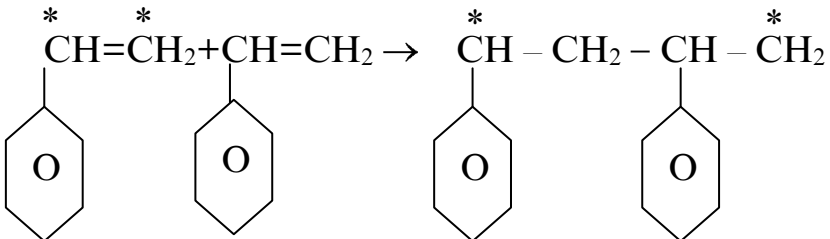
#### A. Polimerləşmə və birgəpolimerləşmə

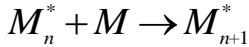
Polimerlərin sintez üsullarından biri zəncirvari polimerləşmədir. Zəncirvari polimerləşmə prosesi üç mərhələdən ibarətdir. Bunu stiroulun polimerləşməsi misalında göstərmək olar. Əgər zəncir polimerləşmə zamanı radikalların hesabına artırsa, onda belə polimerləşmə *radikal polimerləşmə* adlanır. Əgər zəncir ionların hesabına uzanırsa, belə polimerləşmə isə ion polimerləşməsi adlanır. İon polimerləşməsi də öz növbəsində, bir neçə yerə bölünür. Uzanmaqda olan zəncir karbkationların hesabına artırsa, belə polimerləşmə *kation polimerləşmə*, karbonionların hesabına artırsa isə *anion polimerləşmə* adlanır. Bunlardan əlavə anion – *koordinasion polimerləşmə* də mövcuddur.

1. Aktiv mərkəzin yaranması:



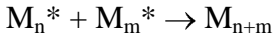
2. Zəncirin uzanması:



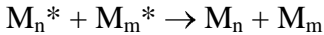


3. Zəncirin qırılması:

a) rekombinasiya yolu ilə;



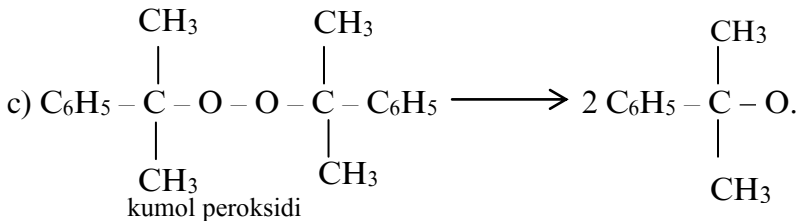
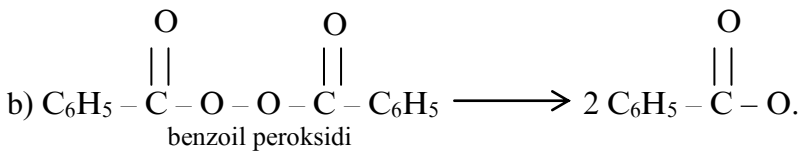
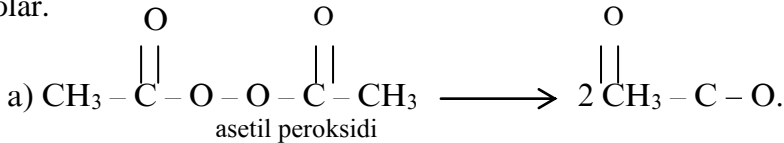
b) disproporsiya yolu ilə;

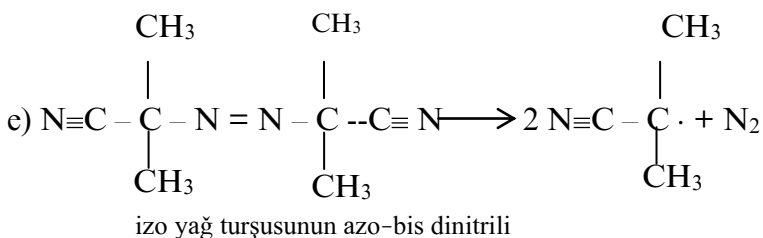
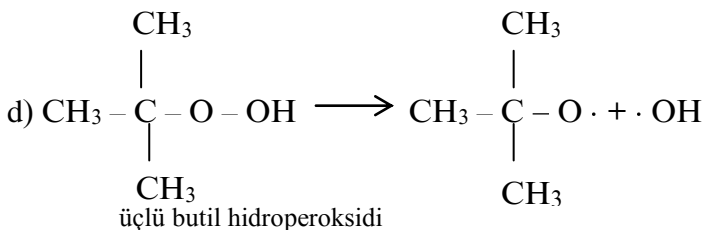


## 2.1. Radikal polimerləşmə

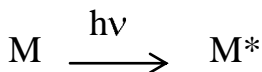
### 2.11. Radikalların alınma üsulları

1. **İnisiyatorların termiki parçalanması** geniş istifadə edilir. Belə polimerləşmə həmçinin termiki polimerləşmə adlanır. Termiki parçalanma zamanı inisiyatorlar asanlıqla radikalara parçalanırlar. Belə inisiyatorlara aşağıdakıları göstərmək olar.

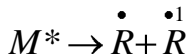




2. **Fotokimyəvi** - radikallar əgər fotokimyəvi üsulla yaranarsa, onda belə aktivləşmə *fotokimyəvi aktivləşmə* adlanır. Monomer molekulları ultrabənövşəyi şüaların təsiri altında işıq kvantlarını udaraq həyəcanlanmış hala keçir.



Həyəcanlanmış hissəciklər sonradan radikallara parçalanır.



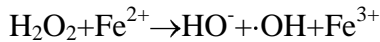
3. **Radiasiya** polimerləşmə. Radikallar ionlaşdırıcı şüaların hesabına da yarana bilər. Belə şüalara radiaktiv şüaları elektronları ( $\beta$ -şüalar) neytronları,  $\alpha$  hissəcikləri ( $\text{He}^{2+}$ ) göstərmək olar.



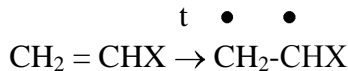
Burada kationun dissosiasiyası zamanı radikal yaranır.



4. **Oksidləşdirici** - reduksiyaedici sistemlərin təsiri ilə müxtəlif oksidləşdirici – reduksiyaedici sistemlərin köməyi sayəsində də radikallar əmələ gəlir ki, onlar da monomeri aktivləşdirir. Belə aktivləşmə *oksidləşdirici-reduksiyaedici* aktivləşmə adlanır. Bu üsulun üstünlüyü ondan ibarətdir ki, radikallar aşağı temperaturda (0-50<sup>0</sup>C) sürətlə əmələ gəlir. Ən çox öyrənilmiş oksidləşdirici-reduksiyaedici sistemlərdən biri Fenton reaktividir. Reaktiv hidrogen-peroksidlə ikivalentli dəmir ionlarının qarışığından ibarətdir.

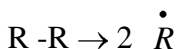


5. **Termiki** - əgər temperaturun köməyi ilə radikallar yaranarsa, onda aktivləşmə termiki aktivləşmə adlanır.



## 2.1.2. Radikal polimerləşmənin kinetikasi

### Radikal polimerləşmə zamanı sistemdə radikallar yaranırlar.



Radikal polimerləşmə zəncirvarı polimerləşməyə aid olduğuna görə üç mərhələdən ibarət olur:

#### 1. Aktiv mərkəzin yaranması



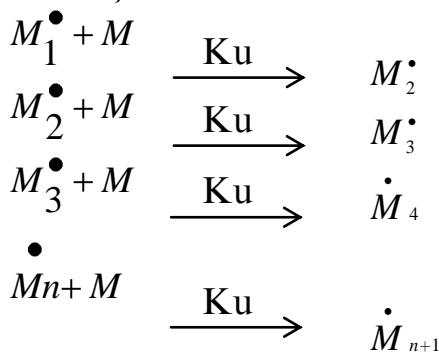
Burada M-monomer molekulunu göstərir. Aktivləşmə reaksiyasının sürəti bərabərdir.

$$V_a = K_a [I]$$

$K_a$ -aktivləşmə reaksiyasının sürət sabitidir.  $[I]$  – prosesdə iştirak edən unisiatorun qatılığıdır.

#### 2. Zəncirin uzanması

Ümumi şəkildə zəncirin uzanması belədir:

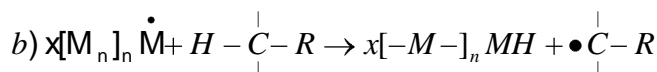
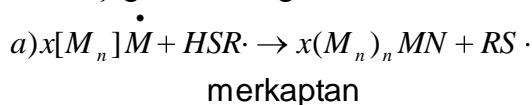


Zəncirin uzanması reaksiyası sürətlə baş verir və yüksək molekul kütləli polimer alınır. Bu reaksiyanın sürətini belə göstərmək olar.

$$V_u = K_u [M] \cdot [M^\bullet]$$

Burada,  $V_u$  - uzanma reaksiyasının sürətidir.  $K_u$  - uzanma reaksiyasının sürət sabitidir.  $[M]$  - reaksiyada iştirak edən monomerin qatılığıdır.  $[M]$  - isə radikalların cəmi qatılığıdır. Artmaqda olan zəncir başqa bir zəncirlə və ya birləşmə ilə qarşılıqlı təsirdə ola bilər. Hidrogen atomları saxlayan belə zəncir və ya birləşmə ilə qarşılıqlı təsir zamanı zəncirin ötürülməsi baş verir.

Bunu aşağıdakı kimi göstərmək olar:



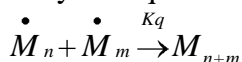
Zəncirin ötürülməsi reaksiyası anı sürətlə baş verir və ona görə də polimerləşmə reaksiyasının ümumi sürətinə təsir göstərmir;

### 3. Zəncirin qırılması

Zəncirin qırılması iki üsulla baş verir:

a) rekombinasiya;

Ümumi şəkildə belə yazmaq olar



Zəncirin qırılma reaksiyasının sürəti bərabərdir

$$V_q = K_q [M] \dot{M}$$

$K_q$  - qırılma reaksiyasının sürət sabitidir. Bu mərhələlərdən görünür ki, monomer, əsasən 1 və 2-ci reaksiyalarda sərf olunur, monomerin sərflənmə sürəti aşağıdakı kimi hesablanır.

$$\frac{-d[M]}{dt} = V_a + V_u \quad (1)$$

Burada,  $-V_a$  və  $V_u$  - aktivləşmə və uzanma reaksiyalarının sürətləridir. Ancaq aktivləşmə reaksiyasında iştirak edən monomer molekullarının sayı az olduğu üçün polimerləşmə

reaksiyasının sürəti uzanma reaksiyasının sürətinə bərabər götürülür.

$$V_p = V_u = K_u [M] [\dot{M}] \quad (2)$$

Burada,  $[\dot{M}]$  radikalların qatılığını hesablamaq çətinidir. Onun qiymətini təyin etmək üçün stasionar hal qəbul olunur. Belə ki, radikallar aktivləşmə reaksiyası zamanı artır və qırılma reaksiyası zamanı yox olur. Belə ki, müəyyən vaxtdan sonra sabit kəmiyyətə çevrilir.

Yəni radikalların qatılığının dəyişməsi sürəti sıfır qəbul olunur. Onda  $V_a = V_q$  (3) alarıq, qiymətləri yerinə yazsaq:

$$K_a [J] = K_q [\dot{M}]^2 \quad (4)$$

$$[\dot{M}] = \left( \frac{K_a}{K_q} \right)^{1/2} \cdot [J]^{1/2} \quad (5)$$

$[\dot{M}]$ -in qiymətini (2)-də yerinə yazsaq:

$$V_p = V_n = K_u \cdot \left( \frac{K_a}{K_q} \right)^{1/2} [M] \cdot [J]^{1/2} \quad (6)$$

Tənlikdən görünür ki, radikal polimerləşmə reaksiyasının ümumi sürəti monomerin qatılığı ilə unisiatorun qatılığının kvadrat kökü ilə düz mütənasibdir.

Orta polimerləşmə dərəcəsi isə  $(\bar{X}_n)$  belə hesablanır:

$$\bar{X}_n = \frac{V_u}{V_q} \cdot \frac{K[M] \cdot [J]^{1/2}}{K_a[J]} = K \frac{[M]}{[J]^{1/2}}$$

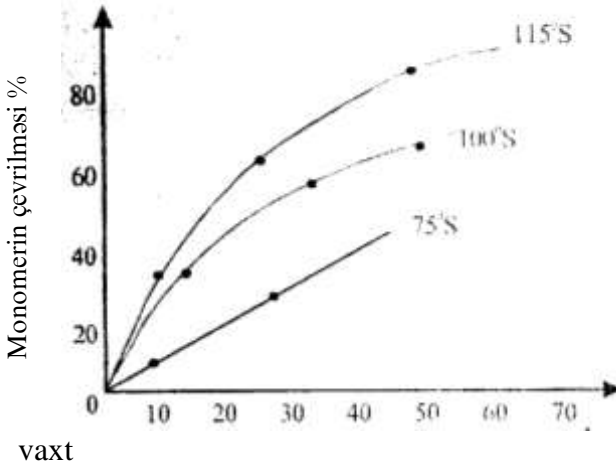
Orta polimerləşmə dərəcəsi monomerin qatılığı ilə düz unisiatorun qatılığının kvadrat kökü ilə tərs mütənasibdir. Orta ədədi molekulyar kütləsi isə orta polimerləşmə dərəcəsi ilə düz mütənasibdir.

$$\bar{M}_n = M_0 \cdot \bar{X}_n$$

Radikal polimerləşmə reaksiyasına aşağıdakı faktorlar təsir edir.

### 1. Temperaturun təsiri.

Temperatur artıqda bütün kimyəvi reaksiyaların sürəti artır.

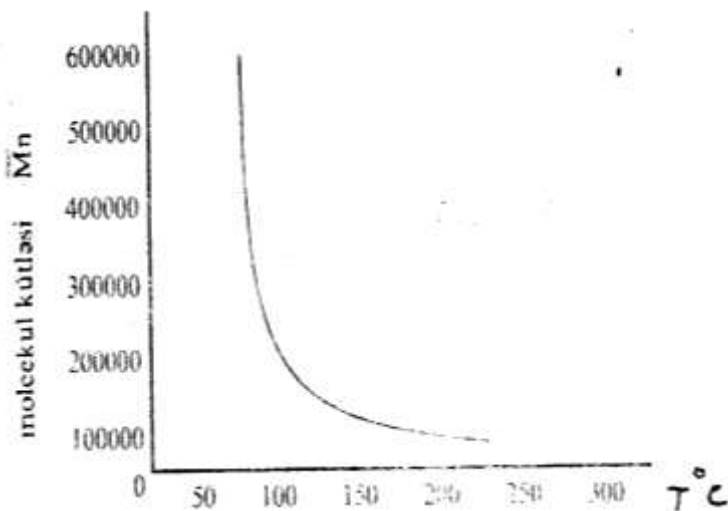


Şəkil 3. Müxtəlif temperaturda stiroulun polimerləşməsi

Müəyyən edilmişdir ki, temperatur hər 10°C artdıqda polimerləşmə reaksiyasının sürəti 2-3 dəfə artır. Şəkil 13-də müxtəlif temperaturda stiroulun polimerləşməsi göstərilmişdir. Şəkil 14-də isə polimetilmetakrilatin molekulyar kütləsinin tem-



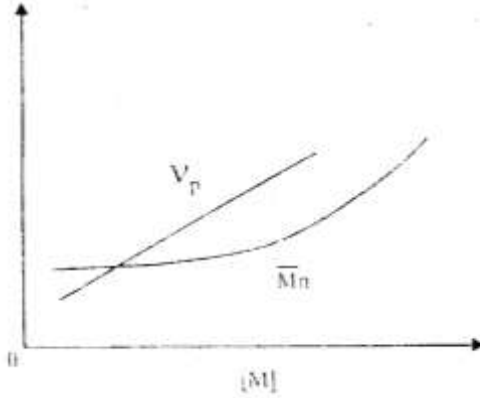
peraturdan asılılığı göstərilmişdir. Temperatur artdıqca  $\overline{Mn}$  azalır.



Şəkil 14. Polimetilmetakrilatın molekul kütləsinin temperaturdan asılılıq əyrisi

## 2. Monomerin qatılığının təsiri:

Həllədicə mühitində polimerləşmə aparılarkən müəyyən edilmişdir ki, polimerləşmə reaksiyasının ümumi sürəti və alınan polimerin molekul kütləsi monomerin qatılığı artdıqca artır. Bunu şəkil 15-də görmək olar.

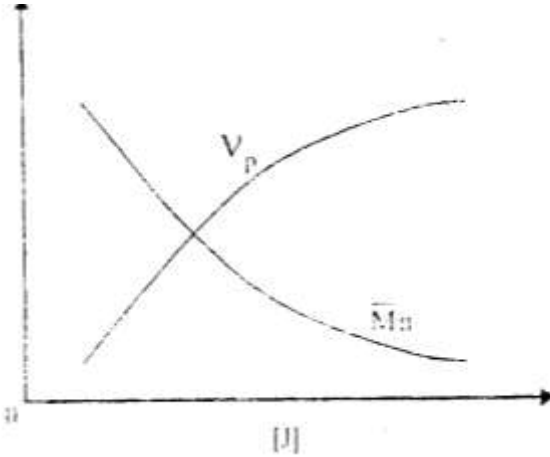


Şəkil 15. Polimerləşmə reaksiyasının sürətinin və polimerin molekul kütləsinin monomerin qatılığında asılılığı

### 3. İnişiatorun qatılığının təsiri

Polimerləşmə reaksiyasının sürətinə, həmçinin polimerin molekul kütləsinə inisiatorun qatılığı təsir göstərir. İnişiatorun qatılığı artdıqca polimerləşmə

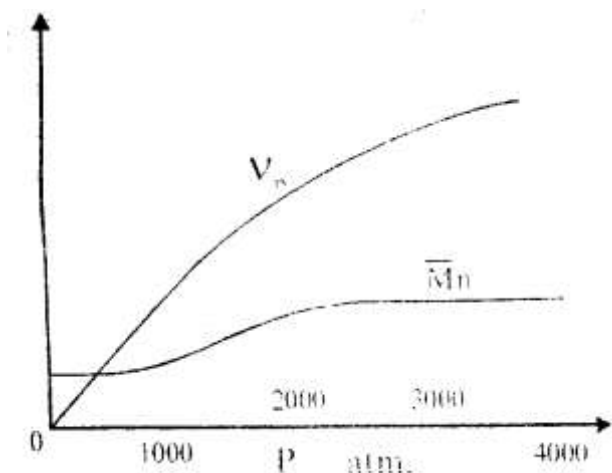
reaksiyasının ümumi sürəti artır, molekul kütləsi isə azalır (şəkil 16).



Şəkil 16. Polimerləşmə reaksiyası sürətinin və polimerin molekul kütləsinin inisiatorun qatılığında asılılığı

#### 4. Təzyiqin təsiri

Müəyyən edilmişdir ki, polimerləşmə reaksiyasının ümumi sürətinə və polimerin molekül kütləsinə təzyiq yalnız 1000 atmosferdən yuxarı olduqda təsir göstərir (şəkil 17). Bu halda radikal polimerləşmə reaksiyasının ümumi sürəti kəskin artır,  $\overline{Mn}$  isə azca artır.



Şəkil 17. Polimerləşmə reaksiyası sürətinin və polimerin molekül kütləsinin təzyiqindən asılılığı

#### Birgəpolimerləşmə

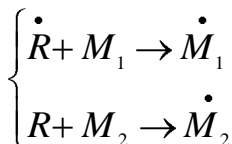
Polimerləri sintez etmək üsullarından biri birgəpolimerləşmədir. Əgər monomer qarışığında iki və daha artıq monomer polimerləşsə belə reaksiyaya *birgəpolimerləşmə reaksiyası*, alınan birləşmələrə isə *birgəpolimerlər* və ya *sopolimerlər* deyilir. Sopolimerin zəncirində hər iki monomerin qalıqları iştirak edir. Bunu sxematik belə göstərmək olar.



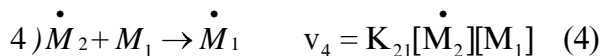
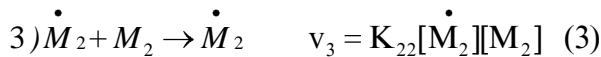
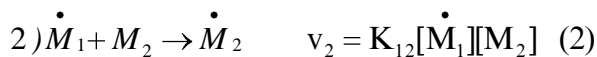
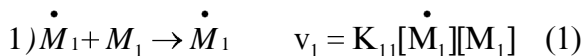
Əgər üç monomerin birgəpolimerləşməsi aparılırsa ona *çoxkomponentli birgəpolimerləşmə* reaksiyası deyilir. Bəzən ona *terpolimerləşmə* də deyilir.

### 2.1.3. Birgəpolimerləşmə tənliyi

Müəyyən edilmişdir ki, birgəpolimerin tərkibi əksərən monomer qarışığının tərkibindən fərqlənir. Başqa sözlə, müxtəlif monomerlər müxtəlif reaksiyaya girmə qabiliyyətlərinə malikdir. Bəzi monomerlər də məlumdur ki, onlar homopolimerləşmir, ancaq sopolimerləşmə reaksiyasına daxil olur.  $M_1$  və  $M_2$  monomerlərinin birgəpolimerləşmə reaksiyasına nəzər salaq.  $M_1$  və  $M_2$  monomerlərinin  $\dot{R}$  radikalına təsiri zamanı aktiv mərkəzlər yaranır.



Yaranmış aktiv mərkəzlər  $M_1$  və  $M_2$  monomerlərinə təsir edir. Beləliklə, dörd elementar reaksiya əmələ gətirir ki, onların da sürət sabitləri  $K_{11}$ ,  $K_{12}$ ,  $K_{21}$ ,  $K_{22}$  olar.



Göründüyü kimi,  $M_1$  monomeri 1 və 4-cü reaksiyalarda iştirak edir. Ona görə də onun itmə sürəti belə tapılır.

$$-\frac{d[M_1]}{dt} = K_{11}[\dot{M}_1][M_1] + K_{21}[M_2][\dot{M}_1] \quad (5)$$

Eyni qaydada  $M_2$  monomerinin itmə sürəti tapılır.

$$-\frac{d[M_2]}{dt} = K_{22}[\dot{M}_2][M_2] + K_{12}[\dot{M}_1][M_2] \quad (6)$$

(5) tənliyini (6) tənliyinə bölsək alarıq

$$-\frac{d[M_1]}{d[M_2]} = \frac{K_{11}[\dot{M}_1][M_1] + K_{21}[\dot{M}_2][M_1]}{K_{22}[\dot{M}_2][M_2] + K_{12}[\dot{M}_1][M_2]} \quad (7)$$

Zəncirin artması zamanı  $\dot{M}_1 \rightarrow \dot{M}_2$  -yə  $\dot{M}_2$  isə öz növbəsində,  $\dot{M}_1$  -ə keçdiyi üçün

$$K_{12}[\dot{M}_1][M_2] = K_{21}[\dot{M}_2][M_1] \quad (8)$$

(7) tənliyini (8) tənliyinə bölsək alarıq:

$$\frac{d[M_1]}{d[M_2]} = \frac{\frac{K_{11}[\dot{M}_1][M_1]}{K_{12}[\dot{M}_1][M_2]} + 1}{\frac{K_{22}[\dot{M}_2][M_2]}{K_{21}[\dot{M}_2][M_1]} + 1} \quad (9)$$

İxtisar etsək və tənliyi sadələşdirsək

$$-\frac{d[M_1]}{d[M_2]} = \frac{M_1}{M_2} \cdot \frac{\frac{K_{11}}{K_{12}}[M_1] + [M_2]}{\frac{K_{22}}{K_{21}}[M_2] + [M_1]} \quad (10)$$

tənliyini alarıq.

Burada,  $\frac{K_{11}}{K_{12}} = r_1$  və  $\frac{K_{22}}{K_{21}} = r_2$  qəbul etsək Mayo-Luis

tənliyini alarıq.

$$\frac{d[M_1]}{d[M_2]} = \frac{[M_1]}{[M_2]} \cdot \frac{r_1[M_1] + [M_2]}{r_2[M_2] + [M_1]} \quad (11)$$

Buna birgəpolimerləşmə tənliyi deyilir. Bəzən də bu tənliyi belə göstərirlər:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{[M_1]}{[M_2]} \cdot \frac{r_1[M_1] + [M_2]}{r_2[M_2] + [M_1]} \quad (12)$$

$m_1$  və  $m_2$  – birgəpolimerin tərkibində  $M_1$  və  $M_2$  miqdarıdır.

#### 2.1.4. Birgəpolimerləşmə sabitləri

Birgəpolimerləşmə tənliyində  $r_1$  və  $r_2$  *birgəpolimerləşmə sabitləri* adlanır. Birgəpolimerləşmə sabiti aktiv monomerin öz monomerinə təsiri zamanı sürət sabitinin başqa monomərə təsirinin sürət sabitinə nisbətində deyilir.  $r_1$  və  $r_2$ , həmçinin, monomerlərin nisbi aktivlikləri adlanır.  $r_1$  və  $r_2$ -ni eksperimental təyin etmək üçün birgəpolimerin tərkibini monomer qarışığının bir neçə qatılığında təyin edirlər. (Polimerləşmənin başlanğıc anında çıxım 5-10%). Birgəpolimerin tərkibini element analizi, UB, IQ və NMR-spektroskopiya yolu ilə müəyyən edirlər. Sonra isə tapılmış qiymətlər əsasında (11) tənliyindən istifadə etməklə  $r_1$  və  $r_2$ -ni hesablayırlar.

$$r_2 = \frac{[M_1]}{[M_2]} \cdot \left[ \frac{d[M_2]}{d[M_1]} \cdot \left\{ \frac{r_1[M_1]}{[M_2]} \right\} - 1 \right]$$

Monomerlərin aktivlikləri  $r_1$  və  $r_2$ -nin qiymətlərində əks olunur.

$r_1 > 1$  - onu göstərir ki,  $\dot{M}_1$  özünə əksərən  $M_1$ -i birləşdirir.

$r_1 < 1$  - onu göstərir ki,  $\dot{M}_1$  özünə əksərən  $M_2$ -i birləşdirir.

$r_1=0$  - onu göstərir ki,  $\dot{M}_1$  homopolimerləşməyə daxil olmur.

$r_1$  və  $r_2$ -ni başqa üsullarla da təyin edirlər, ən çox Fayneman-Ross üsulundan istifadə edirlər.

Eksperimental qiymətlərə görə  $\frac{\dot{M}_1}{M_2} = F$  və  $\frac{m_1}{m_2} = f$

monomerlərin birgəpolimerə çevrilmə dərəcəsinin az olmasına uyğun götürülür. Sonra  $\frac{F}{f}(f-1)r_1 = \frac{F_2}{f} - r_2$  diferensial

tənlik bu şəkli alır. Burada,  $y = \frac{F}{f}(f-1)$ ;  $x = \frac{F_2}{f}$  arasındakı asılılıq qursaq  $y$  oxundan kəsilən hissə  $r_2$ -nin qiymətini,  $tg\alpha$  isə  $r_1$ -in qiymətini verir.

### 2.1.5. Birgəpolimerləşmə tənliyindən istifadə

Birgəpolimerləşmə tənliyini qatılıq əsasında yox, mol qiymətlər əsasında yazmaq olar. Bunun üçün  $F_1$  və  $F_2$  ilkin qarışıqda monomerlərin mol miqdarı,  $f_1$  və  $f_2$  isə birgəpolimerin tərkibində monomerlərin mol miqdarıdır.

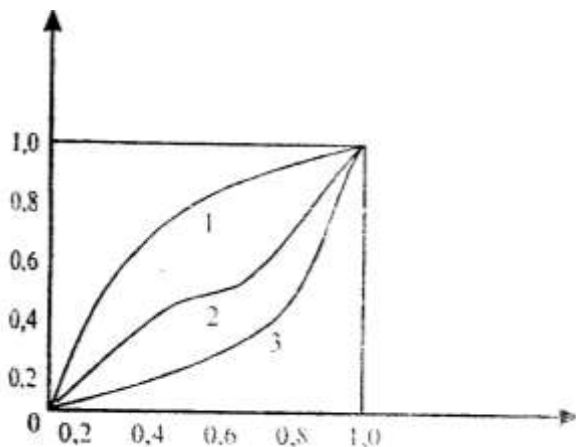
$$F_1 = 1 - F_2 = \frac{\dot{M}_1}{[M_1] + [M_2]}$$

$$f_1 = 1 - f_2 = \frac{\partial \dot{M}_1}{\partial [M_1] + \partial [M_2]}$$

Birgəpolimerləşmə tənliyi eksperimental yolla yoxlanılmışdır və o, radikal, kation, həmçinin anion polimerləşməsinə tətbiq edilə bilər. Məsələn, şəkil 18-də birgəpolimerin tərkibində  $f_1$ -in monomer qarışığında  $F_1$ -dən asılılıq əyrisi göstərilmişdir (sistem stiroil-metilmetakrilat). Birgəpolimerləşmə reaksiyası kation (1:  $r_1=10$   $r_2=0,1$ ), radikal (2,  $r_1=0,52$   $r_2=0,46$ )

və anion (3:  $r_1=0,1$   $r_2=6$ ) mexanizmləri üzrə  $\text{SnCl}_4$ , benzoil peroksidi və  $\text{Na}(\text{NH}_3\text{-də})$ -in iştirakı ilə aparılmışdır.

monomer qarışığında stiroulun miqdarı  $F_1$  mol



Şəkil 18. İlk sopolimerləşmədə birgəpolimerin tərkibinin monomer qarışığının tərkibindən asılılığı

$r_1=10$	$r_2=0,1$	əyri 1	$r_1$ – stiroł
$r_1=0,52$	$r_2=0,46$	əyri 2	$r_2$ - metilmetakrilat
$r_1=0,1$	$r_2=6$	əyri 3	

Göründüyü kimi, monomerlərin ekvimol miqdarda (1:1) birgəpolimerləşməsi göstərir ki, birgəpolimer, əsasən kation birgəpolimerləşməsində stiroł, anion birgəpolimerləşməsində isə metilmetakrilat molekullarından ibarətdir.



## 2.1.6. Birgəpolimerləşmənin növləri

Monomerlərin nisbi aktivliklərindən asılı olaraq birgəpolimerləşmənin müxtəlif növləri müşahidə edilir. Birgəpolimerləşmə sabitlərinin hasilindən asılı olaraq birgəpolimerləşmə reaksiyaları dörd növə bölünür. Onlar aşağıdakılardır.

1. “İdeal” birgəpolimerləşmə:  $r_1 \cdot r_2 = 1$ .

Birgəpolimerləşmə sabitlərinin hasilı əgər 1-ə bərabərdirsə, onda belə birgəpolimerləşmə “ideal” birgəpolimerləşmə adlanır. Burada hər iki artmaqda olan hissəcik monomerləri eyni bərabərliklə özünə birləşdirir. Bu şərait üçün

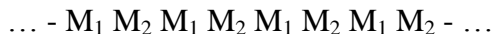
$$\frac{K_{22}}{K_{21}} = \frac{K_{12}}{K_{11}}, \text{ yaxud } r_2 = \frac{1}{r_1}$$

“İdeal” birgəpolimerləşməyə ən çox anion və kation birgəpolimerləşməsində rast gəlinir.

2. Növbəli birgəpolimerləşmə:  $r_1 \cdot r_2 = 0$

Belə birgəpolimerləşmədə  $r_1 \cdot r_2 = 0$ , həmçinin  $r_1 \cdot r_2 = 0$  olur. Hər iki monomer birgəpolimerin tərkibinə ekvimol miqdarda daxil olur. Beləliklə də, zəncirdə monomer molekulları ardıcılıqla, növbəli yerləşirlər. Artmaqda olan aktiv hissəciklər, əsasən o biri monomer molekulları ilə birləşir. Yəni,  $\dot{M}_1 M_2$ -ilə

$\dot{M}_2$  isə  $M_1$ -lə birləşir. Zəncir aşağıdakı şəkli alır:



3. Azeotrop birgəpolimerləşmə:  $r_1 \cdot r_2 < 1$ .

Belə birgəpolimerləşmədə  $r_1$  və  $r_2$  1-dən kiçik olur. Bu halda  $f_1$ -in  $F_1$ -dən asılılıq əyrisində  $f_1 = F_1$  olur. Yəni, monomer qarışığının tərkibi ilə birgəpolimerin tərkibi eyni olur. Belə birgəpolimerləşmə *azeotrop birgəpolimerləşmə* adlanır.

4. Blok birgəpolimerləşmə:  $r_1 \cdot r_2 > 1$ .

Belə birgəpolimerləşmədə həm  $r_1 > 1$ , həm də  $r_2 > r_1$  olur. Onda  $r_1 \cdot r_2 > 1$  olur. Bu halda birgəpolimerləşmə blok birgəpoli-

merləşmə adlanır. Çünki  $M_1$  hissəciyi  $M_1$ -lə  $\dot{M}_2$  hissəciyi isə  $M_2$ -ilə birləşir. Nəticədə blokşəkilli birgəpolimer alınır.

... -  $M_1 M_1 M_1 M_2 M_2 M_2 M_2 M_2 M_1 M_1 M_1$  - ...

Bəzi halda əgər hər iki monomerin nisbi aktivlikləri 1-dən böyük olarsa, bu halda da hər iki monomerin homopolimerləşməsi baş verir.

### 2.1.7. Polimerləşmə reaksiyalarının aparılma üsulları

Polimerləşmə reaksiyaları aşağıdakı üsullarla aparılır:

1. **Kütlədə polimerləşmə** – burada monomer, yaxud monomerlər qarışığı maye halında götürülür. Alınan polimer yaxud sapolimer həlledicinin köməyi ilə çıxarılır.

2. **Məhlulda polimerləşmə** – belə polimerləşməni aparmaq üçün həlledici seçilir və reaksiya aparılır. Alınan polimer ya çöküntüdə, ya da həll olmuş halda olur. Reaksiya qurtarıqdan sonra polimeri ayırırlar.

3. **Suspenziyada polimerləşmə** – belə polimerləşməni aparmaq üçün monomer dispers halına keçirilir. Bunun üçün stabilizatorlardan istifadə olunur. Dispers mühit yaratmaq üçün su molekullarından istifadə edirlər.

4. **Emulsiyada polimerləşmə** – burada da monomer emulqatorun hesabına emulsiya halına salınır. Reaksiya qurtarıqdan sonra polimer çökdürülür, yuyulur və ayrılır.

5. **Bərk fazada polimerləşmə** – burada monomerlər bərk fazada polimerləşdirilir. Polimerləşmə reaksiyası monomer, yaxud monomerlərin ərimə temperaturundan aşağı temperaturda aparılır. Sənayedə bu üsuldən az istifadə edilir.

6. **Qaz fazasında polimerləşmə** – burada monomer, yaxud monomerlər qaz halında olur. Polimerin əmələ gəlməsi reaksiya aparılan qabın divarında başlayır və alınan polimerin səthində, ya da daxilində davam edir. Bu prosesdə katalizator bərk halda olur, nümunə olaraq Na katalizatorunun iştirakı ilə butadienin polimerləşərək kauçuk əmələ gətirməsini göstərmək olar.

## Laboratoriya işi № 8

### Stirolun təmizlənməsi və blokda polimerləşməsi

Polimerləşmədən qabaq stirol təmizlənməlidir, çünki onun tərkibində ingibitorlar (stabilizatorlar) ola bilər. İngibitor stirolun özbaşına polimerləşməsinin qarşısını almaq üçün daxil edilir. İngibitorlardan başqa monomerin tərkibində az miqdarda etilbenzol, xlorid, su, kükürd, aldehid və polimer olur. Stirolun tərkibində olan qarışıqlar polimerin keyfiyyətinə pis təsir edir. Məsələn, etilbenzolun az miqdarda olması belə polistirolun molekul kütləsini azaldır, onun çatlamasına və rənginin tutqunlaşmasına səbəb olur. Aldehidlər polimerin molekul kütləsini və dielektrik xassələrini azaldır. Aldehidlər və peroksidlər stirolun havanın oksigeni ilə oksidləşməsi nəticəsində alınır. Blokda alınan polistiroidəki qabarcıqlar monomerin tərkibində olan qazdan əmələ gəlir, məsələn, karbon qazı isə peroksidlərin yüksək dərəcədə parçalanması nəticəsində alınır. Kükürd polimerin molekul kütləsinin azalmasına və işığa davamlılığının pisləşməsinə səbəb olur. Uzun müddət saxlanılma nəticəsində stiroidə az miqdarda da olsa, əmələ gələn polimer onun özlülüyünü bir qədər artırır, ancaq polimerləşmənin gedişinə mane olmur.

Stiroidən sopolimer almaq üçün istifadə olunduqda onun tərkibində polistirol olmamalıdır. Stirolu təmizləyəndə misin və onun birləşmələrinin havanın və qızdırmanın təsirini azaltmaq lazımdır. Monomeri vakuumda qovmaqla təmizləyirlər, ona görə ki, stirolun qaynama temperaturu yüksəkdir ( $149^{\circ}\text{C}$ ) və normal təzyiqdə qovma vaxtı polimerləşmə gedir. Əgər stiroidə stabilizator hidroxinon, yaxud üçlü-butilpirokatexindən başqa qarışıqlar yoxdursa, onda onu qələvi məhlulu ilə yumaqla təmizləmək olar.

Bu halda ayrıcı qıfda 5-10%-li qələvi məhlulu ilə o vaxta qədər yuyulur ki, qələvi məhlulunun rəngi dəyişməsin, sonra

qələvidən təmizləmək üçün onu distillə edilmiş su ilə yuyurlar (neytral mühit alınana qədər). Stiolun tərkibində olan sudan azad olmaq üçün onu 15<sup>0</sup>C dondurmaq, yaxud susuz kalium-xlorid ilə qurutmaq lazımdır.

### Stiolun blokda polimerləşməsi

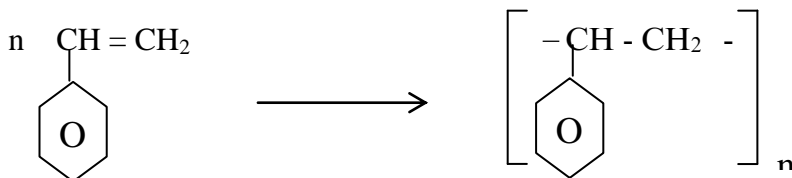
Təzə qovulmuş stiol qalın divarlı möhkəm şüşəli ampulanın yarısına kimi doldurulur. Ampulanın ağzı lehimlənir, termoşkafda 170<sup>0</sup>C-də 3-4 saat ərzində qızdırılır. Ampulanı soyutduqdan sonra yavaş-yavaş açırlar. Bərk, şəffaf, rəngsiz polistirol alınır.

**Tapşırıq 1.** Alınan polimerin çıxımını (q və %-lə) hesablayın:  
 2. Üzvi həlledicilərdə həllolmasını yoxlayın;  
 3. Ərimə temperaturunu və molekul kütləsini təyin edin.

Təcrübədən alınan nəticələr aşağıdakı cədvəldə köçürülür.

Yükləmə	Çıxım		Polistirolun xarakteristikası		
	q	%	həllolması	T <sub>ər</sub>	molekul kütləsi
stirol					

Stiolun polimerləşməsi sxemi aşağıdakı kimidir:



## Laboratoriya işi № 9

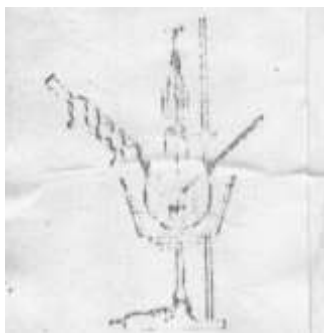
### Metilmetakrilatın kütlədə polimerləşməsi Şəffaf üzvi şüşənin hazırlanması

**Reaktivlər:** Metilmetakrilat – 100 q  
Benzoil peroksidi – 0,2 q  
Dibutilftalat – 10 q

**Cihazlar:** Qarışdırıcı, əkssoyuducu termometr,  
üçboğazlı kolba, şüşə formalar, termoşkaf.

### İşin gedişi

Qarışdırıcı, əkssoyuducu və termometr ilə təchiz olunmuş üçboğazlı kolbaya benzoil peroksidi, dibutilflalat və metilmetakrilatın göstərilən miqdarındakı məhlulu yüklənir (şəkil 19).



Şəkil 19.

Qarışdırıcı işə salınır, əks-soyuducuya su verilir və kolbanın içərisində olan qarışıq su hamamında  $80-85^{\circ}\text{C}$ -də qatı şüşəyə bənzər maddə alınana qədər qızdırılır. Soyudulduqdan sonra alınmış forpolimer şüşə formalara tökülür və termoşkafda, yaxud su termostatında  $55-65^{\circ}\text{C}$ -də bircinsli, bərk, şəffaf üzvi şüşə nümunələri alınana qədər qızdırılır. Polimerləşmə

sona çatdıqdan sonra formaları  $70^{\circ}\text{C}$  temperaturu olan ilıq suda isladır və hazır üzvi şüşə vərəqlərini xaric edirlər.

### Formaların hazırlanması

İşi aparmaq üçün 1-3 mm (13x18 sm) ölçülü 2-3 şüşə forma hazırlanır. Şüşə təbəqəsinin yaxşı təmizlənmiş və spirtlə yuyulub qurudulmuş üst səthinin dörd küncünə sellofan bükülmüş 10-15 mm ölçülü polivinilxlorid lövhə qoyulur. Bu təbəqənin üstünə eyni ölçülü ikinci təbəqə qoyulur və alınmış formanın dörd tərəfi nişasta, yaxud yapışqanlı sellofan zolaqları ilə yapışdırılır. Forma  $50^{\circ}\text{C}$  temperaturda quruducu şkafda qurudulur. Temperatur  $50^{\circ}\text{C}$ -dən yuxarı olduqda sellofan zolağı gərilməyə uğraya bilər. Formanın möhkəmliyini artırmaq və monomerin axmasının qarşısını almaq üçün qurutmadan sonra sellofan layının üzərinə qalın kağızdan hazırlanmış zolaqlar yapışdırılır və forma yenidən  $50^{\circ}\text{C}$ -də qurudulur. Formada balaca deşik açılır və içərisinə hazırlanmış şüşəyəbənzer forpolimer tökülür. Formanı doldurduqda yuxarı hissəsində 1-1,5 sm boşluq qoymaq lazımdır.

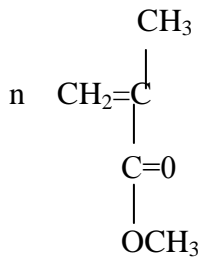
**Tapşırıq 1.** Alınan polimerin çıxımını hesablayın:

2. Alınan polimerin xarakteristik özlülüyünü təyin edin;
3. Alınan polimerin molekul kütləsini təyin edin;
4. Alınan polimerin yumşalma temperaturunu təyin edin.

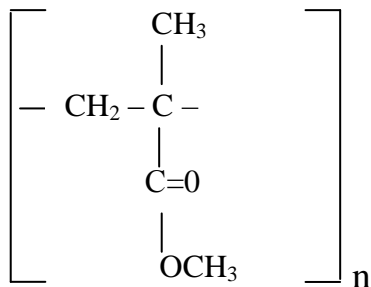
Təcrübədən alınan nəticələr aşağıdakı cədvələ köçürülür

Yükləmə, q		Çıxım		[ $\eta$ ]	M	T <sub>ər</sub>
metilmetakri lat	dibutilftalat	q	%			

Metilmetakrilatın polimerləşməsi aşağıdakı kimidir:



MMA



“üzvi şüşə”

## Laboratoriya işi № 10

### Stirolun sispenziyada polimerləşməsi

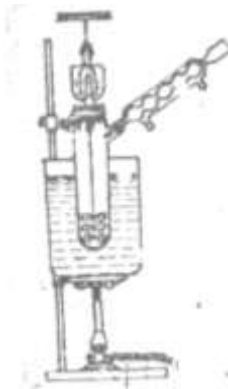
**Reaktivlər:** təzə qovulmuş stirol – 10 q  
benzoil peroksidi – 0,2 q  
polivinil spirti – 0,34 q  
distillə edilmiş su – 60 ml

**Cihazlar:** Sınaq şüşəsi (45-190) mexaniki qarışdırıcı  
əkssoyuducu, termometr,  
kimyəvi stəkan (şəkil 20)

### İşin gedişi

Polivinil spirti  $60^{\circ}\text{C}$  distillə edilmiş suda həll edilir. Sonra ayrıca bir kolbada benzol peroksidinin stirola məhlulu hazırlanır. Polivinil spirtinin suda məhlulu otaq temperaturuna qədər soyudulur və stirol-həyəcanlandırıcı qarışıqı onun üzərinə əlavə edilir. Qarışdırıcı işə salınır, əks-soyuducuya su verilir və sınaq şüşəsi  $80^{\circ}\text{C}$ -yə qədər su hamamında qızdırılır. Qarışdırıcının sürəti elə tənzimlənir ki, polistirol ayrı-ayrı dənələr şəklində ayrılmasın, ümumi kütləyə birləşməsin. Bütün polimerləşmə prosesi müddətində qarışdırıcının sürəti dəyişməməlidir. Su hamamında temperatur dəqiq  $80^{\circ}\text{C}$  olmalıdır. Polimerləşmə prosesi əsasən, 3-4 saatda başa çatır. Reaksiyanın sonu polistirol küreciklərinin xüsusi çəkisinin artması nəticəsində sınaq şüşəsinin dibinə çökməsi ilə yoxlanılır. Hazır polistirol sınaq şüşəsindən çıxarılır, isti su ilə yuyulur, qurudulur və çəkilir.





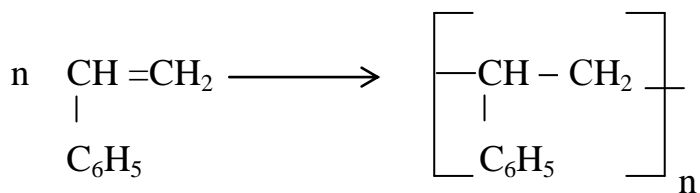
Şəkil 20. Stiolun suspenziyada polimerləşməsi

**Tapşırıq 1.** Reaksiyanın getmə sxemini yazmalı:

2. Alınan polimerin çıxımını (q və %-lə) hesablayın;
3. Alınan polimerin üzvi həlledicilərdə həllolma qabiliyyətini yoxlayın;
4. Alınan polimerin xarakteristik özlülüyünü və molekül kütləsini təyin edin;
5. Alınan polimerin yumşalma temperaturunu və Vikaya görə istiliyə davamlılığını təyin edin. Təcrübədən alınan nəticələr aşağıdakı cədvələ köçürülür.

Yükləmə				T <sup>0</sup> C	Reaksiyanın getmə müd. saat.	Çıxım		Alınan polimerin xarakteristikası			
mono-mer	inisiya-tor	su	pvs			q	%	mol küt-ləsi	T.y.t.	Ti.d. <sup>0</sup> c	[r]

Suspenziyada stiolun polimerləşmə sxemi aşağıdakı kimidir:



## Laboratoriya işi № 11

### Metilmetakrilatla stiolun birgəpolimerləşməsi

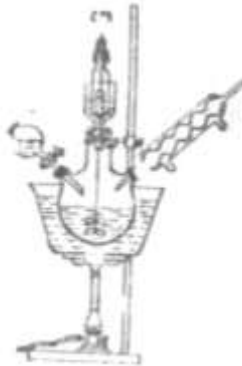
**Reaktivlər:** Təzə qovulmuş metilmetakrilat – 10 q  
təzə qovulmuş stiol – 20 q  
ammonium-persulfat – 0,45 q  
10%-li NaCl məhlulu – 100 q

**Cihazlar:** Əkssoyuducu, qarışdırıcı, damcı qıfı, həcmi 500 ml olan üçboğazlı kolba, termometr  $100^{\circ}\text{C}$  su hamamı, Bünzen kolbası ilə birlikdə Buxner qıfı.

### İşin gedişi

Üçboğazlı kolbaya 0,45 q ammonium-persulfat daxil edilərək 240 ml distillə suyunda qarışdırma-qarışdırma həll edilir (şəkil 21). Sonra məhlul  $80^{\circ}\text{C}$ -yə qədər qızdırılır və üzərinə damcı-damcı monomer qarışığı əlavə edilir. Qarışdırma

$80^{\circ}\text{C}$ -də 5 saat davam etdirilir. Sonra həmin temperaturda qarışığın üzərinə tam çökmə əldə edənə qədər 10%-li NaCl məhlulu əlavə edilir və qarışdırma davam etdirilir.



Şəkil 21.

Alınan tozşəkilli birgəpolimerli Buxner qıfında sızürlər və neytral reaksiyaya kimi bir neçə dəfə su ilə yuyub 40-50<sup>0</sup>C temperaturda qurudurlar.

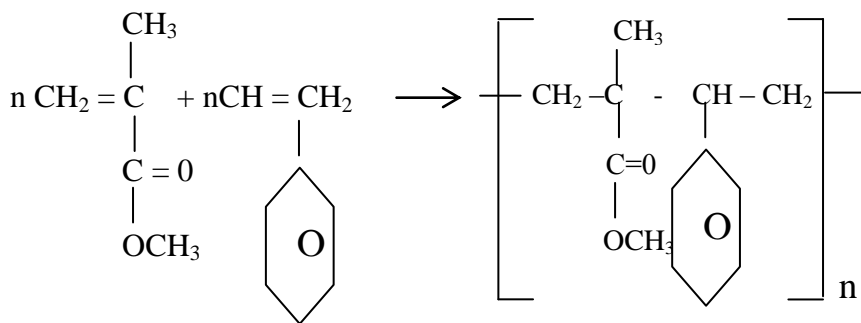
**Tapşırıq 1.** Metilmetakrilatla stiolun birgəpolimerləşməsi reaksiyasını yazın:

2. Alınan birgəpolimerin çıxımını (q və %-lə) hesablayın;
3. Birgəpolimerin üzvi həlledicilərdə həllolma qabiliyyətini yoxlayın;
4. Birgəpolimerin özlülüyünü və molekul kütləsini təyin edin.

Təcrübədən alınan nəticələr aşağıdakı cədvələ köçürülür.

Yükləmə			Çıxım		Birgəpolimerin xarakteristikası		
Stirol ST.	Metilmetakrilat MMA	Ammonium persulfat (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	q	%	η <sub>xüs</sub>	möl kütləsi	həll olma sı

Metilmetakrilatla (MMA) stiolun (ST) birgəpolimerləşməsi reaksiyasının sxemi aşağıdakı kimidir.



## Laboratoriya işi № 12

### Malein anhidridinin (MA) stirolla (ST) birgəpolimerləşməsi

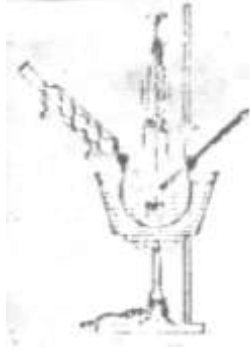
**Reaktivlər:** Təzə qovulmuş stirol – 6,5 q  
malein anhidridi – 62 q  
benzoil peroksidi – 0,25 q  
aseton – 50 q  
metil spirti – 200 ml

**Cihazlar:** Üçboğazlı kolba, əkssoyuducu, termometr mexaniki qarışdırıcı, 250 ml həcmli stəkan, Buxner qıfı, temperaturu tənzimləyən termostat.

### İşin gedişi

Soyuducu, mexaniki qarışdırıcı və termometr ilə təchiz edilmiş kolbaya (şəkil 22) göstərilən miqdarda malein anhidridi, stirol, benzoil peroksidi və 50 q aseton əlavə edib qarışdırıcını işə salırlar.

Reaksiya qarışığını su hamamında 55-60<sup>0</sup>C temperatura kimi qızdırırlar və qatı şüşəyəbənzər maddə alınana qədər həmin temperaturda qarışdırmanı davam etdirirlər. Alınan şüşəyəbənzər reaksiya məhsulunu otaq temperaturunadək soyudub, sonra içərisində metil spirti olan stəkana tökürlər. Çökdürmə zamanı reaksiya məhluluna şüşə çubuqla qarışdırma-qarışdırma çökdürücü əlavə edilir. Çökdürülmüş ağ rəngli maddəni Buxner qıfında süzüb, metil spirti ilə yuduqdan sonra vakuum quruducuda 60<sup>0</sup>C 300 mm civə sütunu təzyiqdə qurudurlar.



Şəkil 22.

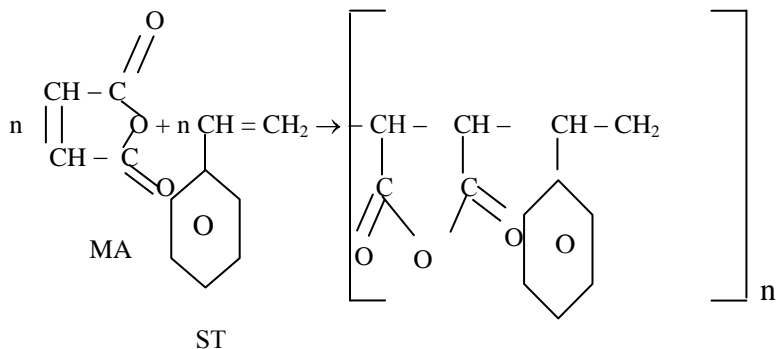
**Təpşırıq 1.** Malein anhidridi (MA) ilə strolun (ST) birgəpolimerləşmə reaksiyasını yazın:

2. Reaksiyanın çıxımını (q və %-lə) hesablayın;
3. Birgəpolimerin üzvi həlledicilərdə həllolma qabiliyyətini təyin edin;
4. Birgəpolimerin özlülüyünü və molekul kütləsini təyin edin.

Təcrübədən alınan nəticələr aşağıdakı cədvələ köçürülür

Yükləmə, q		Çıxım		Birgəpolimerin xarakteristikası		
q	möl	q	%	həllolma	$\eta_{xüs}$	mol.küt

Birgəpolimerləşmə reaksiyasının sxemi aşağıdakı kimidir.



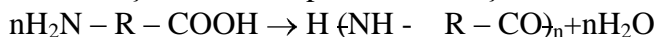
## B. Polikondensləşmə

Polimeri sintez etmək üsullarından biri də polikondensləşmədir. Burada polimerləşmə reaksiyasından fərqli olaraq polimerlə yanaşı həm də kiçikmolekullu birləşmələr ( $H_2O$ ;  $HBr$ ;  $CH_3OH$ ;  $C_2H_5OH$ ;  $NH_3$  və s.) alınır. Polikondensləşmə üçün monomer molekulları öz tərkibində funksional qruplar saxlamalıdır. Monomerlərin bu xüsusiyyətinə görə polikondensləşmənin iki növü vardır.

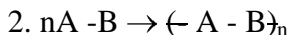
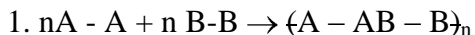
1. Polikondensləşmə iki polifunksional monomer arasında baş verir, monomerlərin hər ikisi ayrılıqda eyni funksional qrupa malikdir. Belə polikondensləşmə heteropolikondensləşmə adlanır:



2. Polikondensləşmə bir monomerin hesabına baş verir. Belə monomer özündə iki müxtəlif funksional qrup saxlayır. Belə polikondensləşmə isə homopolikondensləşmə adlanır.



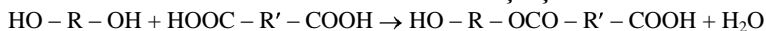
Sxematik olaraq hər iki polikondensləşməni belə göstərmək olar:



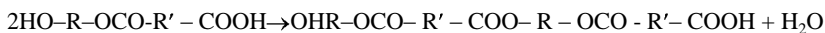
Burada A və B müxtəlif funksional qruplardır.

### 2.1.8. Polikondensləşmə reaksiyasının kinetikası

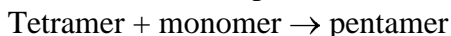
Polikondensləşmə zamanı polimerin molekul kütləsi getdikcə artır. Nümunə olaraq diollarla dikarbon turşuları arasında mürəkkəb poliefirlərin alınmasını göstərmək olar. Reaksiya birinci mərhələdə dimerin alınması ilə başa çatır.



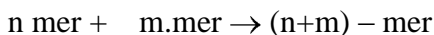
Sonra iki molekul dimerin hesabına tetramer alınır:



Tetramer və trimer də yenə, öz növbəsində, monomer və dimerlə qarşılıqlı təsirdə olur və beləliklə də molekul kütləsi artır. Ona görə də polikondensləşmə reaksiyasının sürəti aşağıdakı reaksiyaların sürətləri cəmi ilə hesablanır.



Ümumi halda belə göstərmək olar



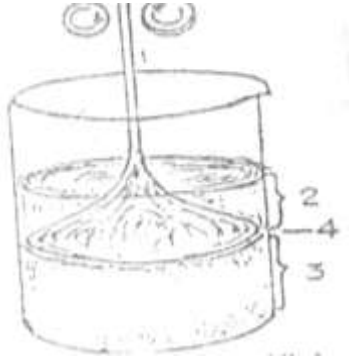
Müəyyən olunmuşdur ki, bir monomerdə yerləşən eyni funksional qruplar eyni reaksiyaya girmə qabiliyyətinə malikdirlər. Həmçinin reaksiyaya girmə qabiliyyəti molekulun ölçülərindən asılı deyildir.



### 2.1.9. Polikondensləşmə reaksiyalarının aparılma üsulları

Polikondensləşmə reaksiyaları praktiki aşağıdakı üsullarla aparılır:

1. **Ərintidə polikondensləşmə.** Belə polikondensləşmə həlledici iştirak etmədən  $200-280^{\circ}\text{C}$ -də başlanğıc monomerlərin və alınan polimerin ərimə temperaturunda davamlı olduğu hallarda aparılır. Əlavə reaksiyaların ehtimalını azaltmaq üçün reaksiya inert qaz mühitində aparılır və adətən polikondensləşmədən ayrılan əlavə maddələri kənar etmək üçün sistemdə vakuum yaradılır. Soyumuş polimer kütləsi reaktorun formasını aldığına görə onu çıxarmaq və emal etmək çətinləşir. Ona görə də polimeri ərimiş halda reaktordan lent şəklində çıxararaq xırdalayır və ondan xüsusi formalarda müxtəlif məmulatlar hazırlayırlar. Ərintidə polikondensləşmənin üstünlüyü alınan polimerin həlledicidən təmizlənməsi zərurətinin aradan çıxmasıdır. Bundan başqa, həlledici olduqda reaksiyanın sürəti azalır və tsiklləşmənin ehtimalı artır.



Şəkil 23. İki faza sərhəddində polikondensləşmə üsulu ilə poliamidin alınması:

- 1 - polimer, 2 - su fazası, 3 - üzvü faza,  
4 - faza sərhəddində alınmış polimer

2. **Fazalararası polikondensləşmə.** Belə polikondensləşmə iki bir-birinə qarışmayan faza sərhəddində aparılır. Əksər hallarda bu fazalardan biri su, digəri isə üzvi həlledici olur. Monomerlər uyğun həlledicidə həll edilir və reaksiya həmin fazaların toxunma səthində gedir. Bu zaman alınan polimer fasi-ləsiz olaraq mühitdən çıxarılır (şəkil 23). Fazaların toxunma səthində aparılan polikondensləşmədə alınan polimer mühitdən çıxarıldığına və ayrılan əlavə maddələr fazalardan birinə keçərək tutulduğuna görə reaksiya yalnız bir istiqamətdə, polikondensləşmə istiqamətində gedir.

Ona görə də fazalararası polikondensləşmə tarazlıqda olmayan prosesdir. Bunun nəticəsidir ki, fazaların ayrılma səthində aparılan polikondensləşmənin həm sürəti, həm də alınan polimerin orta molekul kütləsi yüksək olur. Fazaların ayrılma səthində polikondensləşmə başqa üsullarla sintez oluna bilməyən polimerlərin alınması üçün çox əlverişlidir. Bu üsuldən sənaye əhəmiyyətli bir çox polimerlərin alınması üçün istifadə edilir.

3. **Məhlulda və ya həlledicidə polikondensləşmə.** Belə polikondensləşmə həlledici mühitində aparılır. Bu üsuldən bir qayda olaraq, yüksək ərimə temperaturu (300-400<sup>0</sup>C) olan termiki davamlı polimerin sintezi üçün istifadə edilir. Məhlulda polikondensləşmənin üstün cəhəti reaksiyanı aşağı temperaturda aparmağın mümkün olmasıdır. Bundan əlavə, bir çox hallarda müvafiq həlledici seçməklə reaksiyanın sürətini və alınan polimerin orta molekul kütləsini tənzimləmək olar.

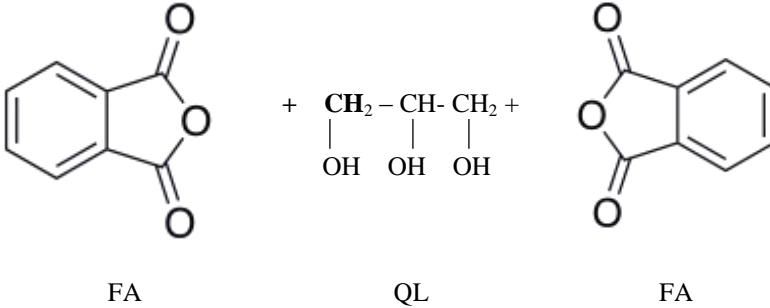
Məhlulda polikondensləşmə, polimerin məhlul şəklində istifadə edildiyi (laklar, boyaqlar, örtüklər) istehsal sahələri üçün də faydalıdır.

4. **Bərk fazada polikondensləşmə.** Belə polikondensləşmə bir çox cəhətlərinə görə bərk fazada aparılan polimerləşməyə oxşayır və monomerin ərimə temperaturuna yaxın temperaturlarda aparılır. Bu üsulun perspektivliyi variantlarından biri psevdomayə təbəqədə polikondensləşmədir. Bu halda narın dispers bərk monomer və ya oliqomer qızdırılmış inert qazla təmasda olur. Polikondensləşmənin bu aparılma üsulu əridildikdə parçalanan monomerlərdən polimerlərin alınması üçün əlverişlidir.

## Laboratoriya işi № 13

### Ftal anhidridinin qliserinlə polikondensləşməsi

Polikondensləşmə reaksiyası aşağıdakı sxem üzrə gedir:



Reaksiya qarışığını  $250^{\circ}\text{C}$ -dən yüksək temperaturda nisbətən az aktiv olan ikili hidrosil qrupu da reaksiyaya girir və nəticədə “tikilmiş” məhsul alınır.

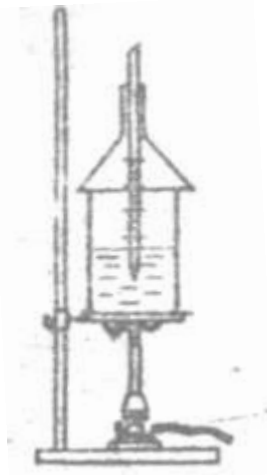
Bununla yanaşı aralıq (makromolekullar arasında) kimyəvi əlaqələr, hidrosil qrupların kondensləşməsi nəticəsində alına bilər ki, bu zaman sadə efir əlaqəsi yaranır.

**Reaktivlər:** Ftal anhidridi – 27,7 q  
Qliserin – 11,5 q  
Aseton –

**Cihazlar:** çini stəkan, asbest tor, şüşə çubuq, dəmir lövhə, sınaq şüşəsi.

## İşin gedişi

Çini stəkana göstərilən miqdarda qliserin və ftal anhidridi əlavə edilir. Stəkandakı qarışığı asbest tor üzərində qaz lampası alovunda (şəkil 24) sürətlə qarışdırmaqla  $180^{\circ}\text{C}$ -yə qədər qızdırırlar (termometri qarışığın içərisinə salırlar). Qızdırılmanı davam etdirdikcə qarışıq tədricən bircinsli kütlə halına keçir. 1,5-2 saat qızdırdıqdan sonra reaksiya məhlulu qatı kristallaşmayan maddə halını, soyutduqda isə özlü halını alır 4-5 saatdan sonra şirəyəbənzər maye bərk polimerə çevrilir. Reaksiyanın sonu aşağıdakı kimi təyin edilir.



Şəkil 24.

Reaksiya qarışığını üç saat müddətində qızdırdıqdan sonra hər 10-15 dəq.-dən bir şüşə çubuq vasitəsilə stəkandan nümunə götürülüb sınaq şüşəsində asetonda həll edilir. Nümunənin asetonda ilk həll olunduğu müşahidə olunan kimi, qızdırmanı dayandırır qarışığı isti halda dəmir lövhələr üzərinə tökürlər. Soyuduqdan sonra rəngsiz, şəffaf bərk şüşəvarı maddə

alınır. 220<sup>0</sup>C-yə qədər qızdırdıqda məhsul dərhal əvvəlcə rezinə oxşar, sonra isə möhkəm həll olunmuş maddəyə çevrilir.

**Tapşırıq 1.** Alınan polimerin həll olunmasını yoxlayın:

2. Alınan polimerin ərimə temperaturunu və molekul kütləsini təyin etməli;

3. Alınan polimerin çıxımını (q və %-lə) hesablayın.

Təcrübədən alınan nəticələr aşağıdakı cədvələ köçürülür

Yükləmə, q		Reaksiyanın getmə müddəti, dəq.	Alınan qatranın çıxımı		Qatranın xarakteristikası	
ftal anhidridi	qliserin		q	%	T <sub>ər</sub>	mol. kütləsi

### 2.1.10. Polimeranaloji çevrilmələr

Məlum polimerlərdən yeni polimerlər almaq üçün onların kimyəvi çevrilmələrini aparırlar. Bu yolla da zəncirə müxtəlif funksional qruplar daxil edirlər. Belə reaksiyalara sellülozanın sadə və mürəkkəb efirlərinin alınmasını, polivinilasetatın hidrolizini, polietilenin xlorlaşmasını, doymamış mürəkkəb poliefirlərin tikilməsini, polisiloksanların reaksiyalarını və s. göstərmək olar. Bunlardan əlavə bu yolla blok və calaq birgəpolimerlər alınır.

Polimerlərdə kimyəvi reaksiyalar iki cür olur:

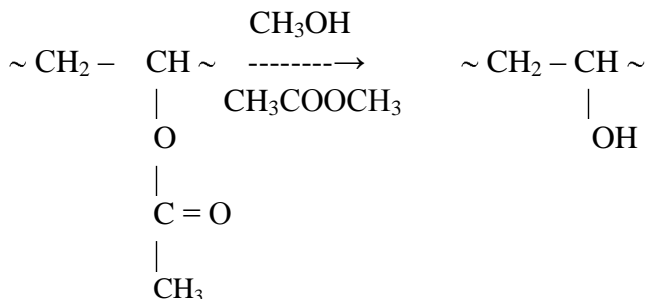
1. Polimerləşmə dərəcəsinin dəyişməməsi ilə gedən kimyəvi reaksiyalar. Belə reaksiyalara *polimeranaloji çevrilmələr* deyilir.

2. Polimerləşmə dərəcəsinin dəyişməsi ilə gedən kimyəvi çevrilmələr. Belə reaksiyalara *makromolekulyar reaksiyalar* deyilir. Makromolekulyar reaksiyalar da, öz növbəsində, iki yerə bölünür:

a) Polimerləşmə dərəcəsinin artması ilə baş verən reaksiyalar. Belə reaksiyalara *tikilmə reaksiyaları* deyilir.

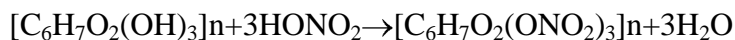
b) Polimerləşmə dərəcəsinin azalması ilə baş verən reaksiyalar. Belə reaksiyalara *destiruksiya reaksiyaları* adlanır.

Polivinil spirtini monomerdən almaq mümkün olmur. Ona görə də onu polivinilasetatın metanol və ya etanolla alkoqolizindən alırlar.

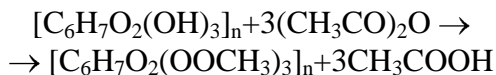


Polivinil spirti qiymətli polimerdir.

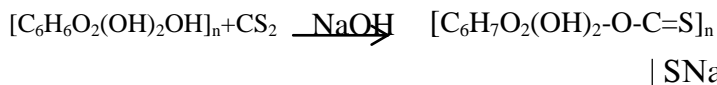
Sellülozaya turşularla, onların anhidridləri və xloranhidridləri ilə təsir etməklə sellülozanın mürəkkəb efiirləri alınır ki, onlardan da müxtəlif sahələrdə geniş istifadə olunur.



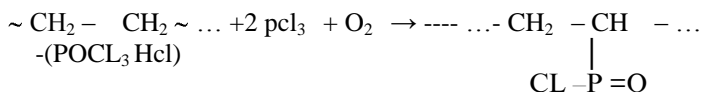
Trinitrosellülozadan əsasən kinolentlərin alınmasında istifadə edilir.



Alınan triasetilsellülozadan asetat liflərinin alınmasında istifadə edilir.



Alınan törəmədən viskoz liflərinin alınmasında istifadə olunur. Polimerlərdə kimyəvi çevrilmə zamanı onların xassələri dəyişir. Polietilenin fosfoxlorlaşması zamanı nəinki kimyəvi aktivliyi, həmçinin onun davamlılığı da artır.



## Laboratoriya işi № 14

### Sellülozanın sirkə turşusu iştirakı ilə asetilləşdirilməsi

**Reaktivlər:** Sellüloz (nəmliyi 3-5%) – 3 q

Sirkə turşusu – 35-40 q

Sirkə anhidridi – 12 q

Sulfat turşusu (xüsusi kütləsi 1,84) – 0,8 q

**Cihazlar:** Qalındıvarlı qab, termometr, kristallizator, Buxner qıfı, saat şüşəsi

### İşin gedişi

Termometr ilə təchiz olunmuş qalındıvarlı, ağzı bağlı qaba (şəkil 24) 3 q sellüloz yerləşdirirlər. Termometr qabın dibinə toxunmamalıdır. Sellülozu 3-4<sup>0</sup>C-yə qədər soyudulmuş asetilləşdirici qarışıq ilə emal edirlər. Qarışıqın tərkibi 1 k/h sellüloz, 4 k.h sirkə anhidridi, 4 k.h sirkə turşusu, 0,1 k.h sulfat turşusu.



Şəkil 24.

Asetilləşmə rejimi: 3-4<sup>0</sup> C -30 dəq  
4-8<sup>0</sup> C -30 dəq  
8-12<sup>0</sup> C -30 dəq  
12-20<sup>0</sup> C -30 dəq  
20-25<sup>0</sup> C -30 dəq

Axırıncı rejimdə asetilləşmə lifin tam həll olunmasına qədər davam etdirilir.

Reaksiya qarışığı periodik olaraq qarışdırılır. Asetilləşmə bitdikdən sonra reaksiya kütləsi 25-30 ml buzlu sirkə turşusu ilə durulaşdırılır. Asetilsellülozanı çökdürmək üçün reaksiya qarışığını buzlu suya tökürlər (qarışdırmaqla). Çökdürülmüş asetilsellülozu neytral reaksiyaya qədər ilıq (40-50<sup>0</sup>C) su ilə yuyurlar (metiloranjla yoxlamaq) və termoşkafda 80-90<sup>0</sup>C-də sabit çəkiyə kimi qurudurlar.

Tapşırıq 1. Asetilləşmə reaksiyasını yazmalı.

2. Sellüloz və sirkə turşusunda suyu nəzərə almaqla asetilləşdirici qarışığın tərkibini hesablamalı



3. Reaksiya qarışığında  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ :  $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3$ -un mol nisbətini hesablamalı.

4. Alınan maddənin çıxımını hesablamalı (q və ya %)

5. Alınan məhsulun tərkibini və hidroksil qruplarının asetatla əvəzetmə dərəcəsini təyin etməli.

6. Alınan maddənin üzvi həlledicilərdə həll olmasını yoxlamalı.

Təcrübədən alınan nəticələr aşağıdakı cədvələ köçürülür

Yükləmə, q			Çıxım		$\text{CH}_3\text{COO}$ qrupunun %-lə miqdarı	Əvəzetmə dərəcəsi
Sellüloz	Sirkə turşusu (qatı)	Sirkə anhidridi	q	%		

## Laboratoriya işi № 15

### Polivinilasetatın qələvi mühitində sabunlaşması

**Reaktivlər:** Polivinilasetat NaOH – 15q

Spirt (etil və ya metil) – 83 ml

KOH-ın və ya NaOH-in spirtdə məhlulu 100 ml Sp 9 q

**Cihazlar:** ikiboğazlı kolba, qarışdırıcı, əkssoyuducu, Buxner qıfı, kolba ilə birlikdə, damcı qıfı, Petr şüşəsi və ya saat şüşəsi.

### İşin gedişi

Qarışdırıcı, əkssoyuducu ilə təchiz olunmuş ikiboğazlı kolbaya qələvinin spirtdə məhlulu yerləşdirilir. Sonra otaq temperaturunda damcı qıfından polivinilasetatın spirtə məhlulu damcı-damcı axıdılır (mexaniki-qarışdırıcı işləyə-işləyə). Sabunlaşma getdikcə polivinil spirti məhlula çökür (şəkil 25). Reaksiya 2-3 saat ərzində başa çatır. Polivinil spirtinin çöküntüsü süzülür, neytral reaksiya alınana qədər spirtlə yuyulur (lakmusla yoxlamalı), əvvəlcə açıq havada, sonra 50-55<sup>0</sup>C-də sabit çəkiyə qədər termostatda qurudulur.



Şəkil 25.

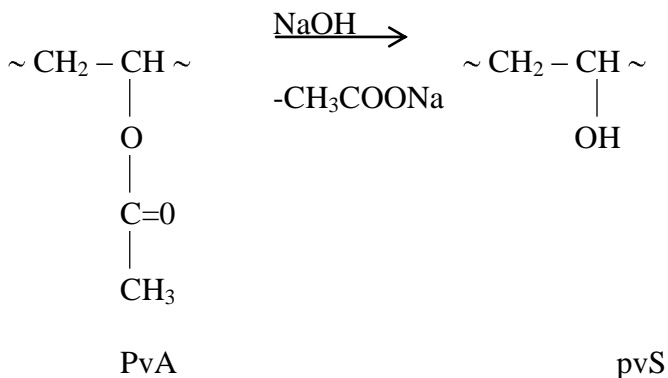
**Tapşırıq 1.** Götürülən maddələrin və polivinilspirtinin (pVS) xarakteristikasını verməli:

1. Polivinilasetatın (pVA) sabunlaşma reaksiyasının sxemini yazmalı;
2. Alınan məhsulun çıxımını (q və %-lə) hesablamalı;
3. Sabunlaşma məhsulunda hidröksil (x) və asetat (y) qruplarının miqdarını təyin etməli;
4. Alınan məhsulun həllolmasını yoxlamalı.

Təcrübədən alınan nəticələr aşağıdakı cədvələ köçürülür

Yükləmə		Reaksiya-nın getmə müddəti, saat	Alınan məhsulun çıxımı		x, %	y, %
pVA	KOH və ya NaOH spirtə məhlulu		q	%		

Polinilasetatın gələvi mühitində sabunlaşması reaksiyasının sxemi belədir:



## İstifadə olunmuş ədəbiyyatlar

1. Əkbərov O.N., Əzizov A.Ə. – YMB-in kimyası. Bakı, 1997.
2. Şahmalıyev Ə.M., Bilalov Y.M., Naibova T.M. «Yüksəkmolekullu birləşmələrin kimyası və fizikasının əsasları». Maarif. Bakı, 1998.
3. Ləzgiyev N.Y., Göyüşov R.C. «Polimer kimyası». Bakı, 2005.
4. Шур А.М. «Высокомолекулярные соединения». М. 1981
5. Оудиан Дж. «Основы химии полимеров». Изд. Мир, 1974
6. Тагер А.А. «Физика – химия полимеров». Изд. Химия, 1958
7. Торопцева А.М. и др. Лабораторный практикум по химии и технологии ВМС. Изд. Химия, 1972
8. Bilalov Y.M., Məmmədov F.B., Tağiyeva F.M., Ağakışiyeva M.Ə., Naibova T.M. «Yüksəkmolekullu birləşmələrin fizikası və kimyası və plastik kütlələrin texnologiyası» fənlərindən laboratoriya işlərinə rəhbərlik. Bakı, 1984
9. Ləzgiyev N.Y., Hüseynov R.İ. «Plastik kütlə, kauçuk və rezin» Gəncə, 2001
10. Şixəliyev K.S. «Rezin texnologiyası». Bakı, 1979
11. Роговин З.А. «Основы химии и технологии химических волокон» I и II том М., 1965

# M Ü N D Ə R İ C A T

<b>Giriş.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Polimerlər haqqında ümumi məlumat.....</b>	<b>4</b>
1.1. Polimerlərin təsnifatı.....	4
1.2. Polimerlərin növü, tərkibi və quruluşu.....	10
1.3. Polimerlərin alınma mexanizmi.....	15
1.4. Polimerlərin adlandırılması.....	17
1.5. Polimerlərin fiziki xassələri.....	20
1.6. Polimerlərin faza halları.....	21
1.7. Polimerlər məhlulları.....	26
1.8. Polimerlərin mexaniki xassələri.....	29
1.9. Polimerlərin orta molekul kütləsi.....	30
Laboratoriya işi №1. Tozvari maddələrin xüsusi çəkisinin təyini.....	41
Laboratoriya işi №2. Kapilyarda ərimə temperaturunun təyini.....	43
Laboratoriya işi №3. Polimerlərin həll olması.....	45
Laboratoriya işi №4. Polimerlərin şişməsinin təyini.....	47
Laboratoriya işi №5. Polimerlərin molekul kütləsinin təyini.....	49
Laboratoriya işi №6. Polimerlərin polidispersliyinin təyini.....	53
Laboratoriya işi №7. Qatranlarda suyun miqdarının təyini.....	55
<b>2. Plastik kütlələrin kimyəvi texnologiyası.....</b>	<b>57</b>
2.1. Radikal polimerləşmə.....	58
2.1.1. Radikalların alınma üsulləri.....	58
2.1.2. Radikal polimerləşmənin kinetikasi.....	61
2.1.3. Birgəpolimerləşmə. Birgəpolimerləşmə tənliyi....	68
2.1.4. Birgəpolimerləşmə sabitləri.....	70
2.1.5. Birgəpolimerləşmə tənliyindən istifadə.....	71

2.1.6. Birgəpolimerləşmənin növləri.....	73
2.1.7. Polimerləşmə reaksiyalarının aparılma üsulları...	74
Laboratoriya işi №8. Stiolun təmizlənməsi və blokda polimerləşməsi.....	75
Laboratoriya işi №9. Metilmetakrilatın kütlədə polimerləşməsi.....	77
Laboratoriya işi №10. Stiolun suspenziyada polimerləşməsi.....	80
Laboratoriya işi №11. Metilmetakrilatla stiolun birgəpolimerləşməsi.....	83
Laboratoriya işi №12. Malein anhidridinin stiolla birgəpolimerləşməsi.....	85
2.1.8. Polikondensləşmə. Polikondensləşmə reaksiyaların kinetikası.....	88
2.1.9. Polikondensləşmə reaksiyalarının aparılma üsulları.....	89
Laboratoriya işi №13. Ftal anhidridinin qliserinlə polikondensləşməsi.....	91
2.1.10. Polimeranaloji çevrilmələr.....	93
Laboratoriya işi №14. Sellülozanın sirkə turşusu ilə asetilləşdirilməsi.....	95
Laboratoriya işi №15. Polivinilasetatın qələvi mühitində sabunlaşması.....	97
<b>İstifadə olunmuş ədəbiyyatlar.....</b>	<b>99</b>
<b>Mündəricat.....</b>	<b>100</b>

<b>Nəşriyyatın müdiri</b>	<i>Kamil Hüseynov</i>
<b>Baş redaktor</b>	<i>İsmət Səfərov</i>
<b>Redaktor</b>	<i>İsabə Hüseynova</i>
<b>Korrektor</b>	<i>Südabə Manafova</i>
<b>Kompyuter operatoru</b>	<i>Təranə Baxşəliyeva</i>
<b>Dizayner</b>	<i>Vüsalə Axundova</i>

**k.e.n., dos. Ləzgiyev N.Y.**

**Polimer kimyasından praktikum**

-----  
*Dərs vəsaiti*

*Çapa imzalanıb 24. 07. 2012. Kağız formatı 60x84 1/16.  
Həcmi 6,4 ç.v. Sifariş 212. Sayı 500.*

-----  
*" İqtisad Universiteti " Nəşriyyatı.  
AZ 1001, Bakı, İstiqlaliyyət küçəsi, 6*

---