



HARIDUS- JA  
TEADUSMINISTEERIUM



Eesti Keele Instituut

# Keemiatehnoloogia erialakeele kogumik

Kogumiku juurde kuulub õpetajaraamat

Kohtla – Järve 2020/2021

# Keemiatehnoloogia erialakeele kogumik

## Kogumiku juurde kuulub õpetajaraamat

Keemiatehnoloogia erialakeele kogumikku ja õpetajaraamatut rahastab Haridus- ja Teadusministeerium keeleprogrammi kaudu. Taotlusvooru terminoloogiaõppe ja terminoloogia populariseerimise konkursile korraldas Eesti Keele Instituudi terminoloogiaosakond.



HARIDUS- JA  
TEADUSMINISTEERIUM



Eesti Keele Instituut

Kogumiku autoriõigus kuulub TalTech Virumaa kolledžile. Kogumik on tasuta kättesaadav veebiaadressil <https://www.taltech.ee/keeltekeskus>. Paberil olev kogumik on kättesaadav TalTech Virumaa kolledži teabekeskuses.

## Koostajad:

**Diana Berseneva** TalTech Virumaa kolledži keemiatehnoloogia ja kütuste tehnoloogia töörühm, kütuste tehnoloogia programmijuht, lektor

**Pille Ers** TalTech Virumaa kolledži keemiatehnoloogia ja kütuste tehnoloogia töörühm, lektor

**Valentina Limonova** TalTech Virumaa kolledži humanitaarainete töörühm, lektor

**Ingrid Prees** TalTech Virumaa kolledži humanitaarainete töörühma juht, lektor

**Antonina Zguro** TalTech Virumaa kolledži keemiatehnoloogia ja kütuste tehnoloogia töörühm, keemiatehnoloogia programmijuht, lektor

**Kaire Viil** TalTech Virumaa kolledži humanitaarainete töörühm, lektor

Keeletoimetaja: Ingrid Prees, Anu Piirimaa  
Kujundus: Ingrid Prees  
Küljendaja: Ingrid Prees  
Väljaandja: TalTech Virumaa kolledž  
Järveküla tee 75  
30323 Kohtla-Järve

## EESSÕNA

Keemiatehnoloogia erialakeele kogumik on esimene eestikeelne kogumik, mis on valminud koostöös TalTech Virumaa kolledži humanitaarainete ning keemiatehnoloogia ja kütuste tehnoloogia tööruhuga.

Kogumikus käsitletakse järgmiseid teemasid: aine ehitus ja füüsikalised omadused, keemilised protsessid ja hüdrodünaamika. Teemade läbimisel saab õppija teada aine ehituse ja füüsikaliste omaduste põhimõisteid ja arendab teemadest arusaamise oskust lugemistestide täitmisel. Õppija koostab küsimusi ja lauseid, õpib mõttekaarte koostades looma seoseid, arendab suulise erialakeele väljendusoskust paarisvestluses, täidab lünkharjutusi ning isiklikku sõnastikku.

Keemiatehnoloogia kogumik on mõeldud kõigile neile, kes soovivad täiendada oma teadmiseid keemiatehnoloogia valdkonnas, omandada uusi termineid ja definitsioone. Selleks et saada hakkama kogumiku tekstidega, peaks õppijal olema eesti keele kui teise keele oskus vähemalt B1 tasemel.

Kogumik koosneb kolmest peatükist. Igas peatükis on temaatiline tekst, mille omandamist toetavad lugemiseelsed ja –järgsed ülesanded. Iga teema võimaldab omandada uusi keemiatehnoloogia termineid, harjutada rääkimist, küsimuste moodustamist ja neile vastamist. Kogumiku lõpus on 30 terminit eesti, vene ja inglise keeles ning definitsioonid. Lisaks on igal õppijal võimalik täiendada oma sõnavara kogumiku lõpus oleva isikliku sõnastiku täitmisega.

Head keemiatehnoloogia erialakeele omandamist!

Koostajad

# SISUKORD

Eessõna .....	3
Sisukord .....	4
Sissejuhatus .....	5
Soovitusi eesti keele edukaks õppimiseks .....	5
1. Aine ehitus ja füüsilised omadused .....	6
1.1. Põhimõisted .....	6
1.2. Vedeliku omadused.....	10
1.3. Tahke agregaatolek .....	13
1.4. Vedelkristalliline aineolek .....	17
1.5. Ainete sisalduse väljendamine lahustes .....	20
1.6. Pindpinevus, märgamine ja kapillaarsus.....	22
2. Keemilised protsessid.....	24
2.1. Üldteave keemiatehnoloogia kohta.....	24
2.2. Keemilis-tehnoloogiline protsess ja selle sisu .....	27
2.3. Põlevkivi .....	29
3. Hüdrodünaamika .....	32
3.1. Põhimõisted .....	32
Erialasõnastik .....	37
Minu sõnastik .....	41
Sõnastiku mõistete allikad .....	42

# SISSEJUHATUS

## SOOVITUSI EESTI KEELE EDUKAKS ÕPPIMISEKS

### Teemade läbimisel

- \* saan teada, mis on aine vedel olek, sh vedelkristalliline aineolek
- \* tean vedela oleku põhimõisteid ja omadusi
- \* tean, mida kujutab endast tahke agregaatolek
- \* täiendan oma teadmisi keemilise tootmise kohta
- \* oskan seletada hüdrodünaamika põhimõisteid

### Lugemisel

- \* loen õppetekste tähelepanelikult
- \* joonin alla uued sõnad ja fraasid
- \* kirjutan endale uued sõnad ja fraasid välja

### Kirjutamisel

- \* leian mõistetele definitsioonid
- \* koostan lauseid
- \* mõtlen grammatika vormidele
- \* kasutan sõnastikku ja leian terminitele tähenduse

### Rääkimisel

- \* räägin võimalusel iga kord erineva vestluskaaslasega
- \* vestlen aktiivselt paaris- ja rühmatöös
- \* suhtun kaasõppijaisse sõbralikult
- \* ei karda teha vigu, sest mida rohkem ma keelt kasutan, seda vähem vigu teen
- \* kirjutan üles kõik uued sõnad ja fraasid ning kasutan neid aktiivselt

### Naudin erialase eesti keele õppimist

- \* kui mõni teema tundub mulle esialgu raskena, siis loen selle tähelepanelikult väikeste osadena läbi ning teen loetu endale selgeks
- \* leian endale sõbra, kellega koos saan õppematerjalide üle arutleda
- \* pärast iga ülesande sooritamist mõtlen, mida ma juurde õppisin

# 1. AINE EHITUS JA FÜÜSIKALISED OMADUSED

## 1.1. Põhimõisted

1. Ennustage, millest tekstis räägitakse. Pange endale kirja 3 märksõna.

2. Lugege tekst läbi ja leidke vastused järgmistele küsimustele:

- 1) Millises olekus on aine molekulidel rohkem energiat? Põhjendage.
- 2) Mis on voolavus?
- 3) Millal võtab vedelikupiisk kera kuju?
- 4) Millised omadused iseloomustavad vedelikku?
- 5) Millistest teguritest sõltub vedeliku käitumine?
- 6) Mis on hüdraulika?

Vedel agregaatolek on üleminekuvormiks tahke ja gaasilise oleku vahel. Vedelas olekus on aine molekulidel rohkem energiat kui tahke aine molekulidel, nad on vähem seotud üksteisega ja võivad ületada omavahelist tõmbejõudu. Keemistemperatuuri lähedastel temperatuuridel on vedelike omadused sarnased gaaside omadustele, sulamistemperatuuri lähedastel temperatuuridel on vedelike omadused sarnased tahkete ainete omadustega. Vedelik on kindla ruumalaga, kuid võtab teda mahutava anuma kuju. Vedelikud võivad nagu gaasid voolata, seda omadust nimetatakse voolavuseks. Voolavuse takistuseks on vedeliku viskoossus. Mida suurem on viskoossus, seda aeglasemalt vedelik voolab. Vedeliku omapäraks gaasidega võrreldes on pinna olemasolu. Vedelike omadus – pindpinevus on põhjustatud molekulide vastastiktoimest. Horisontaalne tasane pind kujuneb raskusjõu mõjul - vedeliku osakesed võtavad sellise asendi, kus neile mõjuvad jõud on tasakaalus. Raskusjõud mõjub ka vedeliku sees. Seetõttu lisandub iga vedelikuosakese jaoks lisaks naaberosakeste rõhule ka osakese enda kaal. Kuna pinnakihi molekulidele mõjuvad jõud on suunatud vedeliku sisse, siis raskusjõu puudumisel võtab vedelikupiisk kera kuju.

Vedelike siseehitus on märgatavalt keerulisem kui gaaside ja kristallide siseehitus. Võrreldes gaasidega, on vedelikel suurem

tihedus. Molekulidevahelised kaugused vedelikes on niivõrd väikesed, et vedeliku omadused määratakse põhiliselt molekulide geomeetriaga ja nendevahelise vastasmõjuga. Kuna molekulidevahelised kaugused on väikesed, siis on tähtsad nende geomeetiline kuju ja polaarsed omadused. Polaarsete vedelike omadused ei sõltu mitte ainult molekulide vastastiktoimest, vaid ka molekulide erinevate osade vastastiktoimest.

Seega vedelikku iseloomustavad järgmised omadused:

- a) säilitab ruumala;
- b) moodustab horisontaalse tasase pinna;
- c) esineb pindpinevus;
- d) võtab anuma kuju;
- e) voolav; vedeliku voolavus on põhjendatud molekulide liikumisega.

Vedeliku omadused a), b) ja c) on tahke aine omadustega sarnased, aga d) omadus on gaasi omadusega sarnane.

Vedeliku käitumine sõltub järgmistest teguritest:

### 1. vedeliku keemilisest olemusest

Polaarsetes vedelikes ( $H_2O$ , lihtalkoholid,  $NH_3$ ) on molekulidevahelised vastastiktoimed tugevad, sellepärast niisugused vedelikud on sarnased tahkistele oma ehituse ja käitumise poolest. Mittepolaarsetes vedelikes (hekseen, oktaan, benseen) on molekulideva-

helised vastastiktoimed nõrgemad, sellepärast need on oma omaduste poolest sarnased gaasidega.

## 2. keskkonna tingimustest, muu hulgas temperatuurist

Mida madalam on temperatuur ja vedeliku temperatuur on lähedane tahkumistemperatuurile, seda rohkem on osakesed korrastatud ja vedeliku omadused on tahkiste omadustele lähedasemad. Mida kõrgem on temperatuur ja mida lähedasem on keemistemperatuurile, seda rohkem on vedeliku ja gaasi käitumine sarnane.

Molekulide vaheliste jõudude tüübid on:

- 1) *van-der-waalsi vastastiktoimed* (dipool-dipool, dispersioonised ja induktioonilised vastastiktoimed);
- 2) *vesiniksidemed*.

Nende vastastiktoime mõjul tekivad vedelikus assotsieerunud kompleksid (assotsiatsioon - ühendamine). Assotsieerunud vedelikud on näiteks vesi, alkoholid, vedel ammoniaak, atsetoon jt. Assotsiatsiooni aste võib olla erinev. Tugevalt assotsieerunud vedelikud erinevad normaalsetest paljude omaduste poolest (keemistemperatuur, aurustumissoojus, lenduvus).

Vedelikes võib esineda mõni korrapärasus osakeste paigutuses (lähikorrapära). See nähtus on kõrgematel temperatuuridel klaasides,

toatemperatuuridel vees, benseenis, elavhõbedas ja teistes vedelikes.

Vedelike liikumise ja tasakaalu seadusi uurib hüdraulika (vedelike ja gaaside mehaanika). Hüdraulika seisukohalt jagatakse vedelikud kaheks klassiks: kokkusurutavad vedelikud või gaasid ja praktiliselt kokkusurutamatud – tilkvedelikud.

Hüdraulikas eristatakse ideaalseid ja reaalseid vedelikke.

**Ideaalne vedelik** on vedelik, mille osakeste vahel puuduvad sisehõrdejõud. Selle tulemusel ei hakka see vedelik nihkejõule ja venitusjõule vastu. Ideaalne vedelik on täiesti kokkusurumatu, sellel on lõpmatu suur vastupanu kokkusurutavusjõule. Niisugust vedelikku ei ole looduses, see on teaduslik abstraktsioon, mida kasutatakse mehaanika üldseaduste analüüsi lihtsustamiseks vedelate kehade suhtes.

**Reaalne vedelik** on vedelik, millel puuduvad ideaalse vedeliku omadused, selles esineb vastasseis kokkupuute- ja venitusjõule ning osaliselt surutakse kokku. Paljude hüdraulika ülesannete lahendamisel võib need jätta tähele panemata. Seoses sellega saab ideaalse vedeliku füüsikalisi seadusi rakendada reaalse vedeliku suhtes vastavate parandustega.



3. **Esitage paarilisele ülesandes nr 2 olevaid küsimusi. Paariline vastab. Kontrollige, kas ta vastas õigesti!**

4. **Avage sulud.**

1. ületama (tõmbejõud *mida?*) – **Näidis:** tõmbejõudu
2. on põhjustatud (molekulide vastastiktoime *millest?*) –
3. on suunatud (vedelik *kuhu?*) –
4. võrreldes (gaasid *millega?*) –
5. sõltuma (molekulide vastastiktoime *millest?*) –
6. on sarnased (ehitus ja käitumine *mille?*) poolest –
7. eristama (ideaalsed vedelikud *mida? millest?*) –

**5. Vaadake veel kord teksti ja küsimusi. Tehke märke ✓ sobiva vastuse (A, B või C) juures olevasse ruutu. Igale küsimusele on ainult üks õige vastus!**

1. Aine molekulidel on rohkem soojusenergiat

- A  tahkes olekus  
 B  vedelas olekus  
 C  gaasilises olekus

2. Vedeliku piisk on kerakujuline, kui puudub

- A  osakeste vaheline tõmbejõud  
 B  sisehõõrdejõud  
 C  raskusjõud

3. Vedeliku ja gaasi käitumine on sarnane

- A  vedeliku tahkumistemperatuuril  
 B  vedeliku keemistemperatuuril  
 C  toatemperatuuril

4. Mida uurib hüdraulika?

- A  vedelike liikumise ja tasakaalu seadusi  
 B  temperatuuri kõikumisi  
 C  molekulidevahelisi kauguseid

5. Millist vedelikku looduses ei ole?

- A  reaalsel vedelikku  
 B  ideaalsel vedelikku  
 C  kokkusurutavat vedelikku

**6. Leidke tähendused järgmistele sõnadele ja koostage iga sõnaga lause.**

- tõmbejõud, tõmbejõu, tõmbejõudu; tõmbejõud, tõmbejõudude, tõmbejõude ehk tõmbejõudusid – .....
- tilk/vedelik, -vedeliku, -vedelikku; -vedelikud, -vedelikkude ehk -vedelike, -vedelikkusid ehk -vedelikke – .....
- voolavus, voolavuse, voolavust; voolavused, voolavuste, voolavusi – .....
- pindpinevus, pindpinevuse, pindpinevust; pindpinevused, pindpinevuste, pindpinevusi – .....
- tahkis, tahkise, tahkist; tahkised, tahkiste, tahkiseid – .....



7. Kirjutage igasse kuusnurka antud mõiste juurde selle tähendus.



**Paaristöö „Termini alias”. Saate õppejõult kaardid. Igal kaardil on kuus sõna. Veeretage täringut. Teil tuleb oma õpingukaaslasele seletada seda sõna, mis numbri te täringuga viskasite. Paariline peab ära arvama.**

## 1.2. Vedeliku omadused

### 1. Milliseid vedeliku omadusi oskate nimetada?

### 2. Lugege tekst läbi. Pöörake tähelepanu mõistetele ja valemitele.

**Tihedus** on vedeliku ruumalaühiku mass antud temperatuuril:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Kuna molekulidevahelised suurused vedelikes on palju väiksemad kui gaasides, siis vedelike tihedus on sadu ja tuhandeid kordi suurem kui gaaside tihedus. Näiteks kuiva õhu tihedus on  $1,27 \text{ kg/m}^3$ , aga vee tihedus on  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

Temperatuuri suurendamisel väheneb kõikide vedelike tihedus (erand - vesi).

$$\rho_t = \rho_o(1 - kt)$$

kus  $\rho_t$  - tihedus temperatuuril  $t$  °C;

$\rho_o$  - tihedus 0°C juures;

$k$  - termiline paisumistegur.

Vedeliku **molaarruumala** on ühe mooli vedeliku ruumala; saab vedeliku molaarmassi jagades selle tihedusega:

$$V_m = \frac{M}{\rho}$$

Vedelike molaarruumalad on erinevad erinevate vedelike jaoks ning ei ole konstantne suurus nagu gaasidel.

Näidis. Vedela vee molaarruumala  $V_m = 18/1000 = 0,018 \text{ l/mol}$  (veeauru molaarruumala on  $22,4 \text{ l/mol}$ ).

**Pindpinevus** on energiahulk, mis on vajalik vedeliku pinna suurendamiseks või vähendamiseks ühe pinnaühiku võrra. Vedeliku pinna pinge määr on pindpinevustegur  $\sigma$  (sigma). Samas kirjeldab pindpinevustegur ka energiat pinna ühiku kohta ja seega on tal võrdväärne ühik: džauli ruutmeetri kohta ( $\text{J/m}^2$ ):

$$\sigma = \frac{W}{S} \left[ \frac{J}{m^2}; \frac{N}{m} \right]$$

Pindpinevus sõltub vedeliku loomust, külgsuure keha loomusest, temperatuurist ja lisandite olemasolust vedelikus.

Vedeliku pindpinevusteguri saab määrata stalagmomeetrilisel meetodil (loendatakse tilkade arv), tensiomeetrilisel meetodil (rõnga lahtirebimise meetod), kapillaartõusu meetodil, Rebinderi meetodil (mullikeste suurima rõhu meetod) jt. Temperatuuri tõustes pindpinevus väheneb.

Samuti sõltub pindpinevus vedelikus olevatest lisanditest. Mõned ained vähendavad pindpinevustegurit, selliseid aineid nimetatakse **pindaktiivseteks aineteks** (PAA). Seebid, pesuvahendid, rasvased happed, eeter jt on pindaktiivsed ained vee suhtes; suhkur, erinevad soolad suurendavad vastupidi vee pindpinevust.

Pindpinevus on paljude tehnoloogiliste protsesside määrav tegur: flotatsioon, poorsete materjalide immutamise, katete kandmine, pesemismõju jt.

**Viskoossus** (sisehõõre, voolavusele takistus) on vedelikukihtide omadus takistada vastastikku üksteise või vedelikku asetatud keha liikumist. Viskoossus on voolava keha termodünaamiline omadus. Viskoossuse määr on nn dünaamiline viskoossus  $\mu$  (või sisehõõrdetegur):

$$\mu = \frac{F \cdot l}{S \cdot v}$$

kus  $F$  - nihkele takistusjõud, H

$l$  - kaugus, m

$S$  - pinna pindala,  $\text{m}^2$

$v$  - kiirus, m/s.

Viskoossuse mõõtühik on CGS-süsteemis puas P, sentipuas cP.

$$[\mu] = [\text{Pa} \cdot \text{s}] = [10 \text{ P}] = [10^3 \text{ cP}]$$

$$1 \text{ P} = 0,1 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = 0,1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

Praktikas kasutatakse tihti nn kinemaatilist viskoossust  $\nu$  (nüü), mis on dünaamilise viskoossuse ja tiheduse suhe. Kinemaatilist viskoossust mõõdetakse CGS-süsteemi ühikutes - stooksides (St).

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}; \quad \left[ \frac{m}{s^2} \right] = [10^4 St]$$

Vedeliku viskoossus väheneb temperatuuri suurendamisel (erand - vesi).

Viskoossuse vastandomadus on voolavus. **Voolavus** on vedelike omadus muuta oma väliskuju (võtta anuma kuju) vähese ajaga väikese jõu mõjul. Tänu sellele omadusele voolavad vedelikud voolude kujul, pritsitakse tilkadega, võtavad anuma kuju, kuhu neid valatakse.

Viskoossust määratakse eksperimentaalselt järgmiste meetodite abil:

- Stokesi meetod (uuritavas vedelikus kuulikese vaba kukkumise kiiruse mõõtmine);
- viskosimeetiline meetod (väljavoolamise meetod).

Viskoossuse uurimine on väga tähtis järgmiste tehnoloogiliste protsesside jaoks: vedelike segamine, vedelike liikumine torustikes jt.

**Küllastunud auru rõhk.** Aur on gaas, mida moodustavad aurustatud vedeliku molekulid. Küllastunud aur on aur, mis asub dünaamilises tasakaalus oma vedelikuga. Dünaamiline tasakaal tähendab, et vedelikust aurustunud molekulide hulk võrdub vedelikusse tagasi tulnud (kondenseerunud) molekulide hulgaga. Auru rõhku, mille juures vedelik on tasakaalus oma auruga, nimetatakse *küllastunud auru rõhuks*. Kuna rõhk on võrdeline molekulide kontsentratsiooniga ( $p=nkT$ ), siis see ei sõltu tema võetavast ruumalast. Küllastunud auru rõhk ei sõltu ruumalast, sest küllastunud auru molekulid asuvad väga lähedal üksteisest, nende lähenemine viib kondenseerumisele, teineteisest eemaldumine viib hõrenemisele. Sellepärast selle loodud rõhk on alati ühesugune.

Temperatuuri tõustes küllastunud auru rõhk suureneb.

### 3. Sobitage vasakus tulbas olev termin paremas tulbas oleva definitsiooniga.

- |                           |                                                                                                      |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Pindpinevus            | A. vedelike omadus muuta oma väliskuju (võtta anuma kuju) vähese ajaga väikese jõu mõjul.            |
| 2. Tihedus                | B. vedelikukihtide omadus takistada vastastikku üksteise või vedelikku asetatud keha liikumist.      |
| 3. Voolavus               | C. auru rõhk, mille juures vedelik on tasakaalus oma auruga.                                         |
| 4. Vedeliku molaarruumala | D. ained, mis vähendavad pindpinevustegurit.                                                         |
| 5. Küllastunud auru rõhk  | E. energiahulk, mis on vajalik vedeliku pinna suurendamiseks või vähendamiseks ühe pinnaühiku võrra. |
| 6. Pindaktiivsed ained    | F. ühe mooli vedeliku ruumala.                                                                       |
| 7. Viskoossus             | G. vedeliku ruumalaühiku mass antud temperatuuril.                                                   |

Ülesannet on võimalik lahendada ka interaktiivselt. Selleks on teil vaja QR-koodi lugejat. Ülesannet saab lahendada ka lingile vajutades <https://learnin-gapps.org/watch?v=p1jktbi5520>



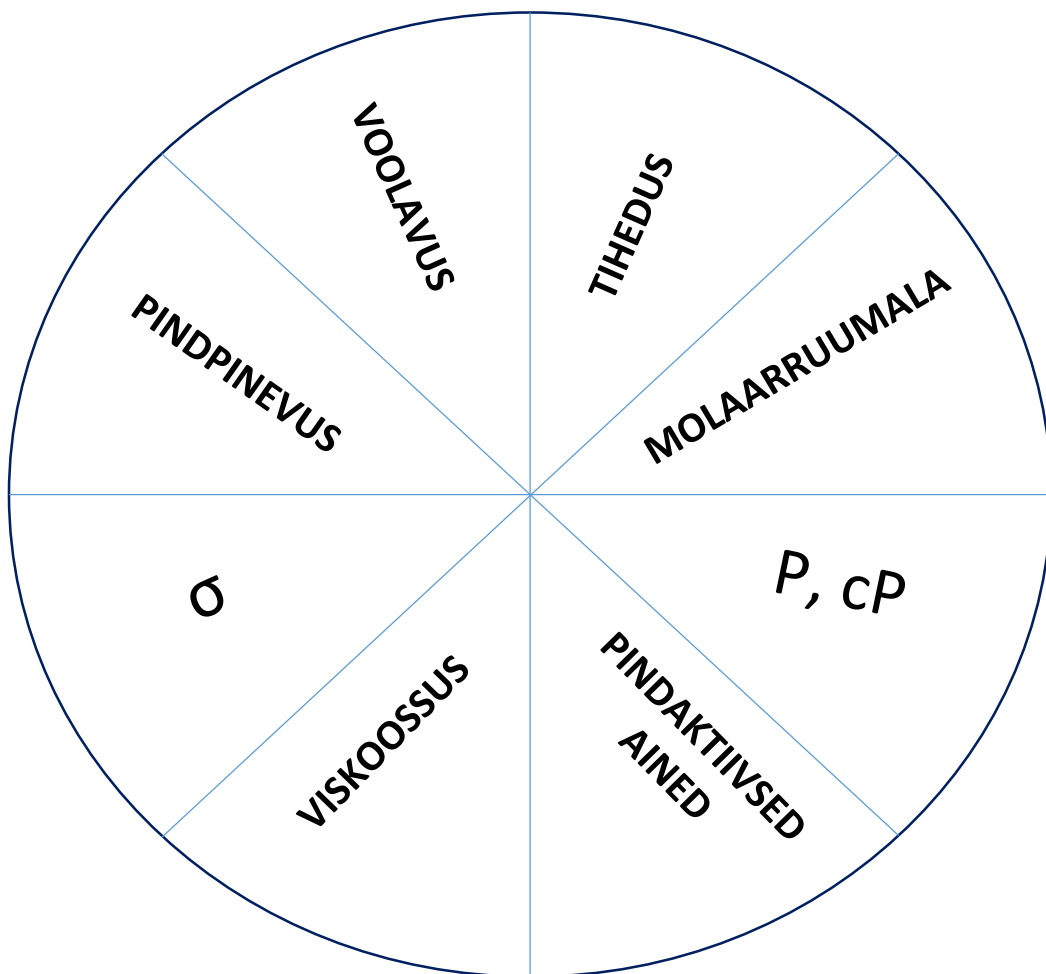
4. Tuginedes loetud tekstile, moodustage küsimused etteantud küsisõnadega.

- 1) Mis? .....
- 2) Mida? .....
- 3) Millest? .....
- 4) Kuidas? .....



5. Esitage paarilisele küsimused. Paariline vastab teie küsimustele ja esitab küsimuse teile. Nüüd on teie kord vastata.

6. Paaristöö „Definitsiooniratas“. Töövahendid: pliats ja kirjaklamber. Pange kirjaklamber ratta keskkoha ja asetage pliatsi terav ots selle keskele. Üks mängija keerutab kirjaklambrit. Kui kirjaklamber jääb seisma, siis see, kes kirjaklambrit keerutas, peab ütleva termini definitsiooni.



## 1.3. Tahke agregaatolek

1. Ennustage, millest tekstis räägitakse. Pange endale kirja 3 märksõna.

2. Lugege tekst läbi. Pöörake tähelepanu mõistetele.

Tahkises paiknevad molekulid korrapäraselt. Tahkeid aineid jaotatakse kaheks: amorfset ained ja tahkised ehk kristallid.

**Amorfsetes** kehaes ei ole kindlat kaugkorrapära osakeste paiknemises. Nende ainete hulka kuuluvad näiteks klaasid, paljud orgaanilised materjalid jne. Füüsikalises keemias ei vaadelda amorfseid aineid tahkete ainetena, kuna neil *ei ole püsivat sulamispunkti*.

Kristalsete ainete iseloomulikud välistunnused on kindel ja selge sulamistemperatuur ning kindel kristallide geomeetiline kuju (kristallivõre).

Tahke oleku korral sooritavad aine molekulid ja aatomid vaid väikesi võnkumisi kindlate asendite (tasakaaluoleku) ümber. Kristallides moodustavad need asendid perioodilise kristallivõre; esineb ka amorfne kuju. Tahked kehad säilitavad kindla temperatuuri juures kuju ja ruumala.

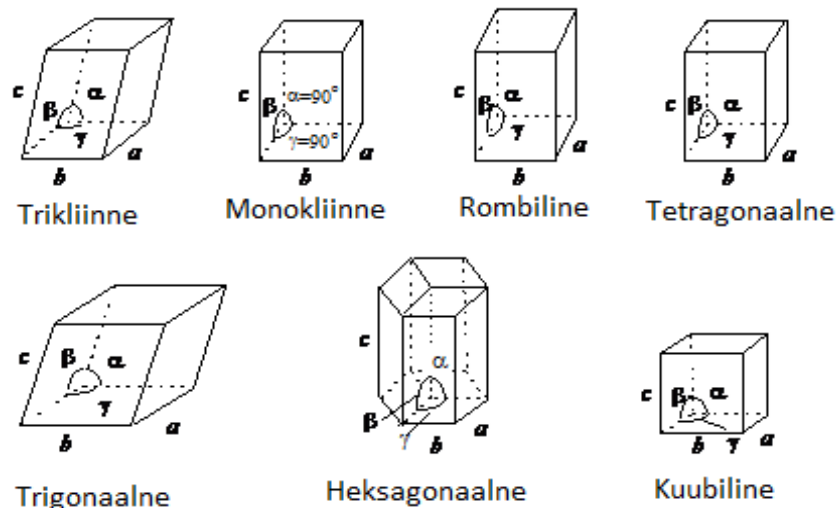
**Kristallid** on tahked ained, millel on korrapärane perioodiliselt korduv osakeste (ioonide,

aatomite, molekulide) paigutus. Osakesed moodustavad kristallivõre, mille sõlmedes nad paiknevad. Korrapäraselt paigutatud elementaarrakud püsivad kohal tänu keemilistele sidemetele.

Tahkiseid jaotatakse ka osakeste paiknemise korra järgi. Sellise klassifikatsiooni aluseks on väikseima iseseisvalt eksisteerida võiva kristalli struktuur. Niisugust kristallikest nimetatakse elementaarrakuks. Kui elementaarrakke paigutada üksteise kõrvale kõigis kolmes ruumisruunas, tekib kristallivõre.

Elementaarraku kuju järgi jaotatakse kristalle 7 rühma (joon 1):

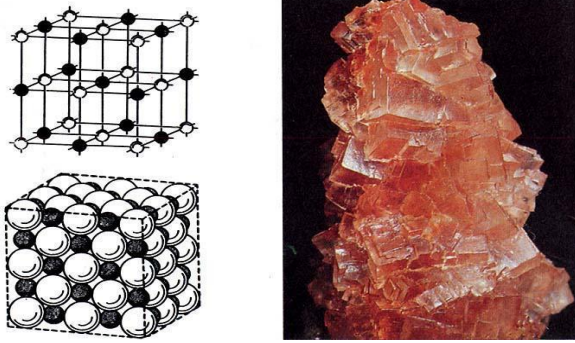
- kuubiline
- tetragonaalne
- heksagonaalne
- trigonaalne
- rombiline
- monokliinne
- trikliinne



Joonis 1. Põhilised elementaarrakud

Ideaalses kristallis ehk rikkumata võrega on

osakeste paigutus rangelt korrapärane.



Joonis 2. Haliidi (NaCl) kristallivõre kaks joonist.

Elementaarraku kuubiline kuju kajastatakse selle mineraali kristallikujus.

Kristallivõre neli tüüpi on molekul kristallid, aatomkristallid,ioonkristallid, metallkristallid. Kristallivõre tüübist sõltub aine kõvadus, sulamistemperatuur ja teised.

Kristalliliste kehade füüsilised omadused (niisugused nagu rebimistugevus, elastsus, soojus- ja elektrijuhtivus, valguse läbilaskvus jt) ei ole ühesugused erinevates suundades, aga on samasugused paralleelsetes suundades. Seda kehade omadust nimetatakse anisotroopsuseks (anisotroopsus on keha või mõne muu objekti omaduste sõltuvus suunast). Näiteks üks teemandi põhiomadus on kõvaduse anisotroopsus, see tähendab, et kõvadusel on erinevad väärtused erinevates tahkudes ja erinevates suundades. Teemandi töötlemine toimub vähem kulumiskindlates suundades.

Amorfsete kehade omadused on ühesugused kõikides suundades ehk amorfsed kehad on isotoopsed.

Kristallilised kehad jagunevad monokristallideks ja polükristallideks.

**Monokristall** on terviklik üksik ühtse

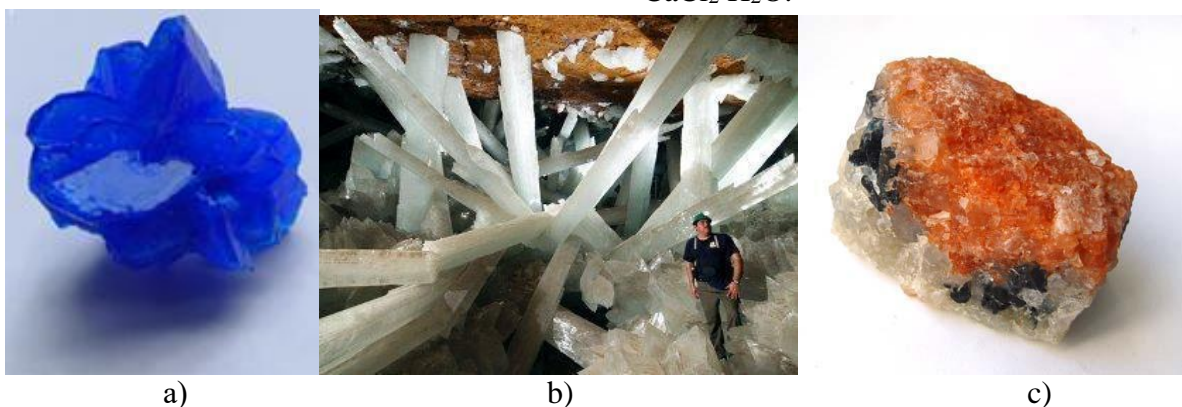
kristallivõrega mineraalitera, mida iseloomustatakse anisotroopsusega. Monokristallid on väärtuslikud materjalid eriliste füüsikaliste omadustega. Näiteks teemant on väga kõva, fluoriit on läbipaistev laia lainete diapasoosile, kvarts on piesoelektrik. Monokristallid muudavad oma omadusi välismõjul (valgus, elektri- ja magnetväli, radiatsioon, temperatuur, rõhk), sellepärast kasutatakse monokristallidest tooteid elektronikas, akustikas, arvutitehnikas jt. Looduslike monokristallide varud on piiratud, sellepärast tekkis nende kunstlikult kasvatamise vajadus.

**Polükristall** on kaootiliselt orienteeritud erineva suuruse ja vormiga kristallide kogum – kristalliitide kogum. Polükristallilise keha iga väike monokristall on anisotroopne, aga kogu polükristalliline keha on isotroopne. Polükristalliline olek on iseloomulik paljudele looduslikele ja sünteetilistele tehniliselt tähtsatele materjalidele, näiteks metallidele, sulamitele, paljudele mineraalidele, keraamilistele materjalidele.

#### Soolade kristallhüdraadid

Kristallhüdraadid on ained, mille koostises on keemiliselt seotud vesi. Seda vett nimetatakse kristallveeks. Tüüpilised kristallhüdraadid on looduslikud mineraalid, näiteks kips  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , karnalliit  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ja teised.

Soolade kristallhüdraadid eristuvad kristallvee hulga poolest ja teiste osakestega veemolekulide sideme loomuse poolest. Ühend moodustab tihti mitu kristallhüdraati. Näiteks  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .



a)

b)

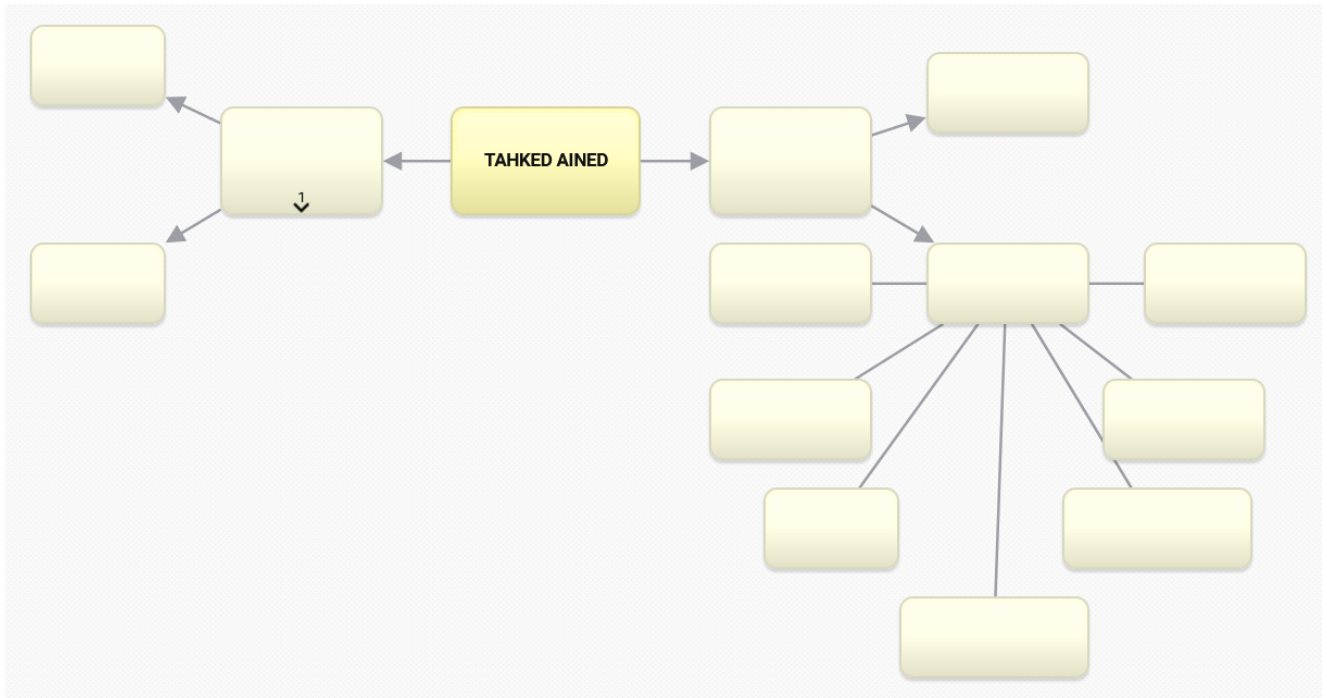
c)

Joonis 3. Kristallid a)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ; b) kips; c) karnalliit.

Veemolekulid võivad siduda nii katioonidega kui ka anioonidega. Need võivad ka siseneda kristallivõrre ioonide või nende kihtide

vahele, mõjudes üheaegselt mitme iooniga. Kristallhüdraatide moodustamine toimub alati soojuse eraldamisega.

**3. Täiendage mõtteskeemi.**



**4. Lõpetage laused**

- a) Tahked kehad säilitavad .....
- b) Elementaarraakuks nimetatakse .....
- c) Kristallivõre tekib .....
- d) Kristalliliste kehade füüsilised omadused .....
- .....
- e) Amorsed kehad on isotroopsed .....

**5. Paarisvestlus. Paariline A jutustage monokristallidest. Paariline B kuulake oma vestluskaaslast ning esitage talle üks küsimus.**

**Paariline B jutustage polükristallidest. Paariline A kuulake oma vestluskaaslast ning esitage talle üks küsimus.**

**6. Täitke tabel.**

<b>Mõiste</b>	<b>Definitsioon</b>
a) Amorfseid kehad	
b) Kristallid	
c) Elementaarrakk	
d) Polükristall	
e) Monokristall	
f) Kristallvesi	
g) Anisotroopsus	



## 1.4. Vedelkristalliline aineolek

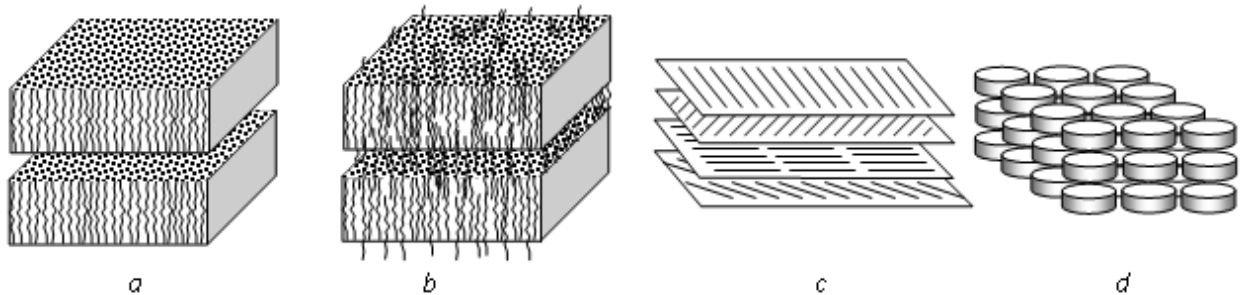
### 1. Lugege tekst läbi. Pöörake tähelepanu mõistetele.

On vedelike eriline klass, mille füüsikalised omadused omavad ruumilist anisotroopsust. Neid aineid nimetatakse vedelkristallideks.

Vedelkristalliline (mesomorfne) aineolek on olek, mille omadused on tahke kristalli ja vedeliku vahepeal. Vedelatel kristallidel on tahkete kristalliliste kehade omadused (oriinteeritud kaugkorrapära, optilised omadused – valguse hajumine,

polarisatsioon, valguse murdumine, anisotroopsus) ja vedelike omadused (voolavus, viskoossus).

Enamikus kujutavad vedelkristallid endast orgaanilisi ühendeid, mille molekulid on venitatud teatud suunas. Sõltu- des molekulide orientatsiooni viisist, jagatakse vedelkristallid neljaks klassiks: nemaatikud, smektikud, kolesteerikud ja diskotikud



Joonis 4. Molekulide paiknemine vedelkristallides

Nemaatilistes vedelkristallides on molekulide teljed oriinteeritud paralleelselt teineteisele. Molekulid paiknevad kihtide kaupa, molekulide telgete suund on kihtidega ristloodis. (joon 4, a).

Smektikute molekulid on paigutatud ristloodi kihtidega (joon 4, b), aga mõned molekulid paigutuvad osaliselt lähedastes kihtides.

Kolesteerikutel (joon 4, c) paiknevad molekulid kihtide kaupa, aga molekulide teljed on oriinteeritud paralleelselt pinnaga, kus nad asuvad ja molekulide suund muutub piki keerdjoont üle minnes ühelt kihilt teisele.

Diskotikutel (joon 4, d) väänduvad pikad molekulid diski (tableti) kujul.

Vedelkristalliline olek on tavaliselt *mesofaas* (vahefaas), kuhu lähevad üle kristallilised ained enne vedelikuks muutumist. Selles olekus rikutakse osaliselt kaugkorrapära. Vedelkristalli temperatuuri tõusmisel rikutakse kaugkorrapära täielikult ja aine kaotab füüsikaliste omaduste ruumilise anisotroopsuse. Edasisel temperatuuri kasvul võib toimuda molekulide rebenemine eriosadeks ja edaspidi aine destruktsioon (pöördumatu lagunemine).

Vedelkristallid muudavad oma füüsikalisi omadusi erinevate füüsikaliste tegurite mõjul (temperatuur, elektri- ja magnetväli, mehaanilised pinged, kiirgus), mida kasutatakse laialdaselt kaasaegsetes seadmetes ja tehnoloogiates.

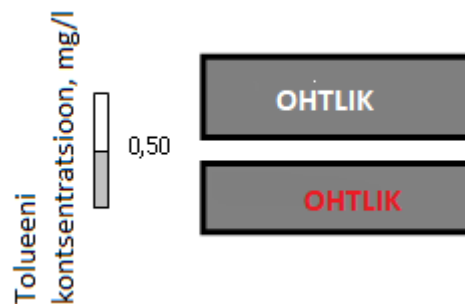
Vedelkristallid leidsid kasutust indikaatorseadmetes (elektroonika, kellad, mobiiltelefonid jne) ja monitoride, televiisorite, tabloode jne vedelkristalliliste monitoride tootmisel.

Kolesteerikute õhukesi kihte kasutatakse termomeetrite, termoskoopide, temperatuuriandurite jne valmistamisel.

Erinevate seadmete kaitsmiseks (näiteks elektrimootorite) ülekuumenemise eest kaetakse need värviga, mis sisaldab vedelkristalle. Madalatel temperatuuridel

on värvitud pinnas neutraalset värvi (halli või rohelist). Ülekuumenemisel muutub seadme pinnase värv silmapaistvaks (näiteks punaseks), näidates seadme ohtlikku töörežiimi.

Vedelkristallide kihte kasutatakse signaalina keemilise ohu korral. Nende seadmete töö põhimõtte alusel on vedelkristallide molekulidel võime moodustada mõnede keemiliste ainetega vastastoomel suuremaid molekule. Sellele protsessile kaasneb õhukeste vedelkristalliliste kihtide värvuse muutmine.



Joonis 5. Keemilise ohu signalisatsiooni seade.

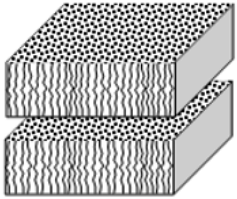
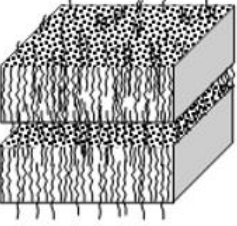
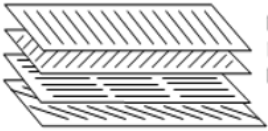

Joonisel 5 on näidatud niisugune seade. See on neutraalset värvi tablo, mille peal on kujutatud ohu signaal vedelkristallilise aine abil. Kui kahjuliku aine (näiteks tolueni) kontsentratsioon ei ole suur, siis

vedelkristalliline kiht on neutraalset värvi. Kui tolueni kontsentratsioon õhus ületab lubatud piiri, tablo pealiskiri värvub punaseks.

## 2. Pange lünka sobivad sõnad.

- Vedelkristalliline (mesomorfne) aineolek on olek, mille omadused on \_\_\_\_\_ ja \_\_\_\_\_ vahepeal.
- Vedelatel kristallidel on tahkete kristalliliste kehade omadused - \_\_\_\_\_, optilised omadused – \_\_\_\_\_, ja vedelike omadused - \_\_\_\_\_.
- Vedelkristalliline olek on tavaliselt *mesofaas* (\_\_\_\_\_), kuhu lähevad üle kristallilised ained enne \_\_\_\_\_ muutumist.
- Vedelkristalli temperatuuri \_\_\_\_\_ rikutakse kaugkorrapära täielikult ja aine kaotab füüsikaliste omaduste ruumilise anisotroopsuse.
- Vedelkristallid leidsid kasutust \_\_\_\_\_ ja \_\_\_\_\_.

3. Sobitage pilt ja kirjeldus.

	<p><b>A</b> - Nemaatilistes vedelkristallides on molekulide teljed orienteeritud paralleelselt teineteisele. Molekulid paiknevad kihtide kaupa, molekulide telgede suund on kihtidega ristloodis.</p>
	<p><b>B</b> - Diskotikutel väänduvad pikad molekulid diskide (tableti) kujul.</p>
	<p><b>C</b> - Kolesteerikutel paiknevad molekulid kihtide kaupa, aga molekulide teljed on orienteeritud paralleelselt pinnaga, kus nad asuvad ja molekulide suund muutub piki keerdjoont ühelt kihilt teisele üle minnes.</p>
	<p><b>D</b> - Smektikute molekulid on paigutatud ristloodi kihtidega, aga mõned molekulid paigutuvad osaliselt lähedastes kihtides.</p>

4. Lõpetage laused

- Vedelatel kristallidel on tahkete kristalliliste.....
- Vedelkristallid kujutavad endast enamikus.....  
.....
- Vedelkristalli temperatuuri tõusmisel .....
- Nemaatilistes vedelkristallides on molekulide teljed orienteeritud.....  
.....
- Smektikute molekulid on paigutatud .....
- Kolesteerikutel paiknevad molekulid kihtide kaupa, aga molekulide teljed on orienteeritud.....  
.....
- Diskotikutel väänduvad pikad molekulid.....

## 1.5. Ainete sisalduse väljendamine lahustes

### 1. Leidke tekstist laused sõnadega: nimetama, kirjeldama, väljendama, näitama, kasutama.

Lahus on homogeenne segu, milles esineb kaks komponenti: vähemalt üks lahustunud aine ja lahusti. Lahustiks nimetatakse komponenti, mida on lahuses kõige rohkem. Lahus koos lahustunud aine ja lahustiga moodustab terviku.

Lahuses oleva aine sisaldust saab kirjeldada komponendi koguse suhtena terviku suhtes.

Väljendusviise on mitmesuguseid.

Üks võimalustest väljendada aine sisaldust on massimurd, mis näitab komponendi massi suhet terviku massi. Analoogselt saab koostada ka mooli- või mahumurdu. Sageli väljendatakse massi-, mooli- ja mahumurdu protsentidena ning selleks tuleb vastav murd korrutada läbi sajaga.

Enamlevinud aine sisalduse väljendusviis on massiprotsent, mis näitab komponendi massiühikute arvu terviku 100 massiühikus. Kui tekstis esitatakse lihtsalt protsendiline sisaldus (%) ilma täiendavate täpsustusteta, mõeldakse selle all massiprotsenti.

Vedelike lahuste korral kasutatakse ka **mahuprotsenti**, mis näitab komponendi mahuühikute arvu terviku 100 mahuühikus. Mahuprotsendilise sisalduse tähistamiseks kasutatakse sümbolit % vol. Mahuprotsent on kontsentratsiooni väljendusviis, mille arvutamisega võib lihtsasti eksida. Vedelike segamisel saadava lahuse maht (ehk ruumala) ei ole sageli võrdne komponentide mahtude summaga. See on tingitud molekulidevaheliste jõudude erinevustest lahusti ja lahustunud aine vahel ning aine molekulide omavahelise vastastikmõju tõhususest. Vedelike mahtude kahanemist segunemisel nimetatakse ka **kontraktsiooniks**. Seetõttu ei saa näiteks 40 ml puhta etanooli segamisel 60 ml veega 100 ml 40% vol viina. Mahuprotsendi ülesannete puhul on oluline meelde jätta, et omavahel on liita/lahutada võimalik massi või moolide arvu, ent mitte mahte. Mõnikord kasutatakse ka molaarseid, molaalseid või normaalseid kontsentratsioone.

Molaarne kontsentratsioon (tähis  $c$ ) ehk **molaarsus** on aine moolide arv ühes kuupdetsimeetris lahuses. Molaarse kontsentratsiooni ühikuks on  $\text{mol/dm}^3$  või  $\text{mol/L}$ , ent lühendatult tähistatakse seda ühikut sümboliga  $M$ . Molaarne kontsentratsioon on kasutusel keemialaborites ja eriti **tiitrimise** arvutustes, sest on nende arvutuste jaoks kõige mugavam kontsentratsiooni väljendusviis. Tiitrimisel kasutatakse väikeste koguste lahuste korral ka kontsentratsioonina suurust tiiter, mis väljendab lahustunud aine massi ühes milliliitris lahuses.

Molaalne kontsentratsioon ehk **molaalsus** on aine moolide arv kilogrammi lahusti kohta. Molaalse kontsentratsiooni ühikuks on  $\text{mol/kg}$ , ent sageli tähistatakse seda ühikut sümboliga  $m$ .

Normaalsus ehk normaalne kontsentratsioon näitab lahustunud aine grammekvivalentide arvu ühes liitris lahuses. Ühikuks on  $\text{mol/dm}^3$  või  $\text{mol/L}$ , ent lühendatult tähistatakse seda ühikut sümboliga  $N$ .

Aine sisalduse võib anda ka massikontsentratsioonina, mis on aine mass kindlas ruumalaühikus (näiteks  $\text{g/dm}^3$  või  $\text{g/L}$ ).

Füüsikalises keemias kasutatakse kontsentratsiooni väljendamiseks moolimurdu ja massimurdu. Moolimurd on lahustunud aine moolide ja kõigi lahuses olevate moolide (lahustunud aine(d) + lahusti moolide) arvu suhe. Massimurd on vastavalt lahustunud aine massi ja lahuse kogu massi (lahustunud aine + lahusti) suhe.

Väga väikeste kontsentratsioonide iseloomustamiseks on kasutusele võetud tähistused ppm (ingl *parts per million*) – 1 osa ainet miljonis osas proovis, ppb (ingl *parts per billion*) – 1 osa ainet miljardis osas proovis ning ppt (ingl *parts per trillion*) – 1 osa ainet triljonis osas proovis.

**2. Koostage nende tegusõnadega oma laused teksti teemal.****Pöörake tähelepanu:***nimetama mida? milleks?**kirjeldama keda/mida?**väljendama mida?**näitama mida?**kasutama mida?***3. Leidke tekstist vastavad fraasid**

	<i>venekeelsed fraasid</i>	<i>eestikeelsed fraasid</i>
1.	образует единое целое	
2.	по отношению к целому	
3.	отношение массы компонента к массе целого	
4.	более распространённый способ выражения	
5.	равен сумме объёмов компонентов	
6.	взаимное воздействие молекул	
7.	ошибиться в расчётах	
8.	в одном кубическом дециметре раствора	
9.	количество молей вещества на килограмм раствора	
10.	в определённых единицах объёма	
11.	одна часть вещества на миллион частей пробы	

## 1.6. Pindpinevus, märgamine ja kapillaarsus

### 1. Lugege tekst läbi ja mõelge, missugused füüsikalised protsessid toimuvad ainete erinevate olekute piirpinnal.

Ainete erinevate olekute piirpinnal toimub mitmesuguseid füüsikalisi protsesse.

#### 1) Vaatleme vedeliku ja gaasi piirpinda

Vedeliku sees on iga molekul ühtlaselt ümbritsetud naaber molekulidega ja seotud kohe- sioonijõududega. Kohesioonijõud püüavad molekulile tõmmata üksteisele lähemale ja vedeliku sisemuse poole. Vedeliku sees on need jõud keskmiselt võttes tasakaalus (resultantjõud on null). Piirpinnal on aga olu- kord teine. Väljaspool (gaasi poolel) on molekulile väga vähe, tasakaal on rikutud ja seepärast mõjub pinnakihi molekulidele summaarselt tõmme ainult ühes suunas, vedeliku sissepoole. See tekitab vedeliku pin- nakihi teatava pinge, mida nimetatakse pindpinevusjõuks. Pindpinevust võrreldakse tihti põhjendatult venitatud (pingutatud) elastse kilega.

Pindpinevuse tõttu on vee ja õhu piirpind alati võimalikult väike. Muude mõjude puudumisel on vihmapiisk kerakujuline, sest kera on sama ruumala juures kõige väiksema pindalaga keha.

#### 2) Vaatleme vedeliku ja tahkise piirpinda

Vedeliku ja tahke aine kokkupuutel mõjuvad nende osakeste vahel tunduvalt tugevamad molekulaarjõud kui vedeliku ja gaasiosakeste vahel.

Kui vedeliku ja tahkise osakesed tõmbuvad tugevamini kui vedelikumolekulid omavahel, siis nimetatakse vedelikku seda pinda märga- vaks.

Kui vedeliku ja tahkise osakeste vaheline tõmbumine on nõrgem kui vedelikuosakeste vaheline, siis nimetatakse vedelikku selle pinna suhtes mittemärgavaks.

Märgamist mõjutavad kohesiooni- ja adhe- sioonijõud koos. Seega on märgamine keeru- line ja mitmetahuline nähtus, sõltub nii vede- liku kui tahkise omadustest ja on tundlik vedeliku lisandite ning pinna puhtuse suhtes. Oma osa mängib temperatuur ja aurustumine.

Kohesiooni- ja adhesioonijõud osalevad mit- metes huvitavates ja olulistes nähtustes: pindpinevus, vedelike voolamine torudes ja lahtistes voolusängides, tilkumine, märgu- mine, imbumine poorsetesse ja kiulistesse materjalidesse.

Pindpinevuse ja märgamisega on seotud palju igapäevaseid nähtusi, nagu vee imbu- mine poorsetesse materjalidesse, vee liiku- mine pinnases ja taimedes jpm.

Vedelike omadust tungida peenikesesse vahedesse, kiudude vahele, pooridesse nime- takse kapillaarsuseks. Kapillaartõus avaldub siis, kui vedeliku molekulide ja kapillaari sisepinna molekulide vahel valitsevatest jõu- dudest on ülekaalus adhesioonijõud.

Vaatleme kapillaarsuse näitena vee käitumist peenikeses püstises klaastorus, kapillaaris. Klaasi ja vee puutepiiril tõuseb vesi veidi mööda klaasi üles. Piisavalt peenikeses vette pistetud torus saavad need veepinna serva kumerdumised keskel kokku. Toru sees tõu- seb veepind ümbritsevast veest kõrgemale ja hoiab ligilähedaselt sfäärilist kuju. Vedeliku- samba lahtise pinna kõverdunud kuju nime- tatakse meniskiks. See tekib kõigis torukes- tes, pipettides, voolikutest, väikestes mõõt- nõudes jm. Paljud inimesed vaatavad värvi- tud piirituse meniskit oma õuetermomeetri paisumistorus iga päev, aga väiksuse tõttu märgatakse seda harva. Luupi appi võttes on hästi näha sedagi, et elavhõbetermomeetris kõverdub menisk teistpidi, sest elavhõbe klaasi ei märga.

Kui vesi on kapillaari tõusnud ja püsib seal paigal, siis on tegemist jõudude tasakaaluga.

Vedelikud tõusevad kõrgemale peenemates kapillaarides ja suurema pindpinevusteguri korral. Muidugi vähendab kapillaartõusu vedeliku suurem tihedus. Ehitusinsenerid väidavad, et sobivate tingimuste korral võib kapillaartõus näiteks betooni poorides ula- tuda kümne kilomeetriteni. Kapillaarsusega ja aurustumisega seondub vee ning lahuste

liikumine taimedes, pinnases ja ehitusmaterjalides.

Kapillaartõus on küll märgamisega seotud, aga see pole siiski sama nähtus. Hea märgamise korral tõuseb vedelik mööda anumad

seina ka laias anumad, mitte ainult kapillaaris. Näiteks õilil ja petrooleumil on omadus mööda nõu seinu „üles ronida” ja nii väliskülge kui lauaplaati mõne päevaga üsna õliseks teha. Samamoodi käituvad alkohol ja kerged kütused, mis aga aurustumise tõttu lausa pudeli väliskülgele ei jõua.

2. Leidke sõnasegadikust teemakohased sõnad ja koostage iga leitud sõnaga lause.

I	V	K	Z	D	X	G	D	S	Q	A	T	K	U	K	U	O	E	N	X	Z	H	K
F	C	V	X	N	N	K	K	M	Ä	R	G	A	V	N	B	Y	B	K	G	C	Y	F
O	D	E	B	G	W	C	V	Y	A	M	G	P	I	N	D	P	I	N	E	V	U	S
J	D	N	L	H	N	E	U	T	A	H	K	I	S	Z	V	N	D	K	D	C	X	O
O	D	F	B	C	S	W	Y	F	Q	V	S	L	C	B	J	H	A	K	A	M	I	N
L	H	V	B	I	X	Q	H	D	P	M	D	L	D	S	Y	K	N	I	H	U	T	V
T	L	T	G	L	P	S	H	Y	I	L	P	A	F	U	G	J	C	N	E	H	Q	Y
X	Y	H	W	F	Z	U	Z	D	E	U	D	A	R	T	E	N	B	A	K	V	G	J
K	A	N	H	G	G	J	L	L	M	W	Q	R	U	U	M	A	L	A	T	R	N	B
W	Z	H	G	J	Q	I	W	M	E	N	I	S	K	D	X	Z	W	I	M	S	H	X
K	O	H	E	S	I	O	O	N	I	J	Ö	U	D	I	P	H	S	F	S	F	K	I
A	Q	O	O	W	C	O	C	M	U	N	S	S	V	G	G	D	K	N	F	F	B	B


1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_

- 1) .....
- 2) .....
- 3) .....
- 4) .....
- 5) .....
- 6) .....
- 7) .....

Harjutust on võimalik sooritada ka interaktiivselt.

<https://learningapps.org/watch?v=p40kgqwha21>



3.  Paaristöö. Paariline A kirjeldage vedeliku ja gaasi piirpinda. Paariline B kuulake tähelepanelikult ja esitage kuuldu kohta kolm küsimust.

Paariline B kirjeldage vedeliku ja tahkise piirpinda. Paariline A kuulake tähelepanelikult ja esitage kuuldu kohta kolm küsimust.

## 2. KEEMILISED PROTSESSID

### 2.1. Üldteave keemiatehnoloogia kohta

Kaasaegne keemiaettevõtte on keeruline süsteem. Põhitoodangu kirjeldamisel tuleb eristada järgmisi mõisteid: **tehnoloogiline operatsioon, tehnoloogiline protsess, tootmisprotsess.**

**Tehnoloogiline operatsioon** on mehaaniline, hüdro-mehaaniline, elektromehaaniline, füüsikaline, keemiline mõju lähteainetele ja -materjalidele, et muuta nende kuju, füüsikalisi omadusi, koostist ja muuta mõned ained teisteks.

**Tehnoloogiline protsess (TP)** on tehnoloogilise operatsiooni (TO) ja seadmete kogum, millel see teostatakse. Näited: transpordi TP (TO - põlevkivi teisaldamine ruumis, seadmed - lintkonveier, TP lahuse kontsentratsiooni suurendamine aurustamise teel (TO aurustamine, seadmed - aurusti) jne.

**Tootmisprotsess** on tehnoloogiliste protsesside kogum, mis on omavahel ühendatud materjali-, energia- ja teabevoogudega ning viiakse lõpptoodangu toorainest tootmiseks. Näide: tootmisprotsess põlevkivist põlevkiviõli tootmiseks.

Keemiatootmisel on mitmeid eripärasid. Keemiaettevõttes kasutatakse erinevaid mineraalse ja orgaanilise päritoluga tooraineid. Tooraine töötlemise protsessis domineerivad keemilised ja füüsikalised-keemilised mõjud materjalidele. Nende mõjude käigus muutuvad ainete koostis, struktuur ja omadused.

**Keemiatootmine** on tehnoloogiliste protsesside jada tooraine töötlemiseks toodeteks koos kohustusliku keemilise muundamise tehnoloogilise operatsiooni kasutamise, mis muudab ainete koostist, struktuuri ja omadusi.

**Keemilis-tehnoloogiline protsess** on keemiliste, füüsikaliste, mehaaniliste ja muude mõjude kombinatsioon lähteainetele ja seadmed nende rakendamiseks toodete või pooltoodete saamiseks.

Keemiatootmises eristatakse tüüpilisi protsesse, mille jaoks on mõeldud vastavad seadmed ja masinad.

**Mehaanilised ja hüdro-mehaanilised protsessid** - materjalide teisaldamine, nende kuju ja suuruse muutmine, kokkusurumine ja paisumine, voogude segamine ja eraldamine. Kõik need toimuvad töödeldud materjali keemilist koostist ja faasiolekut muutmata. Nende protsesside läbiviimiseks on ette nähtud konveierid, sööturid, purustid, dispergatorid, kompressorid, pumbad, segistid, filtrid jne.

**Soojusvahetusprotsessid.** Nende hulka kuuluvad soojendamise, jahutamise, faasioleku muutmine. Nendes protsessides ainete keemiline koostis ei muutu. Need kulgevad soojusvahetites, kateldes, kondensaatorites, aurustites, sulatites, sublimaatorites

**Massiülekandeprotsessid** on aine ülekandeprotsessid faasis või faaside vahel, mis kulgevad keemilist koostist muutmata. Nende hulka kuuluvad kristallimine, lahustamine, kuivatamine, destilleerimine, rektifitseerimine, absorptsioon, adsorptsioon, desorptsioon, ekstraheerimine. Nende protsesside läbiviimiseks kasutatakse kristallisaatoreid, kuivateid, destilleerijaid, rektifikatsioonikolonne, neeldureid, adsorbeerijaid, desorbeerijaid ja ekstraktoreid.

**Keemilised protsessid** on protsessid, mis põhjustavad ainete keemilise koostise muutmist keemiliste reaktsioonide rakendamise teel ning toimuvad reaktorites.

**Keemiatehnoloogia** on teadus toorainete ja vahetoodete massilise keemilise töötlemise protsessidest, meetoditest ja vahenditest.

**Keemiatehnoloogia** on rakendusteadus toodete tootmisprotsesside korraldamise kohta, mis viiakse läbi kõige tõhusamal viisil keemiliste ja füüsikalise-keemiliste muundumiste teel.

Keemiatehnoloogia liigitatakse erinevate põhimõtete järgi: 1) tooraine järgi (näiteks mineraalse, taimse või loomse tooraine töötlemise tehnoloogia; kivisöe, nafta jms tehnoloogia); 2) tarbija või kauba tunnuse järgi (näiteks väetiste, värvainete, farmaatsiatoodete tehnoloogia); 3) keemiliste elementide



perioodilisussüsteemi rühmade järgi (näiteks leelismetallide, raskmetallide tehnoloogia

jne); 4) keemiliste reaktsioonide ja protsesside tüüpide järgi (kloorimise, sulfoonimise, elektrolüüsi jms tehnoloogia).

### 1. Täitke tabel

<i>Mõiste</i>	<b>tehnoloogiline operatsioon</b>	<b>tehnoloogiline protsess</b>	<b>tootmisprotsess</b>
<i>Definitsioon</i>			
<i>Näide</i>			

### 2. Nimetage

- a) protsessid, mida mainitakse tekstis
- b) seadmed

### 3. Koostage teksti juurde 5 küsimust, esitage need oma rühmakaaslastele.

### 4. Koostage laused fraasidega:

1. ainete struktuur ja omadused
2. tooraine töötlemine
3. lahuse kontsentratsiooni suurendamine
4. keemilist koostist muutmata
5. erinevate põhimõtete järgi

## 5. Ühendage mõiste ja definitsioon

<b>Mehaanilised ja hüdromehaanilised protsessid</b>	protsessid, mis põhjustavad ainete keemilise koostise muutmist keemiliste reaktsioonide rakendamise teel ning toimuvad reaktorites
<b>Soojusvahetusprotsessid</b>	aine ülekandeprotsessid faasis või faaside vahel, mis kulgevad keemilist koostist muutmata. Nende hulka kuuluvad kristallimine, lahustamine, kuivatamine, destilleerimine, rektifitseerimine, absorptsioon, adsorptsioon, desorptsioon, ekstraheerimine.
<b>Massiülekandeprotsessid</b>	soojendamine, jahutamine, faasioleku muutmine. Nendes protsessides ainete keemiline koostis ei muutu. Need kulgevad soojusvahetites, kateldes, kondensaatorites, aurustites, sulatites, sublimaatorites
<b>Keemilised protsessid</b>	materjalide teisaldamine, nende kuju ja suuruse muutmine, kokkusurumine ja paisumine, voogude segamine ja eraldamine. Kõik need toimuvad töödeldud materjali keemilist koostist ja faasiolekut muutmata. Nende protsesside läbiviimiseks on ette nähtud konveierid, sööturid, purustid, dispergaatorid, kompressorid, pumbad, segistid, filtrid jne.

## 2.2. Keemilis-tehnoloogiline protsess ja selle sisu

### 1. Leidke sõnastikust tähendused <http://www.keelevaab.ee/>; <http://www.eki.ee/dict/evs>

lähteaine  
 sihttoode  
 kõrvaltoode  
 toiming  
 lisandid  
 massiülekanne  
 seade  
 reaktsioonisaadused  
 ringlussevõtt  
 heitgaasid  
 reovesi  
 kõrvaldama  
 keskkonnareostuse oht

### 2. Lugege tekst läbi ja täitke tekstijärgsed ülesanded

Keemilis-tehnoloogiline protsess on toimingu kogum, mis võimaldab saada lähteainest sihttoodet. Mõned neist toimingutest on vajalikud esialgsete reaktiivide ettevalmistamiseks keemilise reaktsiooni läbiviimiseks, viies need kõige reaktsioonivõimelisemasse olekusse.

Näiteks on teada, et keemiliste reaktsioonide kiirus sõltub tugevalt temperatuurist, seetõttu enne reaktsiooni reaktiive sageli kuumutatakse. Kõrvaltoimete kõrvaldamiseks ja kvaliteetse toote saamiseks puhastatakse lähteaine lisanditest, kasutades meetodeid, mis põhinevad füüsikaliste omaduste erinevusel (lahustuvus erinevates lahustites, tihedus, kondensatsiooni- ja kristallumistemperatuurid jne).

Toorainete ja reaktsioonisegude puhastamisel kasutatakse laialdaselt soojus- ja massiülekanne ning hüdromehaaniliste protsesside nähtusi. Samuti on võimalik kasutada keemilisi puhastusmeetodeid, näiteks keemilisi reaktsioone, mille tulemusena muudetakse lisandid kergesti eraldatavateks aineteks.

Vastavalt ette valmistatud reagentid on keemilises vastasmõjus, mis hõlmab sageli mitut etappi. Nende etappide vahemikes on mõnikord vaja taaskasutada soojus- ja mas-

siülekanneid ning muid füüsikalisi protsesse. Näiteks väävelhappe tootmisel oksüdeeritakse vääveldioksiid osaliselt trioksiidiks, seejärel reaktsioonisegu jahutatakse, vääveltrioksiid ekstraheeritakse sellest absorbeerimise teel ja saadetakse uuesti oksüdeerimiseks.

Keemiliste reaktsioonide tulemusena saadakse toodete (siht- ja kõrvaltoodete) ja reageerimata reagentide segu. Lõplikud toimingud on seotud selle segu eraldamisega, mille jaoks kasutatakse uuesti hüdromehaanilisi, soojus- ja massiülekandeprotsesse, näiteks filtreerimist, tsentrifuugimist, rektifitseerimist, absorptsiooni, ekstraheerimist jne. Reaktsioonisaadused saadetakse valmistoodete lattu või edasisele töötlemisele: reageerimata toorainet kasutatakse protsessis uuesti, korraldades selle ringlussevõttu. Lõppjärgus viiakse läbi ka energia rekuperatsioon ja tööstusjäätmete töötlemine, et eraldada heitgaasidest ja reoveest kõik väärtuslikud komponendid ning kõrvaldada keskkonnareostuse oht.

Seega on keemilis-tehnoloogiline protsess tervikuna keeruline süsteem, mis koosneb üksikutest omavahel seotud protsessidest (elementidest) ja mõjutab keskkonda.

Keemilis-tehnoloogilise süsteemi elementideks on ülal loetletud soojus- ja massiülekannde protsessid, hüdromehaanilised, keemilised protsessid jms. Neid peetakse keemiatehnoloogia üksikprotsessideks.

Keerulise keemilis-tehnoloogilise protsessi oluline alamsüsteem on keemiline protsess. See on üks või mitu keemilist reaktsiooni, millega kaasnevad soojus- ja massiülekanndenähtused.

Üksikute protsesside, nende vastastikuse mõju analüüs võimaldab välja töötada tehnoloogilise režiimi.

Tehnoloogiline režiim on parameetrite kogum, mis määrab seadme või seadmesüsteemi töötingimused.

Optimaalsed tingimused protsessi läbiviimiseks on põhiparameetrite kombinatsioon (temperatuur, rõhk, algse reaktsioonisegu koostis, katalüsaator jne), mis võimaldab saada suurima saaduse kõrgeima kiirusega või tagada madalaimat omahinda.

Üksikud protsessid toimuvad erinevates seadmetes - keemilistes reaktorites, absorptsiooni- ja rektifikatsioonikolonnides, soojusvahetites jne. Protsessi tehnoloogilisel skeemil on ühendatud üksikud seadmed. Ratsionaalse tehnoloogilise skeemi väljatöötamine ja koostamine on keemiatehnoloogia oluline ülesanne.

---

### 3. Koostage teksti juurde küsimused, esitage need rühmakaaslastele.

Mis?

Mida?

Millest?

Milleks?

Kus?

### 4. Seletage mõisted

keemilis-tehnoloogiline protsess

keemilised puhastusmeetodid

energia rekuperatsioon

tehnoloogiline režiim

protsessi tehnoloogiline skeem

optimaalsed tingimused

## 2.3. Põlevkivi

### 1. Enne teksti lugemist vastake küsimustele oma eelnevate teadmiste põhjal.

- 1) Pakkuge põlevkivi definitsiooni, mis see on.
- 2) Kuidas on tekkinud põlevkivi?
- 3) Milliseid aineid sisaldub põlevkivis?
- 4) Kuidas kasutatakse põlevkivi?
- 5) Kus maailmas asuvad suuremad põlevkivivarud?

### 2. Lugege teksti ja täiendage või parandage oma vastused.

Põlevkivideks nimetatakse settekivimeid, milles sisaldub orgaanilist ainet vähemalt sellisel määral, et kivi on võimalik põletada.

Eesti põlevkivi ehk kukersiidi lähtematerjaliks on ligi 450 miljonit aastat tagasi madalas soojas ja soolases vees elutsenud merevetikad. Ladestunud vetikamatid segunesid savi- ja lubimineraalidega ning moodustasid ajapikku orgaanilist ainet sisaldava peeneteralise settekivimi – põlevkivi.

Põlevkivi on orgaanilist ainet kerogeeni sisaldav kollakaspruuni värvusega settekivim. Eesti põlevkivi on karbonaatse ja terrigeense koostisega mineraalainega settekivim, mille orgaanilise aine sisaldus ulatub 10 – 70%-ni. Toorainena kasutatavas põlevkivis moodustab orgaaniline osa 25 – 35%. Orgaaniline osa sisaldab peale süsiniku ja vesiniku veel ka palju hapnikku, vähem väävlit, lämmastikku ja kloori.

Peale orgaanilise aine leidub põlevkivi koostises peamiselt lubjakivi ning savi. Põlevkivi kuivaine koostis on vaadeldav kolme põhi-komponendina: orgaaniline, karbonaatne ja liivsaviosa, millede summaarne sisaldus moodustab põlevkivi kuivainest 100%.

Põlevkivi eripära on tema orgaanilise aine halb lahustuvus tugevates lahustites, püsivus paljude keemiliste reaktiivide ja hapete suhtes ning vesiniku- ja hapnikurikkus. Tema vesiniku ja süsiniku aatomsuhe on umbes 1,5, mis põhjustab põlevkivi termilisel lagunemisel suure õlisaagise. Temperatuurivahemikus 250-450°C muutub lahustumatu kerogeen osaliselt lahustuvaks termobituumeniks, kusjuures muundumise käigus lendub ka väike osa orgaanilist ainet. Põlevkivi kõrgmolekulaarse orgaanilise osa põhiline termiline lagunemine leiab aset temperatuurivahemikus 450-500°C, kus tekib õli ja eraldub gaasilisse

olekusse üle läinud orgaaniline aine ehk lendaine. Tahkefaasi jääv aine on koks või seotud süsinik. Termiline lagunemine jätkub veel kõrgematel temperatuuridel ja lakkab enamiku kütuste korral 1000- 1100°C juures.

Põlevkivi mineraalosa üks komponent on püriit ( $\text{FeS}_2$ ), mille väävlit nimetatakse püriitseks väävliks. Orgaanilise ja püriitse väävli summat käsitletakse põlevväävlina. Orgaaniline aine koos püriitse väävliga moodustab põlevaine.

Põlemise käigus mineraalosa mineraalid lähevad kas esialgsel kujul, muundunud või uusmineraalidena, üle tuhka. Osa mineraalidest lendub osaliselt või täielikult ning läheb üle gaasifaasi. Tuhk on kütuse põlemisel tekkinud tahke jääk, mis tekib peamiselt kütuse mineraalosast ja mõningal määral ka orgaanilise aine osistest komplitseeritud keemiliste protsesside tulemusena.

Elementide arvukaim rühm põlevkivis on mikroelemendid, kuid nende üldkogus on põlevkivis väike. Tähtsamad mikroelemendid on arseen, baarium, kaadmium, kroom, vask, elavhõbe, nikkel, plii, tina ja tsink.

Põlevkivi kvaliteet sõltub peamiselt selles sisalduva orgaanilise aine hulgast. Enim väärtust saab põlevkivist tootes sellest esmalt õli ja seejärel kõrvalsaadustest elektrit. Üks miljon tonni põlevkivi annab 1,3 TWh õli ning 0,3 TWh poolkoksi ja uttegaasi soojus-elektrienergiat. Samuti on põlevkivist võimalik toota erinevaid kemikaale, põlevkivituhast aga tsementi ning teisi ehitusmaterjale.

Ulatuslikumad põlevkivivarud asuvad USA-s, kuid suurimad põlevkivitööstused on Eestis ja Hiinas. Eestis loetakse põlevkivivaruks maavara, mille kaevandatavate kihtide energiasisaldus pindala kohta on 35 GJ/m<sup>2</sup> ning

energiatihedus 6,1 MJ/kg. Eesti on põlevkivivarudelt maailmas 10. kohal ja teadaolevalt on meie põlevkivi õlisaagikus maailma kõr-

geim. Kuna Eesti põlevkivikihti ei ole mõjutanud suur rõhk või temperatuur, annab kohalik põlevkivi koguni 16–23%-list õlisaaki.

**3. Lugege veel kord teksti. Tehke märke ✓ sobiva vastuse (A, B või C) juures olevasse ruutu. Igale küsimusele on ainult üks õige vastus!**

1. Mis on kukersiit

- A  Eesti põlevkivi  
 B  merevetikas  
 C  Eesti lubjakivi

2. Põlevkivi orgaanilise aine sisaldus on

- A  25 – 35 %  
 B  10 – 70 %  
 C  30 – 50 %

3. Põlevkivi koosneb mitmest komponendis

- A  orgaaniline, karbonaatne ja liivsaviosa  
 B  orgaanilised ained ja erinevad mineraalid  
 C  savi, liiv ja vetikad

4. Milline on põlevkivi üks erilistest omadustest?

- A  sisaldab palju vesinikku ja hapnikku  
 B  lahustub tugevates lahustites kergesti  
 C  halvasti reageerib paljude keemiliste reaktiividega

5. Mis on põlevväävel?

- A  püriitne väävel  
 B  põlevkivis põlev orgaaniline aine  
 C  orgaaniline aine ja püriitne väävel

6. Mis toimub põlevkivi mineraalosaga põlemise käigus?

- A  muutub täielikult gaasiks  
 B  muutub täielikult tahkeks aineks  
 C  muutub osaliselt gaasiks ja osaliselt tahkeks aineks

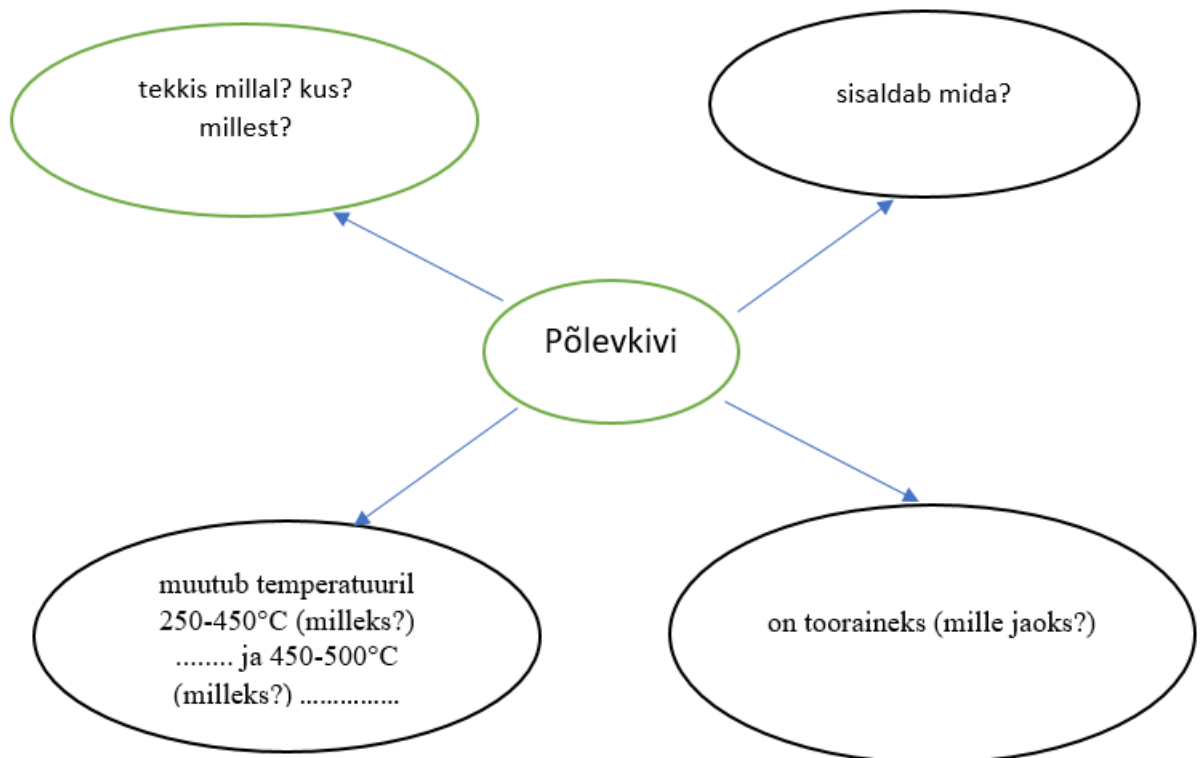
7. Millest sõltub põlevkivi kvaliteet ?

- A  põlevkivikihi paksusest kaevandamisel  
 B  orgaanilise aine sisaldusest põlevkivis  
 C  mikroelementide sisaldusest põlevkivis

#### 4. Pange puuduvad sõnad

- 1) Temperatuurivahemikus 250-450°C muutub lahustumatu kerogeen osaliselt lahustu-  
vaks .....
- 2) ..... on kütuse põlemisel tekkiv tahke jääk, mis tekib peamiselt  
kütuse mineraalosast.
- 3) Põlevkivis sisalduvad ka mikroelemendid, nagu ....., ....., .....,  
....., ....., ....., ....., ..... ja .....
- 4) Üks miljon tonni põlevkivi annab 1,3 TWh ..... ning 0,3 TWh ..... ja  
.....
- 5) Põlevkivituhast on võimalik toota ..... ning teisi ....., aga  
põlevkivist erinevaid .....
- 6) Eestis loetakse põlevkivivaruks maavara, mille kaevandatavate kihtide  
..... pindala kohta on 35 GJ/m<sup>2</sup> ning ..... 6,1 MJ/kg.
- 7) Eesti põlevkivi ..... on maailma kõrgeim.

#### 5. Täitke skeem



## 3. HÜDRODÜNAAMIKA

### 3.1. Põhimõisted

#### 1. Lugege tekst läbi ja täitke tekstijärgsed ülesanded

**Hüdrodünaamika** on hüdromehaanika haru, mis uurib vedelike ja gaaside voolamist nende vastastikuse mõjutustega ehk uurib vedelike liikumise seaduspärasusi. Hüdrodünaamikat saab jagada veel kahte valdkonda:

1. voolamine ümber tahkete kehade (lennuki tiiva uurimine, turbiinide labad jne) ja
2. teisel juhul uurime voolamist kui sellist (torustikud, hüdrotehnilised ehitused jne.)

Kui staatikas (seisva vedeliku uurimine) on meil olukorra kirjeldamiseks piisav teada vee tihedust, mille abil saame kirjeldada vedelikus rõhkude jaotust, siis liikuva vedeliku uurimine on tunduvalt komplitseeritud, **liikumisega kaasneb nn hõõre ja meil on vaja teada vedeliku viskoossust.**

Vee liikumise seaduspärasused on keerulised ja puhtteoreetilise matemaatilise analüüsiga toime ei tulla. Seaduspärasused on saadud katsetuste üldistustest. Üldistuse tegemisel on suur osa **modelleerimisel ja sarnasusteoorial**. (Näide: Kas rõhukao arvutusvalemid vee voolamisel 5 m/s kümne millimeetrise läbimõõduga torus on samad, kui vesi voolaks 400 mm läbimõõduga kaugküttetrassis?)

**Voolamise vormid:**

- Kui uurime vedeliku voolamist, siis voolamisega on seotud mõiste **aeg  $t$** . Sellist voolamist, milles voolamise kiirus kui ka rõhk sõltuvad peale ruumikoordinaatide ka ajast, nimetatakse muutuvaks ehk **mittestatsionaarseks (vahel ka ebastatsionaarseks) voolamiseks**.

Mittestatsionaarset voolamist kohtame me näiteks anumatest vedelike väljavoolamisel. Vedeliku tase anumast alaneb ja väljavoolu kiirus väheneb pidevalt. Vedelik voolab anumast välja nii raskusjõu (kiirenduse) kui

ka rõhujõu toimet. Rõhujõud väheneb sõltuvalt anumast oleva vee tasemest.

- **Muutumatu ehk statsionaarne voolamine ajast ei sõltu.**

Igapäevases hüdraulikas me puutume kokku statsionaarse voolamisega (veetorustikud, kaugküttesüsteemid jne).

Hüdraulikas me eeldame, et vedeliku tihe-  
dus ja viskoossus ei sõltu ruumikoordinaatidest ehk vedelik on tiheduse ja viskoossuse suhtes homogeenne. Tegelikult täiesti muutumatu voolamist ei ole, kuid kui muutumine on aeglane, siis see märgatavalt kiirendusi ei põhjusta.

Mis on vool, voolamine?

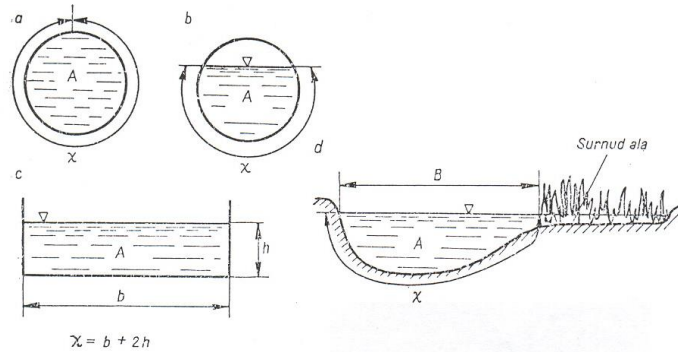
**Vool on liikuv vedelik, mida ümbritseb tahke, vedel või gaasiline keha.** Seega saab voolu jagada

- **Vabavool:** voolamine kanalites, avasängides. Vabavool liigub raskusjõu toimet ülalt alla. Reeglina esineb nn vabapind. Kanalisatsioon on tüüpiline vabavoolu näide.
- **Survevool.** Liikumapanevaks jõuks on välisjõud, nt pump vms. Vabapind puudub. Voolamine toimub nn survetorustikus.
- **Joad**, mis jagunevad **vabajugadeks** (voolamine ehk juga gaasis, tuletõrje kustutusseadmete juga, kastmine jne) ja **uputatud ehk sukeljugadeks**. (uputatud joad näiteks on basseini vee vahetus basseini põhja juures uue vee sissevoolu kaudu).
- Märgpiire ehk **märgperimeeter  $\chi$** , see on voolava vedeliku kokkupuudetejoon tahkete piiretega. Survevoolul ümmarguses torus on märgperimeeter  $\pi d$ , kuid on toru läbimõõt. Voolamisel kanalis tuleb märgperimeeter arvutada kui voolukanali ristlõike pikkust, mis puutub kokku vedelikuga. Vedeliku vaba pinda märgperimeetri hulka ei arvutata. Poolringi jaoks kehtib seos  $L = \pi r + 2r$



- **Voolu ristlõige e elavristlõige A** on voolu risti lõikav pind.
- **Hüdrauliline raadius R** on elavristlõike ja märgpiirde suhe.

$$R = \frac{A}{\chi}$$



Joon. 3.4. Voolu elavlõige ja märgpiire; a on survetoru, b vabavoolutoru, c ristkülikuline säng, d jõesäng kinnikasvanud ristlõikeosaga, kus vesi ei liigu

Joonis 3.1

Ümmarguses survetorus  $A = \pi d^2/4$ ;  $\chi = \pi d$  ja  $R = d/4$

- **Vooluhulk: ristlõiget ajaühikus läbiva vee hulk**

$$Q = \frac{V}{t}$$

Mida suurem on A (ristlõige) kohta R, seda väiksem on kokkupuude voolu nn sängiga, seda väiksem on ka voolamisel takistus. Piltlikult on voolu ristlõige ja märgpiire esitatud alljärgneval joonisel 3.1

Mõõtühikud on kas  $m^3/s$  või  $m^3/h$  (h tähistab tundi) või siis  $m^3/l$  (l tähistab liitrit).

- **Voolu keskmine kiirus (ka nimetusega keskkiirus) on arvatav kui**

$$w = \frac{Q}{A} \left( \frac{V}{S} \right)$$

Voolu keskkiirust otse mõõta ei saa, sest voolu kiirus piki ristlõiget ei pruugi olla ühesuurune

### PIDEVUSE VÕRRAND

- **Voolu pidevuse võrrand.** Võrrand voolu kahe ristlõike kohta on esitatav kui:

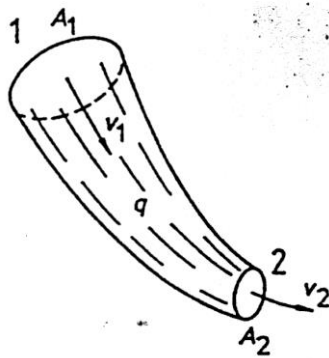
$$w_1 \cdot A_1 = w_2 \cdot A_2$$

ehk

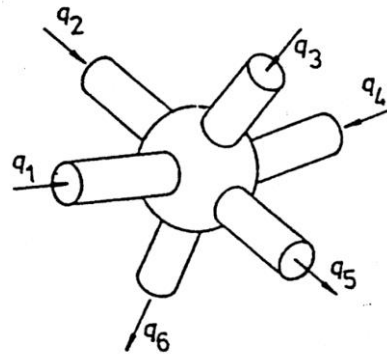
$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

*st et voolu keskkiirused on pöördvõrdelised elavristlõikepindalaga. Pidevuse võrrand on hüdrogaasimehaanikas üks fundamentaalsemaid võrrandeid. Ta on sisuliselt massijäävuse seaduse väljendus.*

Pidevusvõrrand on piltlikult kujutatud joonisel 3.2



Joonis 10



Joonis 11

$$q_{v1} = q_{v2}, \text{ ehk}$$

$$v_1 A_1 = v_2 A_2, \text{ siit}$$

$$v_1 / v_2 = A_2 / A_1, \text{ ehk}$$

Joonis 3.2 Pidevusvõrrandi piltlik seletus ( $q$  tähistab vooluhulka)

*Sõnastub ka nn Kirchoffi seadus: vedeliku voolude ristumiskohta tulevate vooluhulkade summa võrdub sealt lähtuvate vooluhulkade summaga.*

## 2. Koostage hüdrodünaamika teemal küsimused

Mis?

Kuidas?

Miks?

Millal?

Kus?

Mida?

Kui palju?

**3. Kumb tähendus on õige?**

Viskoossus


vedeliku või gaasi sisehõõrdumist iseloomustav suurus

uurib vedeliku liikumist ümber selle olevate jääkade kehade

Anum


takistusühik

nõu

Takistus


vastupanuvõime

ristlõikepindala

Kiirendus


veevoolu hulga tähistaja

kiiruse muut ajaühikus

Aine tihedus


füüsikaline suurus, mis näitab, kui suur on ühe ruumalaühiku aine mass

füüsikaline suurus, mis iseloomustab kahe punkti vahelist kaugust

**4. Tehke laused**uurima (*mida?*).....kirjeldama (*mida?*) .....sõltuma (*millest?*) .....puutuma kokku (*millega?*) .....võrduma (*millega?*) .....**5. Lõpetage laused**

Mulle on uus info .....

Saan igapäevaelus kasutada infot ..... kohta.

Praegu tundub veidi keeruline .....

Uurin lisainfot .....kohta.

Kõige põnevam tundub.....

6. Täiendage mõtteskeemi



## ERIALASÕNASTIK

## A

<b>adhesioonijõud</b> адгезионная сила	Faaside või kehade piirpindade seostumist põhjustavad jõud.	adhesive forces	Adhesive forces are the forces between the molecules of different substances. They forces between unlike molecules, such as water and glass.
-------------------------------------------	-------------------------------------------------------------	-----------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## G

<b>geomeetriline ehk kõrgussurve</b> геометрическое давление	Vedeliku asendienergia, mõõdetakse pikkusühikutes (m).		
<b>hõõrdetakistus</b> сопротивление трения	Vedeliku liikumist torudes ja sängilõikudes takistab hõõrdumine vastu toruseina või sängi, viskoossuse tõttu hõõrduvad omavahel ka voolu sees olevad vedelikukihid. Turbulentses voolus lisandub viskoossele hõõrdele veel energiakulu turbulentssele segunemisele. Kõiki neid takistusvorme kokku nimetatakse <b>hõõrdetakistuseks</b> ning sellest põhjustatud energiakulu <b>hõõrdesurvekaoks ehk ka nn liinikadudeks</b> .		
<b>hüdrodünaamiline surve</b> гидродинамический напор	Geomeetrilise, piesomeetrilise ja dünaamilise surve summa (mõõtühik m).		

## K

<b>kapillaartõus</b> капиллярное поднятие	Vedeliku tungimine kitsasse torusse gravitatsioonijõu vastu.	capillary action	Capillary action (sometimes capillarity, capillary motion, capillary effect, or wicking) is the ability of a liquid to flow in narrow spaces without the assistance of, or even in opposition to, external forces like gravity.
<b>kiirus- või dünaamiline surve</b> скоростной (динамический) напор	Liikuva vedeliku kineetiline erienergia, mõõdetakse pikkusühikutes.		
<b>kohesioonijõud</b> когезионные силы	Jõud, mis seovad sama aine molekule kokku	cohesive forces	Cohesive forces are the forces between the

	ainekogumiks ja tagavad kondenseerumise.		molecules of a substance. They forces between like molecules, such as water and water.
<b>kohttakistus</b> местное сопротивление	Kui toru või voolusängi ristlõige või voolu suund muutub, siis voolujooned kõverduvad tugevasti (näiteks torude järsk diameetri muutus, avatud või pooleldi avatud ventiil jne). Tekivad keerised, mille põhjustatud energiakulu lisandub hõõrdel kuluvale energiale. Selliseid energiakuluallikaid nimetatakse <b>kohttakistusteks</b> ning neis kuluvat erienergiat <b>kohtsurvekaoks h<sub>k</sub></b> .		
<b>kristallid</b> кристаллы	Tahked ained, millel on korrapärane perioodiliselt korduv osakeste (ioonide, aatomite, molekulide) paigutus. Osakesed moodustavad kristallivõre, mille sõlmedes nad paiknevad. Korrapäraselt paigutatud elementaarrakud püsivad kohal tänu keemilistele sidemetele.		
<b>kristallhüdraadid</b> кристаллогидраты	Ained, mille koostises on keemiliselt seotud vesi. Seda vett nimetatakse kristallveeks.		

## L

<b>laminaarne vool</b> ламинарное течение	(ladinakeelsest sõnast <i>lamina</i> 'kiht') Liigub püsiva kujuga jugadena, mis omavahel ei segune. Selgete piiridega värvitud vedeliku niit on nähtav kogu klaastoru ulatuses.		
----------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

## M

<b>mahuprotsent</b> объёмный процент	Aine sisaldus proovis väljendatuna protsendina proovi koguruumalast.	volume percentage composition	Volume percent is the concentration of a certain solute, measured by volume, in a solution. It is defined as the volume of an added solute divided by the volume of the solution after the addition of solute.
<b>menisk</b> мениск	Vedeliku kõverdunud vaba pind peenikeses torus.	meniscus (liquid)	A concave meniscus occurs when the particles of the liquid are more strongly attracted to the container (adhesion) than to each other (cohesion), causing the liquid to climb the walls of the container. Conversely, a convex meniscus occurs when the particles in the liquid have a stronger attraction to each other than to the material of the container.

<b>mittestatsionaarne (ehk ebastatsionaarne) voolamine</b>	Voolamine, milles voolamise kiirus ja rõhk sõltuvad peale ruumikoordinaatide ka ajast.		
нестационарный поток			
<b>molaalsus</b>	Näitab lahustunud aine hulka moolides ühe kilogrammi lahusti kohta.	molality	Molality is a measure of number of moles of solute present in 1 kg of solvent.
моляльность			
<b>molaarsus</b>	Näitab lahustunud aine hulka moolides ühe liitri lahuse kohta.	molarity	Molarity or molar concentration is most commonly expressed in units of moles of solute per litre of solution.
молярность			
<b>monokristall</b>	Terviklik üksik ühtse kristallvõrega mineraalitera, mida iseloomustatakse anisotroopsusega. Monokristallid on eriliste füüsikaliste omadustega väärtuslikud materjalid.		
монокристалл			
<b>märgamine</b>	Pinnanähtus, mille korral vedelik jääb molekulaarjõudude tõttu tahkise pinnaga ühendusse ehk valgub laiali.	Wetting	Wetting is the ability of a liquid to maintain contact with a solid surface, resulting from intermolecular interactions when the two are brought together.
смачивание			
<b>märgpiire ehk märgperimeeter</b>	Voolava vedeliku kokkupuudete joon tahkete piiretega.		
периметр смачивания			

## P

<b>pindaktiivsed ained</b>	Mõned ained vähendavad pindpinevustegurit, selliseid aineid nimetatakse <i>pindaktiivseteks aineteks</i> (PAA). Seebid, pesuvahendid, rasvased happed, eeter jt on vee suhtes pindaktiivsed ained; suhkur, erinevad soolad suurendavad vee pindpinevust.		
поверхностно-активные вещества			
<b>polükristall</b>	Kaootiliselt orienteeritud erineva suuruse ja vormiga kristallide kogum – kristalliitide kogum. Polükristallilise keha iga väike monokristall on anisotroopne, aga kogu polükristalliline keha on isotroopne.		
поликристалл			

## S

<b>survevoolamine</b>	Toimub nn survetorustikus. Liikumapanevaks jõuks on välisjõud, kas pump, kompressor vms. Vabapind puudub.		
напорное течение			

<b>tiitrimine</b> титрование	Määratava aine sisalduse leidmine proovis. Selleks lisatakse uuritavat ainet sisaldavale lahusele teadaoleva kontsentratsiooniga reaktiivlahust, kuni uuritav aine täielikult reageerib, ja kulunud reagendi järgi lahuse ruumala järgi arvutatakse määratava aine sisaldus.	titration	Titration is a common laboratory method of quantitative chemical analysis to determine the concentration of an identified analyte (a substance to be analyzed).
<b>titrant</b> титрант	Tiitrimise käigus büretist lisatav teadaoleva kontsentratsiooniga lahus.	titrant	Titrant or titrator, is prepared as a standard solution of known concentration and volume.
<b>turbulentne voolamine</b> турбулентность (турбулентное течение)	(lad. k. <i>turbulentus</i> 'rahutu'). Voolamine, mida iseloomustab intensiivne segunemine peaaegu kogu ristlõike ulatuses. Värvitud vedelik toonib üsna lühikesel teekonnal kogu ülejäänud vee. Jugastruktuur on kadunud, vool on täis keeriseid.		
<b>V</b>			
<b>vabavool</b> свободный поток	Voolamine kanalites, avasängides. Vabavool liigub raskusjõu toimele ülalt alla. Reeglina esineb nn vabapinda. Kanalisatsioon on tüüpiline vabavoolu näide.		
<b>vedelike kontraktsioon</b> контракция жидкостей	Nähtus, mille korral vedelike maht nende segunemisel kahaneb. Tekkiva lahuse maht on väiksem, kui on lahusti ja lahustuva aine mahtude summa.		Volume contraction is an effect, where the volume of a mixture of two solvents is smaller than the total volume of two solvents before mixing
<b>viskoossus</b> вязкость (вязкость)	(sisehõõre, voolavuse takistus). Vedelikukihtide omadus takistada vastastikku üksteise või vedelikku asetatud keha liikumist.		
<b>voolavus</b> текучесть	Vedelike omadus muuta oma väliskuju (võtta anuma kuju) vähese ajaga väikese jõu mõjul.		
<b>voolu ristlõige e elavristlõige A</b> сечение потока ли живое сечение	Voolu risti lõikav pind.		



## Minu sõnastik

## **SÕNASTIKU MÕISTETE ALLIKAD**

- Atkins, P., Jones, L. Keemia alused. Teekond teadmiste juurde. Tartu Ülikooli kirjastus, 2012  
Eesti keele seletav sõnaraamat 2009 veebis
- Inglise-eesti-vene keemia sõnaraamat. Eesti entsüklopeediakirjastus. Tallinn, 1998
- Karik, H. Üldine keemia. Tallinn: Koolibri, 1994
- Maastik A., Haldre H., Koppel T., Paal L. Hüdraulika ja pumbad. Tartu, 1995
- Ott, R., Piksarv, A., Talts, E. Keemia ülesannete kogu. Tallinn: Valgus, 1983
- Paaver, J. Mikro- ja megamaailma füüsika <https://opik.fyysika.ee/index.php/book/section/1592#/section/1592>
- Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Химия, 1987
- TÜ Füüsikalise keemia instituut I. KEEMILINE KINEETIKA JA TASAKAAL [http://gt.ink-blue.net/anorgaaniline%20keemia/Keemia\\_alused-1.pdf](http://gt.ink-blue.net/anorgaaniline%20keemia/Keemia_alused-1.pdf)