

# NOMENKLATURA I TERMINOLOGIJA iz područja polimera i polimernih materijala, V.1

## DEFINICIJE OSNOVNIH POJMOVA KOJI SE ODOSE NA POLIMERNE KAPLJEVITE KRISTALE

Preporuke IUPAC 2001.  
Preporuke HDKI i HKD 2005.

Preveli

RADIVOJE VUKOVIĆ  
GROZANA BOGDANIĆ  
ANA ERCEG KUZMIĆ

Recenzenti

DRAFUTIN FLEŠ  
IVAN ŠMIT

## SADRŽAJ

1. Uvod . . . . .	13
2. Opće definicije . . . . .	14
3. Kapljeviti kristalni polimeri . . . . .	18
4. Literatura . . . . .	21
5. Abecedno kazalo pojmova . . . . .	21

**Međunarodna unija za čistu i primijenjenu kemiju**  
**Sekcija za makromolekule**  
**Povjerenstvo za nomenklaturu makromolekula\***

## Definicije osnovnih pojmova koji se odnose na polimerne kapljevite kristale\*\*

Preporuke IUPAC 2001.

Preporuke HDKI i KD 2005.

Priredili:

M. Barón and R. F. T. Stepto<sup>+</sup>

*Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Belgrano, Buenos Aires, Argentina*

<sup>+</sup> *Manchester Materials Science Centre, University of Manchester and UMIST, Manchester, UK*

Preveli:

R. Vuković, G. Bogdanić i A. Erceg Kuzmić  
 INA – Industrija nafte d.d., Sektor istraživanja i razvoja  
 Lovinčićeva b.b., p.p. 555, 10 000 Zagreb

**Sažetak:** U dokumentu su definirani osnovni pojmovi koji se odnose na kapljevita kristalna i mezomorfna stanja tvari, a zatim i pojmovi specifični za klasifikaciju kapljevutih kristalnih polimera. Preporuka je ograničena na najčešće rabljene pojmove pri opisanju kapljevutih kristalnih polimera.

Pojmovi su odabrani iz nedavno objavljenog opširnog dokumenta "Definicije osnovnih pojmova koji se odnose na niskomolekulske kapljevite kristale i kapljevite kristalne polimere" ["Definitions of basic terms relating to low-molar-

*mass and polymer liquid crystals", Pure and Applied Chemistry* **73** (5), (2001) 845–895], s ciljem da se načini jednostavan vodič za čitatelje koji se bave strukturom kapljevutih kristalnih polimera. Za nazivlje koje se odnosi na tipove mezofaza, optička i fizikalna svojstva kapljevutih kristalnih materijala treba upotrebljavati opširni dokument.

## 1. UVOD

Ovim dokumentom definirani su osnovni pojmovi koji se primjenjuju u području kapljevutih kristalnih polimera.

Preporuke se odnose na nazivlje povezano sa strukturom kapljevutih kristalnih polimera. Definirani su opći pojmovi koji se odnose na kapljevito-kristalna i mezomorfna stanja, a zatim i pojmovi specifični za podjelu kapljevutih kristalnih polimera.

Zbog naglog razvoja ovog područja, dokument je ograničen na najčešće rabljene pojmove.<sup>1-39</sup>

Definicije pojmova koje se pojavljuju u opaskama uz glavne definicije, označene su debljim pismom.

Pojmovi su odabrani iz nedavno objavljenog opširnijeg dokumenta<sup>40</sup> "Definicije osnovnih pojmova koji se odnose na niskomolekulske kapljevite kristale i kapljevite kristalne polimere" ["Definitions of basic terms relating to low-molar-mass and polymer liquid crystals", *Pure and Applied Chemistry*, **73** (5), 845-895 (2001)], s namjerom da se načini jednostavan vodič za čitatelja zainteresiranog za opisanje strukture kapljevutih kristalnih polimera. Opširniji dokument treba upotrebljavati za nazivlje koje se odnosi na mezofaze, optičku teksturu i fizikalne karakteristike kapljevutih kristala. Poglavlje 2 ovog vodiča u osnovi odgovara poglavlju 2 te poglavlja 3 do 6 opširnog dokumenta.

Unutar svakog poglavlja ovog dokumenta pojmovi su numerirani. Kad se numeracija navedenog pojma u skraćenoj verziji razlikuje od numeracije u opširnom dokumentu, numeracija pojma u opširnom dokumentu prikazana je u uglatim zagradama; npr. **2.7 [2.10] mezogena skupina** pokazuje da pojam pod brojem 2.7 u ovom dokumentu odgovara pojmu opširnog dokumenta pod brojem 2.10.

\* Ovaj dokument izradila je sljedeća radna skupina:

C. Noël (Francuska); V. P. Shibaev (Rusija); M. Barón (Argentina); M. Hess (Njemačka); A. D. Jenkins (Velika Britanija); J. Il. Jin (Koreja); A. Sirigu (Italija); R. R. T. Stepto (Velika Britanija); i W. J. Work (SAD); u izradi su sudjelovali: G. R. Luckhurst (Velika Britanija); S. Chandrashekar (Indija); D. Demus (Njemačka); J. W. Goodby (Velika Britanija); G. W. Gray (Velika Britanija); S. T. Lagerwall (Švedska); O. D. Lavrentovich (SAD); M. Schadt (Švicarska), Međunarodna udruga za kapljevite kristale.

Članovi Komisije koji su sudjelovali u pripremi ovog dokumenta (1987.–1997.):

**Naslovni članovi:** G. Allegra (Italija, do 1990.); R. E. Bareiss (Njemačka, do 1994.); M. Barón (Argentina, državni predstavnik od 1988., pridruženi član od 1992., naslovni član od 1996.); N. M.: Bikales (SAD, tajnik do 1988.); K. Hatada (Japan, pridruženi član od 1988., naslovni član od 1990.); J. Kahovec (Češka, pridruženi član od 1988., naslovni član od 1992.); P. Kratochvíl (Češka, predsjednik sekcije do 1992.); E. Maréchal (Francuska, pridruženi član

od 1992.; naslovni član od 1994.); W. V. Metanomski (SAD, pridruženi član od 1988., naslovni član od 1992.); I. Mita (Japan, do 1990., pridruženi član do 1992.); C. Noël (Francuska, do 1994.); I. M. Papisov (SSSR, do 1988., pridruženi član do 1992.); V. P. Shibaev (Rusija, 1996., pridruženi član od 1996.); R. F. T. Stepto (Velika Britanija, pridruženi član od 1988., naslovni član od 1990., predsjednik sekcije 1992.); U. W. Suter (Švicarska, do 1992., pridruženi član od 1992.); W. J. Work (SAD, pridruženi član od 1986., tajnik od 1988.).

**Pridruženi članovi koji su sudjelovali u pripremi dokumenta:** J. V. Alemán (Španjolska, 1996.); A. D. Jenkins (Velika Britanija, pridruženi član do 1988.); M. Hess (Njemačka, od 1996.), J.–II. Jin (Koreja, državni predstavnik od 1992., pridruženi član od 1994.), K. Matyjaszewski (SAD, 1992.–1996.); S. Penezek (Poljska, od 1994.); S. Tripathy (SAD, do 1992.); L. Shi (Kina, 1988.–1996.).

\*\* Definitions of Basic Terms Relating to Polymer Liquid Crystals, *Pure Appl. Chem.*, Vol. 74, No. 3, pp. 493–509.

## 2. OPĆE DEFINICIJE

### 2.1 Mezomorfno stanje

*Mesomorphic state*

**Mezomorfasto stanje**

*Mesomorphous state*

Stanje u kojem je stupanj molekulske sredenosti između idealne trodimenzijske sredenosti, pozicijske i orijentacijske sredenosti dugog dosegakakvu nalazimo kod krutih kristala i molekulske nesredenosti svojstvene izotropnim kapljevina, plinovima i amorfnim krutinama.

Opaske:

1. Iako pojam “mezomorfno stanje” ima znatno općenitije značenje nego “kapljevito kristalno stanje” (vidi definiciju 2.2), ti se nazivi često rabe kao sinonimi.
2. Pojam se upotrebljava pri opisivanju orijentacijski nesredenih kristala, kristala s nasumičnim konformacijama molekula (tj. konformacijski nesredenih kristala) te plastičnih i kapljevitih kristala (vidi definiciju 2.3).
3. Spoj koji može postojati u mezomorfnom stanju obično se naziva **mezomorfni spoj** (vidi definiciju 2.8 [2.11]).
4. Staklasta tvar u mezomorfnom stanju naziva se **mezomorfno staklo**, a nastaje npr. naglim hlađenjem ili umreženjem.

### 2.2 Kapljevito kristalno stanje

*Liquid-crystal state*

**Kapljevito kristalno stanje**

*Liquid-crystalline state*

Preporučena kratica: **LC-stanje (LC state)**

Mezomorfno stanje orijentacijske sredenosti dugog dosegate djelomične pozicijske sredenosti, odnosno potpune pozicijske nesredenosti.

Opaske:

3. U LC-stanju tvar pokazuje svojstva kapljevine (npr. tečnost, sposobnost oblikovanja kapi), kao i krutog kristala (npr. anizotropiju nekih fizikalnih svojstava).
4. LC-stanje pojavljuje se između krutog kristalinskog i izotropnog kapljevitog stanja pri određenim promjenama, npr. temperature.

#### 2.2.1 Kapljevita kristalna faza

*Liquid-crystalline phase*

Preporučena kratica: **LC-faza (LC phase)**

Faza koja se pojavljuje u određenom temperaturnom području unutar LC-stanja.

### 2.3 Kapljeviti kristal

*Liquid crystal*

Preporučena kratica: **LC**

Tvar u LC-stanju

Opaska:

Za nastajanje kapljevitih kristala potrebna je izrazita anizotropija oblika i interakcija molekula ili molekulekulskih nakupina.

### 2.4 Mezofaza

*Mesophase*

Faza koja se pojavljuje u mezomorfnom stanju u određenom području temperature, tlaka ili koncentracije.

#### 2.4.1 Enantiotropna mezofaza

*Enantiotropic mesophase*

Mezofaza termodinamički stabilna unutar određenog područja temperature ili tlaka.

Opaska:

Područje termičke stabilnosti enantiotropne mezofaze ograničeno je talištem i bistištem LC-spoja (vidi definiciju 2.6) ili bilo koja dva uzastopna mezofazna prijelaza.

#### 2.4.2 Termotropna mezofaza

*Thermotropic mesophase*

Mezofaza koja nastaje zagrijavanjem krutine ili hlađenjem izotropne kapljevine, odnosno zagrijavanjem ili hlađenjem termodinamički stabilne mezofaze.

Opaske:

1. Pridjev “termotropno” opisuje promjenu faze promjenom temperature. Pojam “termotropno” također se može rabiti za opis tipa mezofaze (npr. termotropna nematička mezofaza).
2. Do sličnih promjena može doći i promjenom tlaka. Takva se mezofaza naziva **barotropna mezofaza**.

#### 2.4.3 Liotropna mezofaza

*Lyotropic mesophase*

Mezofaza koja nastaje otapanjem amfifilnog mezogena u pogodnom otapalu pri odgovarajućim uvjetima koncentracije, temperature i tlaka.

Opaske:

1. Bitna karakteristika liotropnih kapljevitih kristala je stvaranje molekulskih nakupina ili micela kao posljedica specifičnih interakcija molekula amfifilnih mezogena i molekula otapala.

2. Amfifilni mezogen – vidi definiciju 2.8.1 [2.11].

3. Mezomorfni karakter liotropne mezofaze potječe od povećanog stupnja sredenosti otapalom induciranih micela. Može se smatrati da su takve mezofaze posljedica sredenosti unutar višemolekulskih domena, a ne strukturne sredenosti pojedinih molekula (kao u neamfifilnoj ili termotropnoj mezofazi).

#### 2.4.4 Amfitropni spoj *Amphitropic compound*

Spoj koji se može očitovati u obliku i termotropnih i liotropnih mezofaza.

*Opaska:*

Primjeri su negranati kalijevi alkanoti, lecitin, neki poliizocijanati, derivati celuloze s dugim bočnim lancima, kao što je (2-hidroksipropil)celuloza te cijanobifenilni derivati alkil-(tri)etilamonijeva bromida.

#### 2.4.5 Monotropna mezofaza *Monotropic mesophase*

Metastabilna mezofaza koja može nastati pothlađivanjem izotropne kapljevine ili enantiotropne mezofaze na temperaturu nižu od tališta kristala pri određenom tlaku.

### 2.5 Temperatura prijelaza *Transition temperature*

**Preporučena oznaka:**  $T_{XY}$

**jedinica SI:** K

Temperatura pri kojoj dolazi do prijelaza mezofaze X u mezofazu Y.

*Opaska:*

Mezofaza X treba biti stabilna pri nižoj temperaturi od faze Y. Na primjer, nematičku-izotropnu temperaturu prijelaza treba označiti s  $T_{NI}$ .

### 2.6 Bistrište *Clearing point* Temperatura bistrenja *Clearing temperature* Temperatura izotropizacije *Isotropisation temperature*

**Preporučena oznaka:**  $T_d$  ili  $T_i$

**jedinica SI:** K

Temperatura pri kojoj dolazi do prijelaza mezofaze s najvišim temperaturnim područjem u izotropnu fazu.

*Opaska:*

Pojam se rabi samo kad nije poznat karakter mezofaze koja prethodi izotropnoj fazi.

### 2.7 Mezogena skupina *Mesogenic group* Mezogena jedinica *Mesogenic unit* Mezogeni dio *Mesogenic moiety*

Dio molekule ili makromolekule koji ima dovoljnu anizotropiju izraženu kroz privlačne i odbojne sile da pridonosi stvaranju LC-mezofaze kod niskomolekulskih i polimernih tvari.

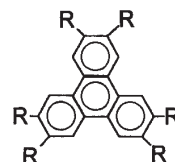
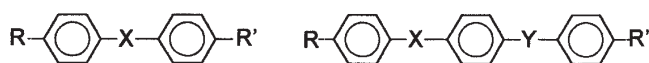
*Opaske:*

1. "Mezogeni" je pridjev koji se u ovom dokumentu odnosi na dijelove molekule koji zbog svojih strukturnih karakteristika omogućuju nastajanje LC-faza u datom sustavu.

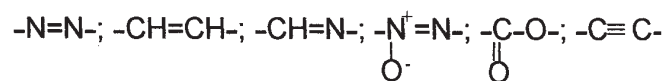
2. Mezogene skupine mogu biti dio kako niskomolekulskih tako i polimernih spojeva.

3. Većina se mezogenih skupina sastoji od krutih molekularnih struktura oblika štapića ili diska.

Primjeri mezogenih skupina



gdje su X i Y kovalentne vezujuće jedinice kao što su:



### 2.8 [2.11] Mezogen *Mesogen* Mezogeni spoj *Mesogenic compound* Mezomorfni spoj *Mesomorphic compound*

Spoj koji pri povoljnim uvjetima temperature, tlaka i koncentracije može postojati kao mezofaza ili osobito kao LC-faza.

*Opaske:*

1. Kad je tip mezofaze poznat, može se rabiti preciznija terminologija, kao npr. **nematogen, smektogen i kiralni nematogen.**

2. U slučaju nastajanja više tipova mezofaza, moguće je primijeniti više termina za isti spoj pa se u tom slučaju treba rabiti opći naziv mezogen.

### 2.8.1 [2.11.1] Amfifilni mezogen *Amphiphilic mesogen*

Mezogen čije su molekule građene od dva dijela suprotnog karaktera, kao što su hidrofilni i hidrofobni ili lipofobni i lipofilni.

Opaske:

1. Primjeri amfifilnih mezogena su sapuni, detergentski i neki blok-kopolimeri.

2. Pri pogodnim uvjetima temperature i koncentracije, slični dijelovi amfifilnih molekula se grupiraju tvoreći naku-pine ili micelle (vidi definiciju 2.4.3).

### 2.8.2 [2.11.2] Neamfifilni mezogen *Nonamphiphilic mesogen*

Mezogen koji nije amfifilnog tipa.

Opaske:

1. Svojevremeno se smatralo da mezofazu mogu tvoriti samo neamfifilne izdužene štapičaste molekule. Međutim, potvrđeno je da molekule drugih vrsta i oblika, npr. molekule oblika diska i banane, mogu također stvarati mezogene (vidi ref. 6).

2. Tipovi neamfifilnih mezogena definirani su u: 2.8.2.1 – 2.8.2.10 [2.11.2.1 – 2.11.2.10].

#### 2.8.2.1 [2.11.2.1] Kalamitni mezogen *Calamitic mesogen*

Mezogen sastavljen od štapičastih ili letvastih molekula.

Opaska:

Primjeri:

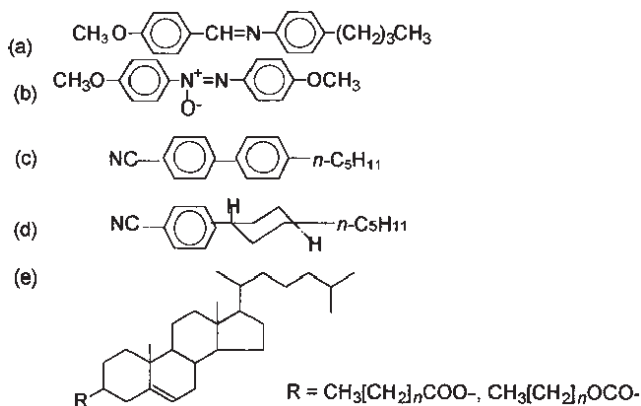
4-butil-*N*-(4-metoksibenzidilen)anilin (BMBA) (a)

4,4'-dimetoksiazoksibenzen (b)

4-cijano-4'-pentilbifenil (c)

4-(*trans*-4-pentilcikloheksil)benzoni-tril (d)

kolesterol i esteri kolest-5-en-3-karboksilne kiseline (e)

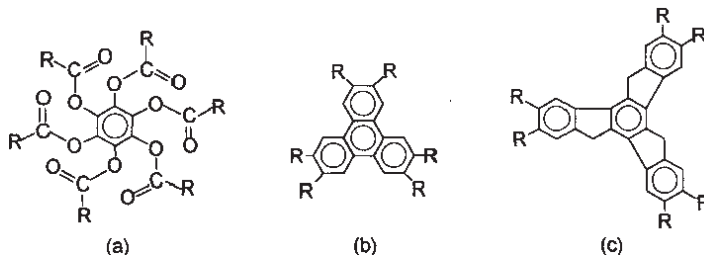


#### 2.8.2.2 [2.11.2.2] Diskotički mezogen *Discotic mesogen* Diskasti mezogen *Discoid mesogen*

Mezogen koji je sastavljen od relativno ravnih molekula, oblika diska ili ploče.

Opaske:

1. Primjeri su: heksa(alkanoiloksi)benzeni (a), heksa(alkanoiloksi)- i heksa-alkoksitri-fenileni (b), 5*H*,10*H*,15*H*-diinden[1,2-*a*:1',2'-*c*]-derivati fluorena (c).



Primjeri odgovarajućih supstituenata su:

R = alkil, alkoksi, alkanoil, (*n*-alkilbenzoil)oksi

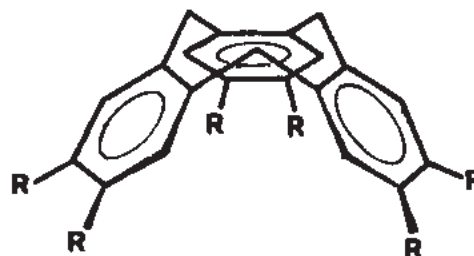
2. Za opis nematičkih mezofaza nastalih od mezogena oblika diska također se rabi pridjev "diskasti". Mezofaze nastale slaganjem diskastih molekula u kolone opisane su kao mezofaze oblika kolone. Pojmovi odgovaraju definicijama 3.2 opširnog dokumenta [40].

#### 2.8.2.3 [2.12.2.3] Piramidni mezogen *Pyramidic mesogen* Stožasti ili mezogen oblika stošca *Conical or cone-shape mesogene* Kuglasti mezogen *Bowlic mesogen*

Mezogen sastavljen od molekula s polukrutom stožastom jezgrom.

Opaska:

Primjeri su heksasupstituirani 5*H*,10*H*,15*H*-tribenzo[*a,d,g*] [9]anuleni.



#### 2.8.2.4 [2.11.2.4] Lančani mezogen *Sanidic mesogen*


Mezogen sastavljen od pločastih molekula s orijentacijskom sređenošću faze dugog doseg koji odražava simetriju tvorbenih molekula.



### 2.8.2.5 [2.11.2.5] Polilančani mezogen *Polycaternary mesogen*

Mezogen sastavljen od molekula od kojih svaka ima izduženu krutu jezgru s nekoliko fleksibilnih lanaca na krajevima.

Opaske:

1. Fleksibilni lanci obično su alifatski.
2. Broj fleksibilnih lanaca na krajevima jezgre može se označiti nazivom *m,n*-polilančani mezogen.
3. Postoji nekoliko opisnih imena za ove mezogene. Primjeri su: a) **dvorašljasti** (2,2-polilančani mezogen), b) **hemifazmidični mezogen** (3,1-polilančani mezogen), c) **rašljasti hemifazmidični mezogen** (3,2-polilančani mezogen) i d) **fazmidični mezogen** (3,3-polilančani mezogen). Shematski su prikazana sva četiri tipa navedenih mezogena, kao i specifični primjer rašljastog hemifazmidičnog mezogena c). Mezogena jezgra prikazana je kao :



(a)



(b)

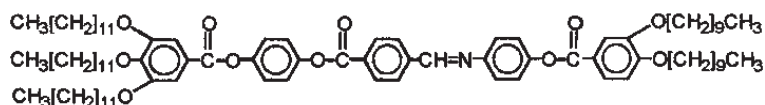


(c)



(d)

Specifičan primjer za (c) je:



### 2.8.2.6 [2.11.2.6] Mezogen oblika lastina repa *Swallow-tailed mesogen*

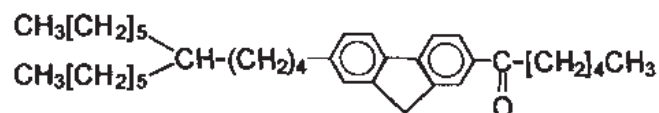
Mezogen čije su molekule građene od izdužene krute jezgre s granatim fleksibilnim lancem na jednom kraju, a grane su približno jednake duljine.

Opaska:

Skica strukture mezogena oblika lastina repa je



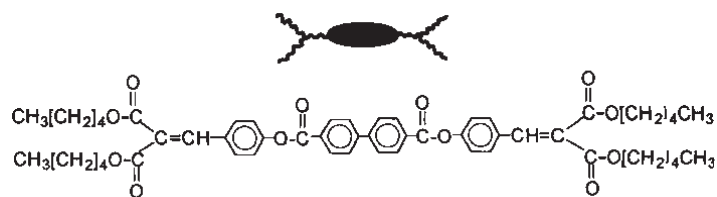
a primjer je derivat fluorena



### 2.8.2.7 [2.11.2.7] Mezogen oblika dvostrukog lastina repa *Bis-swallow-tailed mesogen*

Mezogen građen od molekula s izduženom krutom jezgrom i granatim fleksibilnim lancem, s granama približno jednake duljine na oba kraja jezgre.

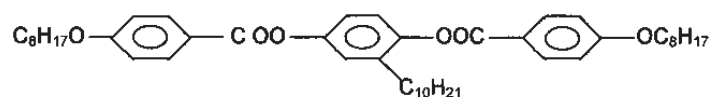
Primjer:



### 2.8.2.8 [2.11.2.8] Bočno granati mezogen *Laterally branched mesogen*

Mezogen sastavljen od štapičastih molekula s velikim bočnim granama, kao što su alkil, alkoksi ili dijelovi lanca s prstenastim strukturama.

Primjer:



### 2.8.2.9 [2.11.2.9] Kapljeviti kristalni oligomer *Liquid crystal oligomer*

#### Mezogeni oligomer *Mesogenic oligomer*

Mezogen s molekulama od kojih svaka ima više mezogenih skupina.

Opaske:

1. Mezogene skupine obično su jednake strukture.
2. **Kapljeviti kristalni dimer** ili **mezogeni dimer** ponekad se naziva **mezogen sraslac**. Ne preporučuju se nazivi "dimezogeni spojevi" i "mezogen sijamski blizanac" umjesto naziva "kapljeviti kristalni dimer" ili "mezogeni dimer".
3. Primjeri mezogenih dimera su: (a) **kondenzirani mezogen sraslac**, kod kojeg su mezogene skupine povezane u kruti prstenasti sustav (obično kondenzirane); (b) **spojeni mezogen sraslac**, kod kojeg su mezogene skupine povezane **razmaknicom (poveznikom)** (vidi definiciju 3.4 [6.4]); (c) **rep-rep mezogen sraslac** s fleksibilnom razmaknicom (poveznikom) između dvije skupine i (d) **bok-rep mezogen sraslac**. Strukture navedenih vrsta kapljeviti kristalnih dimera ilustrirane su kako slijedi:



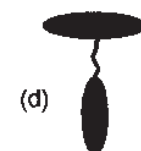
(a)



(b)



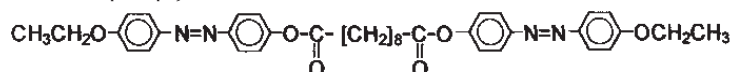
(c)



(d)

 = mezogena skupina

Specifičan primjer za tip (c), kapljevit kristalni dimer rep-rep je



gdje je  $-\text{[CH}_2\text{]}_8-$  fleksibilna razmaknica (poveznica) koja povezuje dvije mezogene skupine.

4. Kapljevit kristalni dimer s različitim mezogenim skupinama povezanim razmaknicama poznat je kao **asimetrični kapljevit kristalni dimer**.

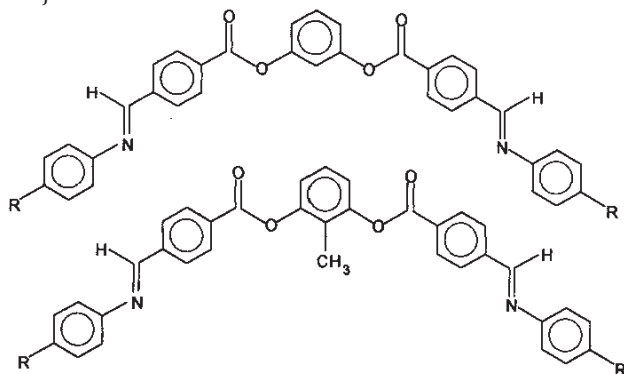
5. Kapljevit kristalni dimer s fleksibilnim ugljikovodičnim lancima neparnog broja ugljikovih atoma naziva se **neparni kapljevit kristalni dimer**, dok se onaj s parnim brojem ugljikovih atoma naziva **parni kapljevit kristalni dimer**.

#### 2.8.2.10. [2.11.2.10] Mezogen oblika banane *Banana mesogen*

Mezogen građen od svinutih ili molekula oblika banane, u kojem su dvije mezogene skupine povezane polukrutim skupinama tako da nisu kolinearne.

Opaska:

Primjeri takvih struktura su:



gdje je supstituent R alkoksi-skupina.

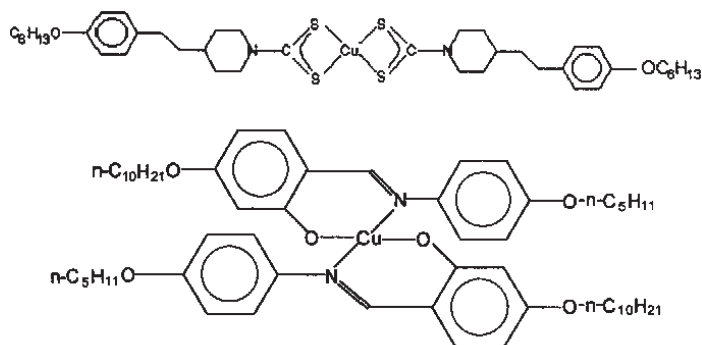
#### 2.8.3 [2.11.3] Metalomezogen *Metallomesogen*

Mezogen čije molekule sadrže jedan ili više atoma metala.

Opaske:

1. Metalomezogeni mogu biti ili kalamitni (vidi definicije 2.8.2.1. [2.11.2.1]) ili diskasti (vidi definiciju 2.8.2.2. [2.11.2.2]).

2. Primjeri takvih spojeva su



### 3 [6] KAPLJEVITI KRISTALNI POLIMERI *LIQUID-CRYSTAL POLYMERS*

#### 3.1 [6.1] Kapljevit kristalni polimer *Liquid-crystal polymer* Polimerni kapljevit kristal *Polymer liquid-crystal* Kapljevit kristalni polimer *Liquid-crystalline polymer*

Preporučena kratica: LCP i PLC

Polimerni materijal koji pri pogodnim uvjetima temperature, tlaka i koncentracije postoji kao LC-mezofaza.

#### 3.2 [6.2] Polimerni kapljevit kristal s mezogenom u glavnom lancu *Main-chain polymer liquid-crystal* Kapljevit kristalni polimer s mezogenom u glavnom lancu *Main-chain liquid-crystalline polymer*

Preporučena kratica:  
MCPLC i MCLCP

Polimeri s molekulama mezogena samo u glavnom lancu.

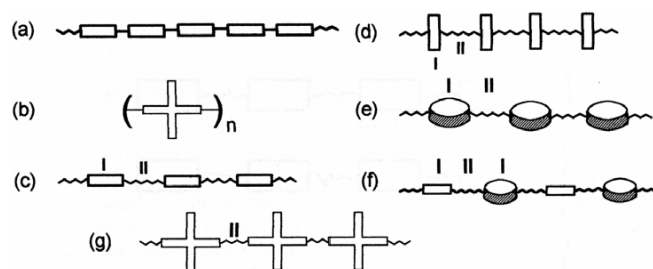
Opaske:

1. MCPLC nastaje povezivanjem razmjerno krutih jedinica izravno ili preko odgovarajućih funkcionalnih skupina (vidi sliku 1).

2. Krute jedinice (I) mogu biti povezane: (a) izravno ili (b-g) fleksibilnim razmaknicama (poveznicima) (II) (vidi definicije 3.4 [6.4]).

3. MCPLC s mezogenim skupinama oblika križa (b ili g) poznat je kao **križni (ili zvjezdasti) kapljevit kristalni polimer**.

8. Krute jedinice mogu imati (često nemaju) izvorni mezogeni karakter.



Slika 1 – Primjeri polimernih kapljevitih kristala u glavnom lancu; I – mezogena skupina; II – razmaknica (poveznica)



### 3.3 [6.3] Polimerni kapljeviti kristal s mezogenom u bočnoj skupini ili lancu

#### *Side-group or side-chain polymer liquid crystal*

#### Kapljeviti kristalni polimer s mezogenom u bočnoj skupini ili lancu

#### *Side-group or side-chain liquid crystalline polymer*

#### Polimer s mezogenim bočnim skupinama ili lancima

#### *Polymer with mesogenic side-groups or side-chains*

#### Češljasti polimerni kapljeviti kristal

#### *Comb-shaped, comb-like polymer liquid-crystal*

#### Preporučene kratice:

*SGPLC, SCPLC, SGLCP, SCLCP*

Polimer čije molekule imaju mezogene jedinice samo u bočnim skupinama bočnih lanaca.

Opaske:

1. Mezogene skupine (I) u SGPLC-u mogu biti vezane na glavni lanac (III): (a) izravno ili (b, c) fleksibilnim razmaknicama (poveznicama) (II) (vidi sliku 2).

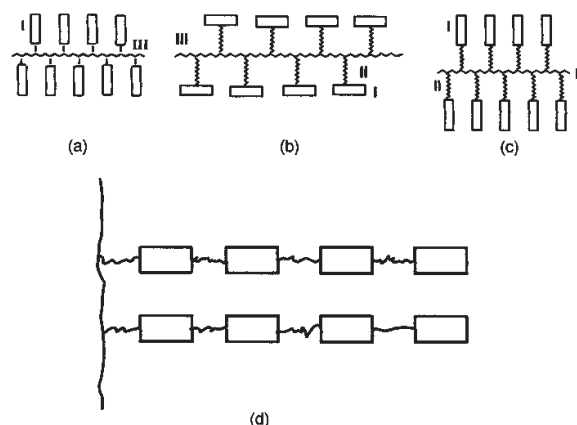
2. Strukture prikazane na slici 2 (d) moguće je dobiti i zamjenom bočnih skupina s lancima koji sadrže mezogene.

3. Primjeri polimera koji čine glavni lanac su poliakrilati, polimetakrilati i polisiloksani, a razmaknice su obično fragmenti polimetilena, poli(oksietilena) ili polisiloksana.

4. Bočne skupine tih polimera imaju strukturu koja omogućuje nastajanje kapljeviti kristala, tj. one su mezogene, ali ne po prirodi mezomorfne (vidi primjere u definicijama 2.7 [2.10]; 2.8.2.1 [2.11.2.1]).

5. Ako su mezogene bočne skupine izvorno štapičaste (kalamitne), nastali polimer može, ovisno o njegovoj finoj strukturi, pokazivati bilo koju uobičajenu vrstu kalamitnih mezofaza: nematičku, kiralno nematičku ili smektičku. Međutim, SGPLC s bočnim skupinama vezanim bočno preko razmaknice na glavni lanac, uglavnom su nematički ili kiralno nematički. Slično, diskaste bočne skupine nastoje formirati nematičke mezofaze oblika diska ili kolone, dok amfifilni bočni lanci nastoje formirati amfifilne ili liotropne mezofaze.

6. Moguće je prirediti više različitih vrsta kopolimera. Npr. nemezogene bočne skupine mogu se povezivati s mezogenim bočnim skupinama, a glavni polimerni lanac može biti zamijenjen, u različitom stupnju, bočnim skupinama ili lancima.



Slika 2 – Primjeri kapljeviti kristalnih polimera s bočnim skupinama: I – mezogena skupina; II – razmaknica (poveznica); III – glavni lanac. (a) bočne skupine vezane izravno na glavni lanac; (b) bočne skupine vezane razmaknicom (poveznicom) bočno na glavni lanac; (c) bočne skupine vezane razmaknicom krajem na glavni lanac; (d) bočni lanci vezani na glavni lanac.

### 3.4 [6.4] Razmaknica (poveznica) Spacer

Fleksibilni segment za povezivanje uzastopnih mezogenih jedinica u molekule MCPLC-a ili za vezanje mezogenih jedinica kao bočnih skupina na glavni polimerni lanac SGPLC-a.

Opaske:

1. Primjeri razmaknica (poveznica) su lanci polimetilena, poli(oksietilena) ili polisiloksana.

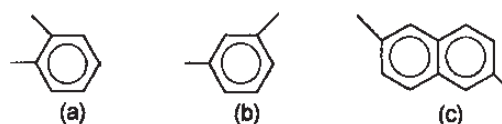
2. Naziv se također rabi za skupinu koja povezuje dvije ili više mezogenih jedinica u kapljeviti kristalnim oligomerima (vidi definicije 2.8.2.9 [2.11.2.9]).

### 3.5 [6.5] Prekidnik Disruptor

Kemijska skupina za prekidanje linearnosti glavnog lanca molekula MCLCP-a.

Opaska:

Primjeri su (a, b) kruta petlja ili (c) jedinica oblika koljena.

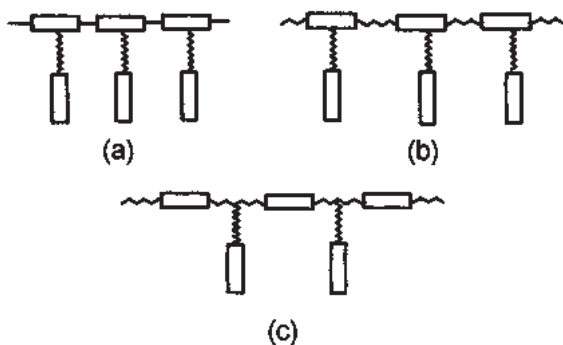


### 3.6 [6.6] Kombinirani kapljeviti kristalni polimer Combined liquid-crystal polymer

Kapljeviti kristalni polimer sastavljen od makromolekula u kojima su mezogene skupine ugrađene i u glavni lanac i u bočne skupine.

Opaska:

Vidi sliku 3. Mezogene bočne skupine mogu biti vezane razmaknicama (poveznicima) kao bočni supstituenti na mezogene dijelove glavnog lanca. Mezogeni dijelovi glavnog lanca povezani su: (a) izravno, (b) razmaknicama (poveznicima) ili (c) mezogene bočne skupine vezane na razmaknice (poveznice) između mezogena glavnog polimernog lanca.



Slika 3 – Primjeri kombiniranih kapljevih kristalnih polimera

### 3.7 [6.7] Kruti lanac Rigid chain

Štapičasti lanac MCPLC-a s izravno povezanim mezogenim skupinama, čija je perzistencijska duljina lanca barem usporediva s duljinom konture, a znatno je veća od dijametra.

Opaske:

1. Perzistencijska duljina je karakteristika krutosti lanca za granični slučaj beskonačne duljine lanca [vidi Compendium of Macromolecular Nomenclature, W. V. Metanomski (Ed.), p.47. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991].
2. Polimer građen od molekula s krutim štapičastim skupinama ili lancima obično ne pokazuje termotropno mezomorfno ponašanje jer se razgrađuje prije tališta.
3. Polimer građen od molekula s krutim štapičastim skupinama ili lancima može pri pogodnim uvjetima stvarati mezofaze LC u otopini. Ponekad su te mezofaze LC opisane kao liotropne, no budući da otapalo ne potiče nastajanje nakupina ili micela, naziv liotropne nije odgovarajući.

### 3.8 [6.8] Polukruti lanac Semi-rigid chain

Lanac čija je duljina konture veća od perzistencijske duljine, ali je njihov omjer još uvijek ispod Gaussianove granice.

Opaska:

Neki polimeri građeni od polukrutih lanaca stvaraju amfifilne mezogene (vidi definiciju 2.8.1 [2.11.1]).

Primjeri su poliizocijanati i (2-hidroksietil)celuloza.

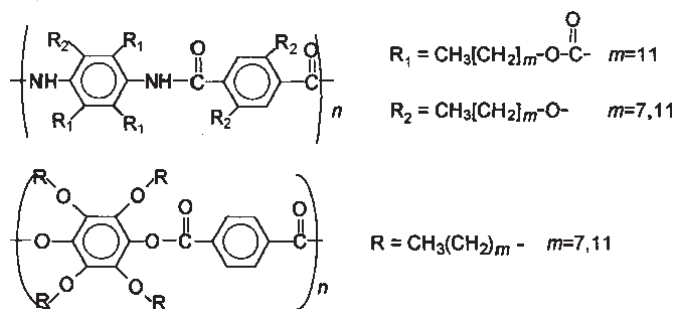
### 3.9 [6.9] Pločasti polimer Board-shaped polymer

Polimer s krutim glavnim lancem na koji je vezan velik broj bočnih skupina dajući ponavljajućim jedinicama pločasti izgled.

Opaske:

1. Kruti glavni lanac često imaju polimeri tipa poliester, poliamida, ili poli(ester-amida).

Primjeri su:



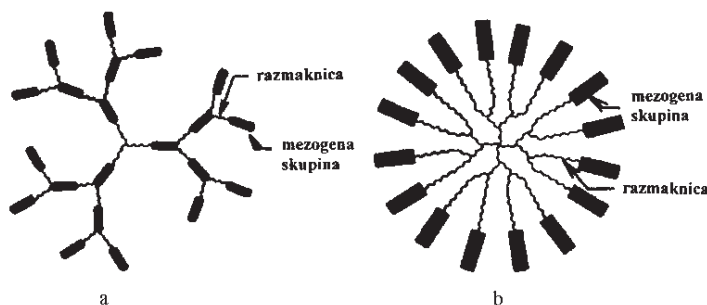
2. Polimerni LC sastavljen od makromolekula oblika ploče može se zvati pločasti LC-polimer. Takvi polimeri mogu stvarati lančane mezofaze (vidi definiciju 2.8.2.4 [2.11.2.4]).

### 3.10 [6.10] Kapljeviti kristalni dendrimer Liquid-crystal dendrimer Dendrimerni kapljeviti kristal Dendrimerni kapljeviti kristal Dendritni kapljeviti kristal Dendritic liquid-crystal

Visokogradni oligomer ili polimer dendritne strukture s mezogenim skupinama koje mogu pokazivati mezofazno ponašanje.

Opaske:

1. Vidi sl. 4. Mezogene skupine mogu biti poredane uzduž lanca molekule (a) ili mogu biti završne skupine (b).
2. Mezogene skupine mogu biti npr. oblika štapića ili diska, a mogu se vezati bočno ili uzdužno na fleksibilne razmaknice (poveznice).



Slika 4 – Kapljeviti kristalni dendrimeri: (a) s mezogenim skupinama raspoređenim po cijeloj makromolekuli; (b) s krajnjim mezogenim skupinama

### 3.11 [6.11] Visokogranati polimerni kapljeviti kristal *Hyperbranched polymer liquid-crystal*

Polimer sastavljen od visokogranatih makromolekula s mezogenim skupinama, čiji linearni podlanci mogu biti usmjereni u bilo kojem pravcu, do najmanje druga dva podlanca.

#### Literatura

1. D. Demus, G. W. Gray, H. W. Spiess, V. Vill (Eds.), *Handbook of Liquid Crystals*, Vols. Q, 2a, 2b, and 3, Wiley-VCH, Weinheim (1998).
2. W. Brostow (Ed.), *Polymer Liquid Crystals Mechanical and Thermophysical Properties*, Chapman & Hall, London (1996).
3. V. Vill, LIQCRYST 2.1, *Database of Liquid Crystalline Compounds for Personal Computers*, LCI Publisher GmbH, Hamburg (1996).
4. L. M. Blinov, V. G. Chigrinov, *Electrooptic Effects in Liquid Crystal Materials*, Springer-Verlag, New York (1994).
5. V. P. Shibaev, Lui Lam (Eds.), *Liquid Crystalline and Mesomorphic Polymers*, Springer-Verlag, New York (1994).
6. H. Stegmeyer (Ed.), *Topics in Physical Chemistry*, Vol. 3, *Liquid Crystals*, Springer-Verlag, New York (1994).
7. G. R. Luckhurst, C. A. Veracini (Eds.), *The Molecular Dynamics of Liquid Crystals*, Kluwer, Dordrecht (1994).
8. P. G. de Gennes, J. Prost, *The Physics of Liquid Crystals*, 2<sup>nd</sup> ed., Clarendon Press, Oxford (1993).
9. N. A. Plate (Ed.), *Liquid-Crystal Polymers*, Plenum Press, New York (1993).
10. S. Chandrasekhar, *Liquid Crystals*, 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge University Press, Cambridge (1992).
11. M. Donald, A. H. Windle, *Liquid Crystalline Polymers*, Cambridge University Press, Cambridge (1992).
12. A. Collyer (Ed.), *Liquid Crystal Polymers: From Structures to Applications*, Elsevier Applied Science, London (1992).
13. V. Vill, "Liquid crystals" in *Landolt-Börnstein. Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. New Series. Group IV: Macroscopic and Technical Properties of Matter*, Vol. 7, Subvolumes a-f, Springer-Verlag, Berlin (1992, not yet completely published).
14. A. Ciferri (Ed.), *Liquid Crystallinity in Polymers. Principles and Fundamental Properties*, VCH, New York (1991).
15. C. Noel, P. Navard, *Prog. Polym. Sci.* **16**, 55-110 (1991).
16. J. W. Goodby (Ed.), *Ferroelectric Liquid Crystals*, Gordon and Breach, Philadelphia (1991).
17. B. Bahadur (Ed.), *Liquid Crystals. Applications and Uses*, Vol. 1-3, World Scientific, Singapore, (1990/1992).
18. W. Brostow, *Polymer* **31**, 979 (1990).
19. D. Demus, *Liq. Cryst.* **5**, 75 (1989).
20. B. McArdle (Ed.), *Side Chain Liquid Crystal Polymers*, Blackie, Glasgow (1989).
21. N. A. Plate, V. P. Shibaev, *Comb-Shaped Polymers and Liquid Crystals*, Plenum, New York (1988).
22. S. Hsiao, M. T. Shaw, E. T Samulski, *Macromolecules* **21**, 543 (1988).
23. G. Vertogen, W. H. De Jeu, *Thermotropic Liquid Crystals, Fundamentals*, Springer Series in Classical Physics, Vol. 45, Springer-Verlag, Berlin (1988).
24. S. Chandrasekhar, N. V. Madhusudana, *Proc. Indian Acad. Sci. (Chem. Sci.)* **94** (1), 139-179 (1985).
25. A. Blumstein (Ed.), *Polymeric Liquid Crystals*. Plenum, New York (1985).
26. L. Chapoy (Ed.), *Recent Advances in Liquid-Crystalline Polymers*, Elsevier Applied. Science, London (1985).
27. T. Samulski, *Faraday Discuss. Chem. Soc.* **79**, 7-20 (1985).
28. G. W. Gray, J. W. Goodby, *Sanidic Liquid Crystals*, Lenard Hill, Glasgow (1984).
29. B. Wunderlich, J. Grebowicz, *Adv Polym. Sci.* **60/61** 2-59 (1984).
30. D. Demus, H. Demus, H. Zschke, *Flüssige Kristalle in Tabellen II*, VEB Verlag für Grundstoffindustrien, Leipzig (1984).
31. W. H. De Jeu, *Phil. Trans. Roy. Soc., London, Ser. A* **304**, 217-29 (1983).
32. A. Ciferri, W. Krigbaum, R. Meyer (Eds.), *Polymer Liquid Crystals*, Academic, New York (1982).
33. H. Kelker, R. Hatz, *Handbook of Liquid Crystals*, Verlag Chemie, Weinheim (1980).
34. G. R. Luckhurst, G. W. Gray (Eds.), *The Molecular Physics of Liquid Crystals*, Academic, London (1979).
35. D. Demus, L. Richter, *Textures of Liquid Crystals*, Verlag Chemie, Weinheim (1978).
36. G. W. Gray, P.A. Winsor (Eds.), *Liquid Crystals and Plastic Crystals*, Vols. 1-2, Ellis Horwood, Chichester (1974).
37. D. Demus, H. Demus, H. Zschke, *Flüssige Kristalle in Tabellen*, VEB Verlag für Grundstoffindustrien, Leipzig (1974).
38. P. H. Hermans, *Contribution to the Physics of Cellulosic Fibres*, Elsevier, Amsterdam (1946).
39. M. Miesowicz, *Nature* **158**, 27 (1946).
40. M. Barón, "Definitions for basic terms relating to low-molar-mass and polymer liquid crystals", *Pure Appl. Chem.* **73** (5), 845-895 (2001); hrvatski prijevod: R. Vuković, G. Bogdanić i A. Erceg Kuzmić, *Definicije osnovnih pojmova koji se odnose na niskomolekulske i polimerne kapljevite kristale*, *Kem. Ind.* **54** (2005) 513-548.

#### Abecedno kazalo pojmova (englesko-hrvatski)

- amphiphilic mesogen** – amfililni mezogen, 2.8.1  
**amphitropic compound** – amfitropni spoj, 2.4.4  
**asymmetric liquid-crystal dimer** – asimetrični kapljeviti kristalni dimer, 2.8.2.9  
**banana mesogen** – mezogen oblika banane, 2.8.2.10  
**barotropic mesophase** – barotropna mezofaza, 2.4.2  
**biforked mesogen** – dvorašljasti mezogen, 2.8.2.5  
**bis-swallow-tailed mesogen** – mezogen oblika dvostrukog lastina repa, 2.8.2.7  
**board-shaped polymer** – pločasti polimer, 3.9  
**bowlic mesogen** – kuglasti mezogen, 2.8.2.3  
**calamitic mesogen** – kalamitni mezogen, 2.8.2.1  
**chiral nematogen** – kiralni nematogen, 2.8  
**clearing point** – bistrište, 2.6  
**clearing temperature** – temperatura bistrenja, 2.6  
**combined liquid-crystalline polymer** – kombinirani kapljeviti kristalni polimer, 3.6  
**comb-shaped (comb-like) polymer liquid-crystal** – češljasti polimerni kapljeviti kristal, 3.3

- cone-shaped mesogen** – stožasti mezogen, 2.8.2.3
- cruciform polymer liquid-crystal** – križni polimerni kapljeviti kristal, 3.2
- dendrimeric liquid-crystal** – dendrimerni kapljeviti kristal, 3.10
- dendritic liquid-crystal** – dendritični kapljeviti kristal, 3.10
- discoid mesogen** – diskasti mezogen, 2.8.2.2
- discotic mesogen** – diskotički mezogen, 2.8.2.2
- disruptor** – prekidnik, 3.5
- enantiotropic mesophase** – enantiotropna mezofaza, 2.4.1
- end-on fixed side-group polymer liquid-crystal** – polimerni kapljeviti kristal s bočnom skupinom vezan razmaknicom (poveznicom) krajem na glavni lanac, 3.3
- even-membered liquid-crystal dimer** – kapljeviti kristalni dimer neparnog broja članova, 2.8.2.9
- forked hemiphasmidic mesogen** – rašljasti hemifazmidični mezogen, 2.8.2.5
- fused twin mesogen** – kondenzirani mezogen sraslac, 2.8.2.9
- hemiphasmidic mesogen** – hemifazmidični mezogen, 2.8.2.5
- hyper-branched polymer liquid-crystal** – visokogranati polimerni kapljeviti kristal, 3.11
- isotropization temperature** – temperatura izotropizacije, 2.6
- laterally branched mesogen** – bočno granati mezogen, 2.8.2.8
- ligated-twin mesogen** – spojeni mezogen sraslac, 2.8.2.9
- liquid crystal** – kapljeviti kristal, 2.3
- liquid-crystal dendrimer** – kapljeviti kristalni dendrimer, 3.10
- liquid-crystal dimer** – kapljeviti kristalni dimer, 2.8.2.9
- liquid-crystal oligomer** – kapljeviti kristalni oligomer, 2.8.2.9
- liquid-crystal polymer** – kapljeviti kristalni polimer, 3.1
- liquid-crystal polymers** – kapljeviti kristalni polimeri, 3
- liquid-crystal state** – kapljevito kristalno stanje, 2.2
- liquid-crystalline phase** – kapljevita kristalna faza, 2.2
- liquid-crystalline polymer** – kapljeviti kristalni polimer, 3.1
- liquid-crystalline state** – kapljevito kristalno stanje, 2.2
- lyotropic mesophase** – liotropna mezofaza, 2.4.3
- main-chain liquid-crystalline polymer** – kapljeviti kristalni polimer s mezogenom u glavnom lancu, 3.2
- main-chain polymer liquid-crystal** – polimerni kapljeviti kristal s mezogenom u glavnom lancu, 3.2
- mesogen** – mezogen, 2.8
- mesogenic compound** – mezogeni spoj, 2.8
- mesogenic dimer** – mezogeni dimer, 2.8.2.9
- mesogenic group** – mezogena skupina, 2.5
- mesogenic moiety** – mezogeni dio, 2.5
- mesogenic oligomer** – mezogeni oligomer, 2.8.2.9
- mesogenic unit** – mezogena jedinica, 2.5
- mesomorphic compound** – mezomorfni spoj, 2.1, 2.8
- mesomorphic glass** – mezomorfno staklo, 2.1
- mesomorphic state** – mezomorfno stanje, 2.1.9
- mesomorphous state** – mezomorfasto stanje, 2.1
- mesophase** – mezofaza, 2.4
- metallomesogen** – metalomezogen, 2.8.3
- m,n-polycatenary mesogen** – m,n-polilančani mezogen, 2.8.2.5
- monotropic mesophase** – monotropna mezofaza, 2.4.5
- nematogen** – nematogen, 2.8
- nonamphiphilic mesogen** – neamfilni mezogen, 2.8.2
- odd-membered liquid-crystal dimer** – kapljeviti kristalni dimer parnog broja članova, 2.8.2.9
- phasmidic mesogen** – fazmidični mezogen, 2.8.2.5
- polycatenary mesogen** – polilančani mezogen, 2.8.2.5
- polymer liquid-crystal** – polimerni kapljeviti kristal, 3.1
- polymer with mesogenic side-groups or side-chains** – polimer s mezogenim bočnim skupinama ili lancima, 3.3
- pyramidic mesogen** – piramidni mezogen, 2.8.2.3
- rigid chain** – kruti lanac, 3.7
- sanidic mesogen** – lančani mezogen, 2.8.2.4
- semi-rigid chain** – polukruti lanac, 3.8
- side-group or side-chain polymer liquid-crystal** – polimerni kapljeviti kristal s mezogenom u bočnoj skupini ili lancu, 3.3
- side-group or side-chain liquid-crystalline polymer** – kapljeviti kristalni polimer s mezogenom u bočnoj skupini ili lancu, 3.3
- side-on fixed side-group polymer liquid-crystal** – polimerni kapljeviti kristal s bočnom skupinom vezan razmaknicom (poveznicom) bočno na glavni lanac, 3.3
- side-to-tail twin mesogen** – bok-rep mezogen sraslac, 2.8.2.9
- smectogen** – smektogen, 2.8
- spacer** – razmaknica (poveznik), 3.4
- star polymer liquid-crystal** – zvjezdasti polimerni kapljeviti kristal, 3.2
- swallow-tailed mesogen** – mezogen oblika lastina repa, 2.8.2.6
- tail-to-tail twin mesogen** – rep-rep mezogen sraslac, 2.8.2.9
- thermotropic mesophase** – termotropna mezofaza, 2.4.2
- transition temperature** – temperatura prijelaza, 2.5
- twin mesogen** – mezogen sraslac, 2.8.2.9