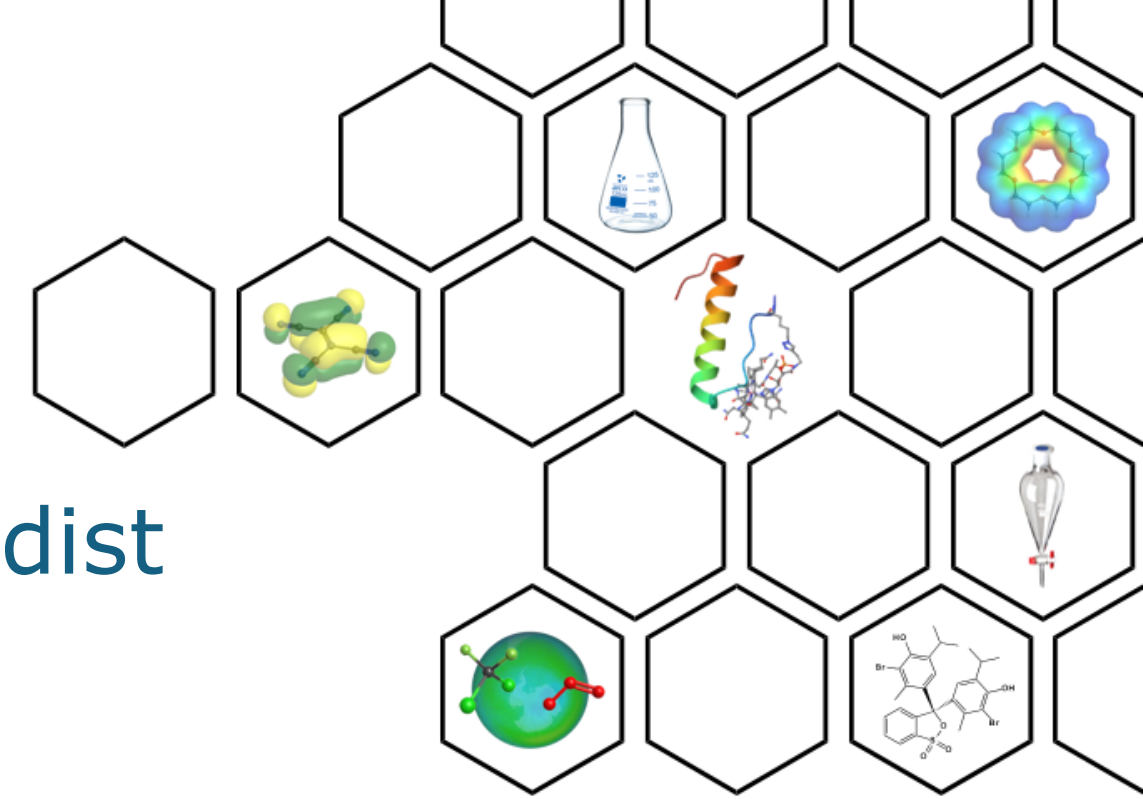


# Põgusalt keemiaolümpiaadist


Andreas Päkk

TÜ teaduskool

Eesti keemiaolümpiaadi žürii esimees


Keemiaõpetajate talvepäevad Rakveres

16. jan 2026

EKO

TARTU ÜLIKOOL teaduskool

# Kava

- Žürii koosseis
- Õppematerjalid keemias ja õpilaste ettevalmistus
- Ülesandekomplektide ülesehitus ja ülesannete tüübid
- Lühidalt ülesannete lahendamisest
- Olümpiaadivoorude tulemused 2025. aastal
- Rahvusvaheline keemiaolümpiaad (IChO)
- Tehisintellekt keemias

# Žürii liikmed ja koostööpartnerid

- Üliõpilased (olümpiaadivilistlased), professorid, teadurid, keemiaõpetajad...

Andreas Päkk
Žürii esimees alates 2024 sügis (TÜ)

Kristi Koitla
Komisjoni esimees alates 2024 sügis (TÜ)

Vladislav Ivaništšev
EKO žürii esimees
2016–2024 (TÜ & LU)

Jörgen Metsik
ELO žürii esimees
alates 2025 sügis

Nikita Žoglo
(TÜ)

Maksim Ošeka
(TalTech)

Karl Johann Külv
(TÜ)

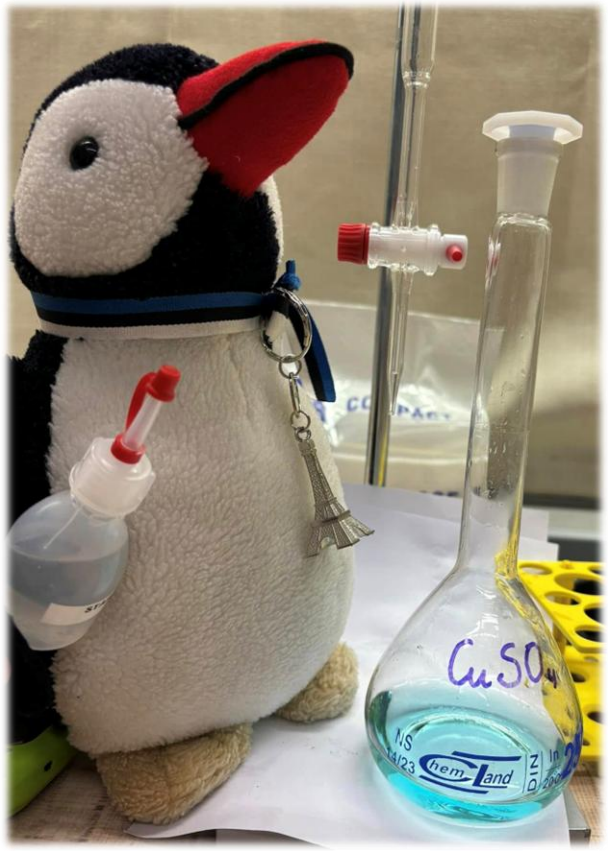
# Žürii liikmed ja koostööpartnerid

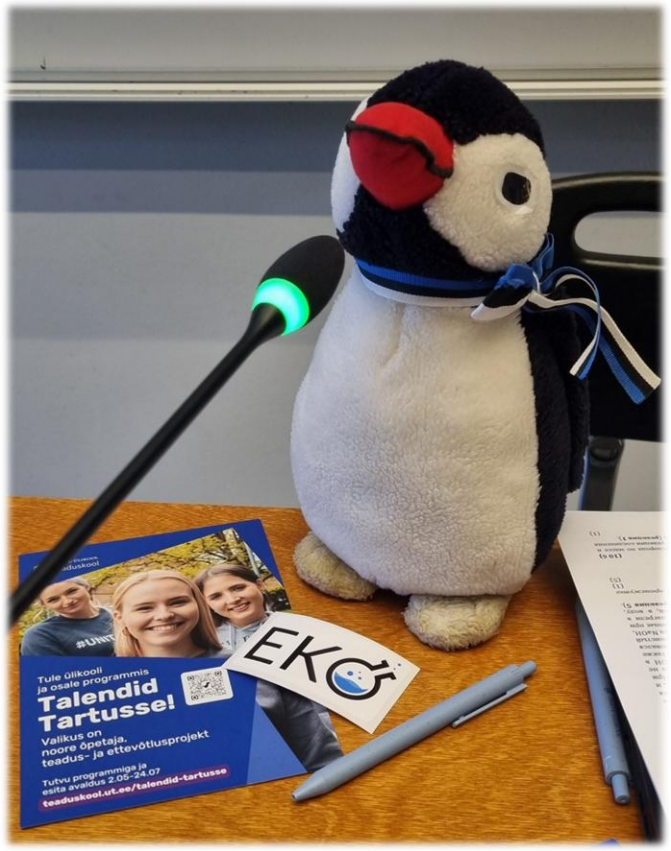
Katrin Kestav
Indrek Viil
Lisette-Liis Loorits
Andreas Simson
Sander Simson
Verner Sääsk
Anette Kipso
Ardi Raag
Gleb Vahtra
Lisette Nagel
Anne-Mai Adamberg
Liisa Tafenau
Paul Kerner
...

Anton Mastitski
Henry Vider
Erki Enkvist
Kaido Viht
Ivo Leito
Sofja Tšepelevitš
Astrid Darnell
Toomas Tamm
Aleksandra Murre
Estelle Silm
Nele Konrad
Kaie Laane
Kristin Erkman
...

2024/25. õa lõppvooru tööde parandamine

# Maskott Vlad (mitteametlik žürii liige)





# Teaduskooli kontakt

- Veebileht: *https://teaduskool.ut.ee/et/kontakt*

**Kristel Lannes**
Olümpiaadide peaspetsialist
*Olümpiaadide ja ainevõistluste süsteemi koordineerimine ja arendamine*
kristel.lannes@ut.ee

**Kairi Maileht**
Õpilastegevuse ja olümpiaadide peaspetsialist
*Olümpiaadide ja õpilasvõistluste süsteemi koordineerimine ja arendamine*
kairi.maileht@ut.ee

**Annika Põlgast**
Õppetöö peaspetsialist
*Üldine täiendusõppe koordineerimine; õppetöö planeerimine ja koordineerimine*
annika.polgast@ut.ee

**Renar Suurpere**
Haridustehnoloog
renar.suurpere@ut.ee

**Kaido Reivelt**
Õpikodade projekti juht
kaido.reivelt@ut.ee

**Maarja Täht**
Uurimislabori juhataja
maarja.taht@ut.ee

# 2025/26. õa akadeemiline kalender

## Olümpiaadid ja muu

- Huvipäev (9. kl) — 20.09.2025
- Lahtine võistlus — 04.10.2025
- Koolivoor — 04.12.2025
  - ↓ **~1250** (2025)
- Piirkonnavoor — 30.01.2026
  - ↓ **~100**
- Lõppvoor — 14.–15.03.2026
  - *Teooria ja praktikum*
- Keemiaviktoriin "Indikaator" — 04.03.2026

## Võistlused

- ↓ **>100**
- Valikvõistluse I voor — 01.11.2025
- ↓ **~40**
- Valikvõistluse II voor — 10.–12.01.2026
  - *Õppesessioon, teooria ja praktikum*
- ↓ **10**
- Iseseisev ettevalmistus — Aprill 2026
- ↓ **6** või **8**
- **BChO** (Läti) — Mai 2026
- ↓ **4**
- Kvalifikatsioon — Juuni/juuli 2026
  - *Teooria ja praktikum*
- ↓ **4**
- **IChO** (Usbekistan) — Juuli 2026

*Põhinevad IChO ettevalmistusülesannetel*

58th International Chemistry Olympiad Uzbekistan 2026

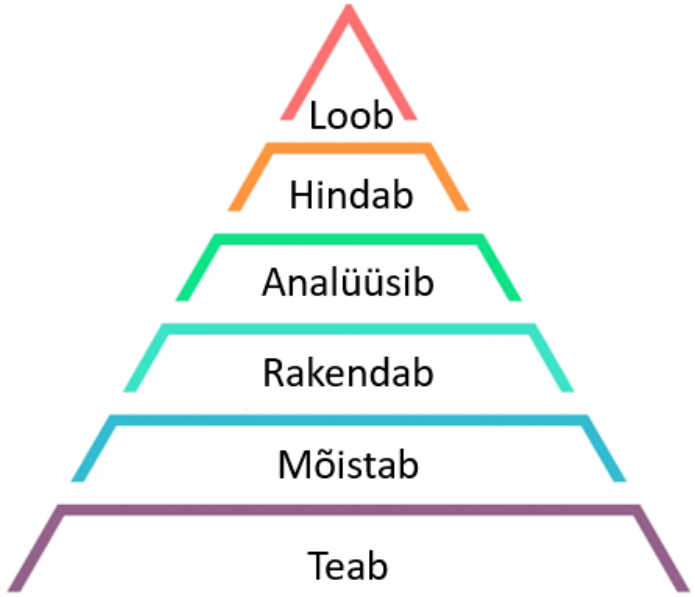
# Õpilaste ettevalmistamine

- **Vabatahtlikkuse printsiip** – keemiaolümpiaadil osalemine ei tohi õpilase jaoks olla sunniviisiline, vaid huvipakkuv ning motiveeriv.

- **Õpetaja eeltöö** – materjalide ettevalmistus.
  - ✓ *Millised voorud ja võistlused ootavad olümpiaadi hooajal ees?*
  - ✓ *Millised on põhilised ülesannete tüübid?*
  - ✓ *Milline on ülesannete sisu? (temaatika ja näidisülesanded)*

- Õpilaste ja õpetajate omavaheline **koostöö**.
  - ✓ *Miks tasub õpilastel olümpiaadil osaleda – motivatsioon?*
  - ✓ *Kuidas ja millist materjali õpilastele õpetada?*

- **Õpilaste iseseisev töö** – õpetaja poolt suunatud teavitustegevus.
  - ✓ *Teaduskooli kursuste õppematerjalid, erialane kirjandus…*




Täiendatud Bloomi taksonoomia
(Anderson & Krathwohl, 2001)

- **Olümpiaadiülesanded** on originaalsete lahendustega ebastandardsed ülesanded, mille lahendamine põhineb varasemalt õppeprotsessi käigus ja ülesande teksti lugemisel omandatud teadmiste seostamisel.

# Täiendusõpe keemias

- Soovituslikud TÜ teaduskooli e-õppekeskuse kursused keemias:

| **9. klass** | |
|---|---|
| *“Ettevalmistus keemiaolümpiaadiks I”* | Katrin Kestav |

| **10. klass** | |
|---|---|
| *“Ettevalmistus keemiaolümpiaadiks II”* | Kristi Koitla |
| *“Täiendavaid teemasid koolikeemiale I”* | Meelis Härmas |

| **11.–12. klass** | |
|---|---|
| *“Ettevalmistus keemiaolümpiaadiks III”* | Andreas Päkk |
| *“Täiendavaid teemasid koolikeemiale II”* | Ida Rahu |
| *“Orgaaniline keemia”* | Erki Enkvist |

- **Keemia õpikoda** (*https://teaduskool.ut.ee/et/fuusika-keemia-ja-bioloogia-opikojad*)

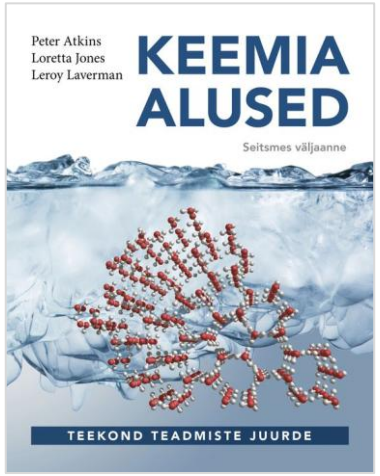
  *Toimumine: üle-eestilised üldhariduskoolid (kuni 10 õppeasutust õppeaastas)*

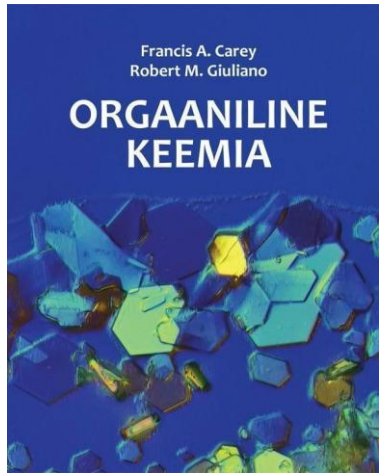
- **Uurimislabor** (*https://teaduskool.ut.ee/et/uurimislabor*)

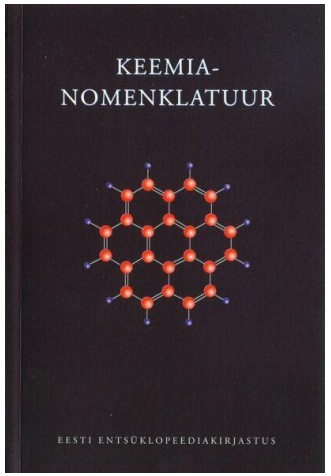
  *Toimumine: Tartu, TÜ Chemicum*

# Õppematerjal

- Ettevalmistavad materjalid: teaduskooli veebileht ja soovituslik nimekiri
- Näiteid eestikeelsest kirjandusest:
  - Atkins, P., Jones, L. ja Laverman, L. (2021). *Keemia alused*. Tartu: TÜ Kirjastus.
  - Carey, F. A. ja Giuliano, R. M. (2014). *Orgaaniline keemia*. Tallinn: TTÜ Kirjastus.
  - Karik, H *et al*. (2000). *Keemianomenklatuur*. Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus.
  - Karik, H. ja Truus, K. (2003). *Elementide keemia*. Tallinn: Ilo.
  - Pullerits, R. ja Mölder, M. (2000). *Keemiaülesannete lahendamine*. Tallinn: Avita.
  - Tuulmets, A. (2002). *Orgaaniline keemia. Õpik gümnaasiumile*. Tallinn: Avita.

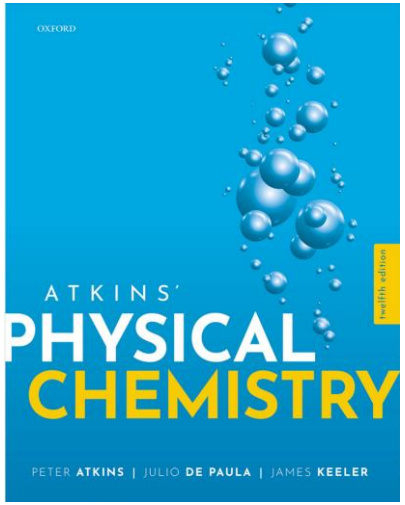


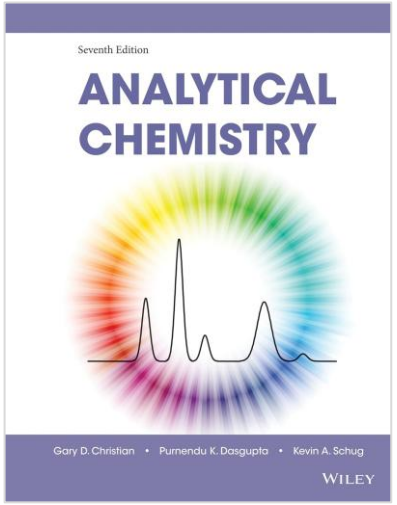



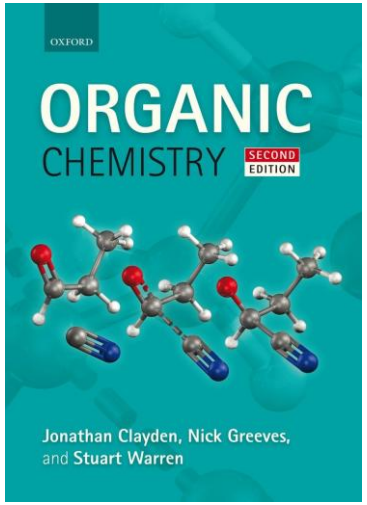



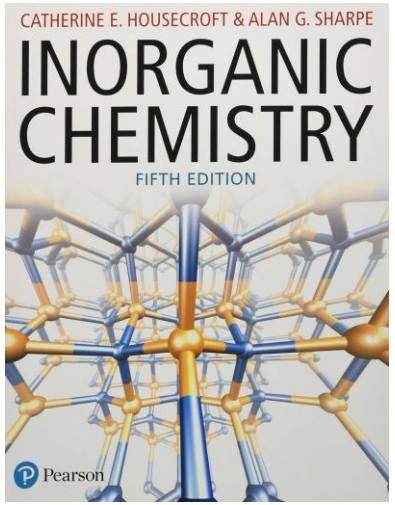
# Õppematerjal

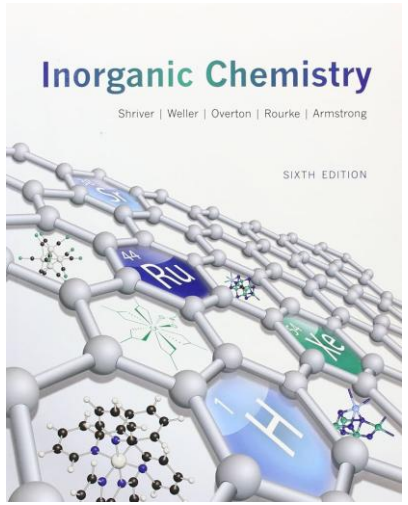
- Näiteid ingliskeelsest väliskirjandusest:
  - Atkins, P *et al*. (2023). *Physical Chemistry* (12th ed.). Oxford.
  - Christian, G. D *et al*. (2014). *Analytical Chemistry* (7th ed.). Wiley.
  - Clayden, J *et al*. (2012). *Organic Chemistry* (2nd ed.). Oxford.
  - Housecroft, C. E. & Sharpe, A. G. (2018). *Inorganic Chemistry* (5th ed.). Pearson.
  - Shriver, D *et al*. (2014). *Inorganic Chemistry* (6th ed.). W. H. Freeman.



# YouTube

- Prof. Toomas Tamme (TalTech) videoloengud
- **Populaarteaduslikud kanalid:**

  Üldkeemia

  - Periodic Videos – ajaloost, igapäevaelust ning uutest avastustest
  - NileRed – anorgaanilised/orgaanilised laboratoorsed projektid
  - ChemicalForce – eksootiline anorgaaniline keemia

  Orgaaniline keemia

  - Casual Chemistry – retrosüntees ja reaktsioonimehhanismid
  - Simplifying Synthesis – (bio)orgaanika
  - Total Synthesis – (bio)orgaanika
  - That Chemist – eriteemalised videod (videoloengute loetelu)

  ...

A NEW TYPE OF NITROGEN - Periodic Table of Videos

ONLY this acid can dissolve GOLD. Selenic acid

Making a chemical that changes color in different liquids

# Orgaanilise keemia veebimaterjal (1)

- **Master Organic Chemistry** (*https://www.masterorganicchemistry.com/*)

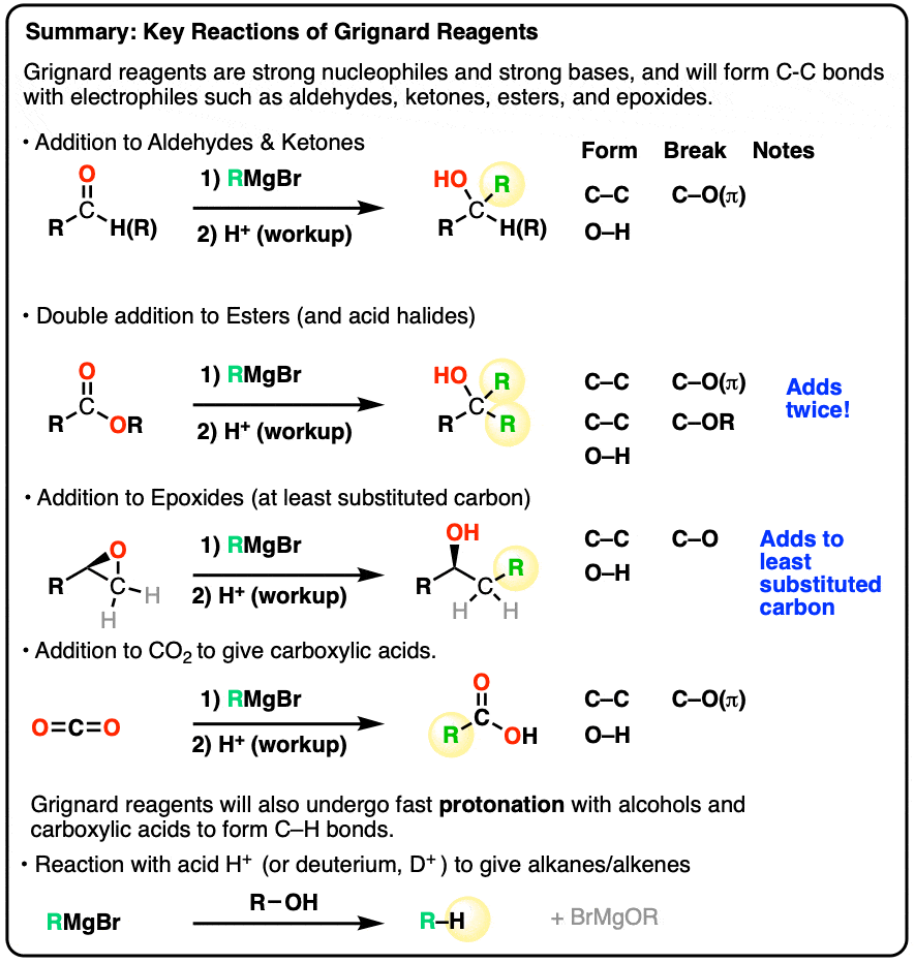


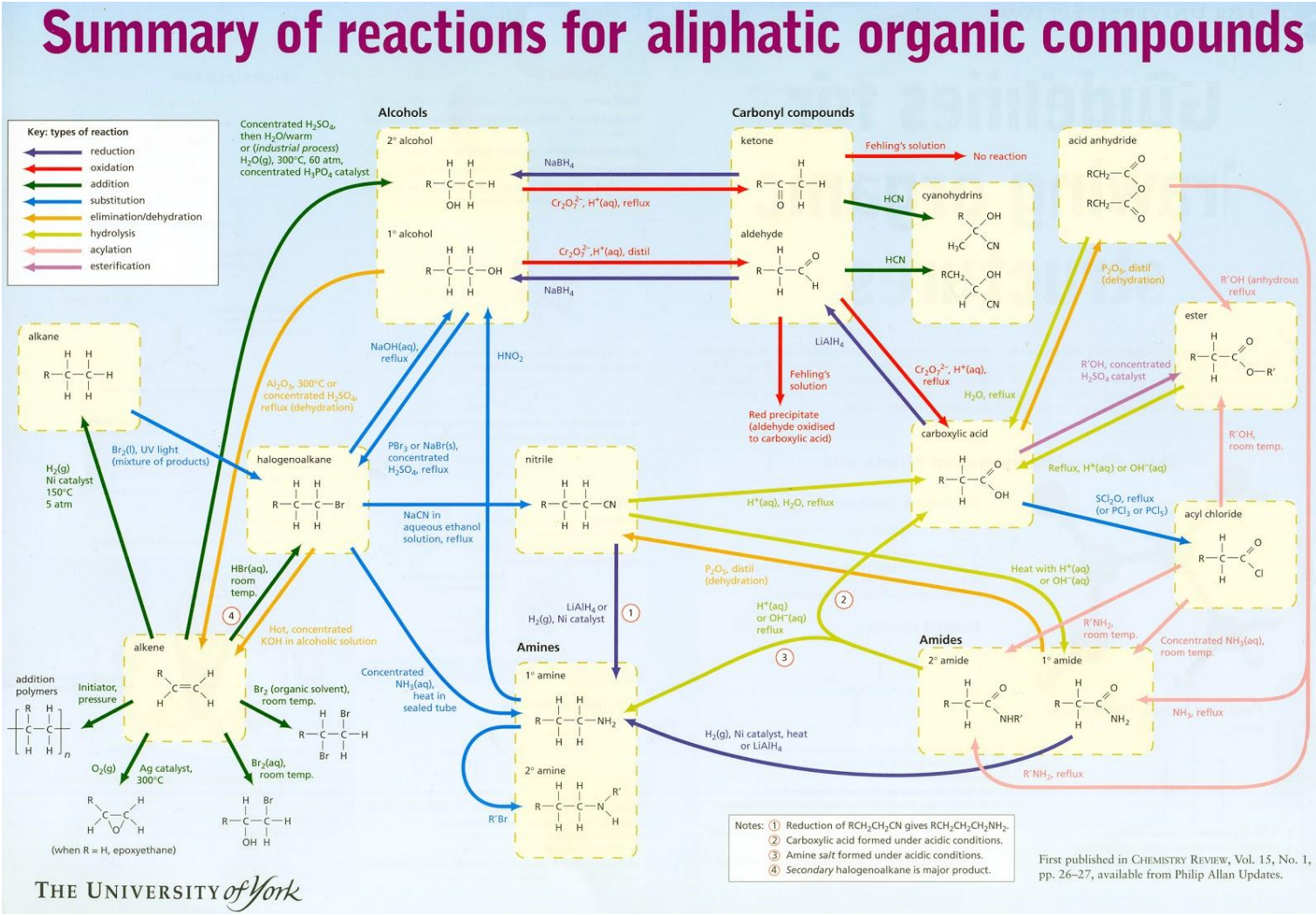

**Table of Contents**


1. Reminder: Grignard Reagents Are Nucleophiles
2. Addition of Grignard Reagents To Epoxides
3. Reaction of Grignard Reagents With Aldehydes And Ketones
4. Reaction of Grignard Reagents With Esters
5. Why Do Grignards Add Twice To Esters? The Mechanism
6. Summary: Reactions of Grignard Reagents
7. Notes
8. Quiz Yourself!
9. (Advanced) References and Further Reading


*https://www.masterorganicchemistry.com/2015/12/10/reactions-of-grignard-reagents/*

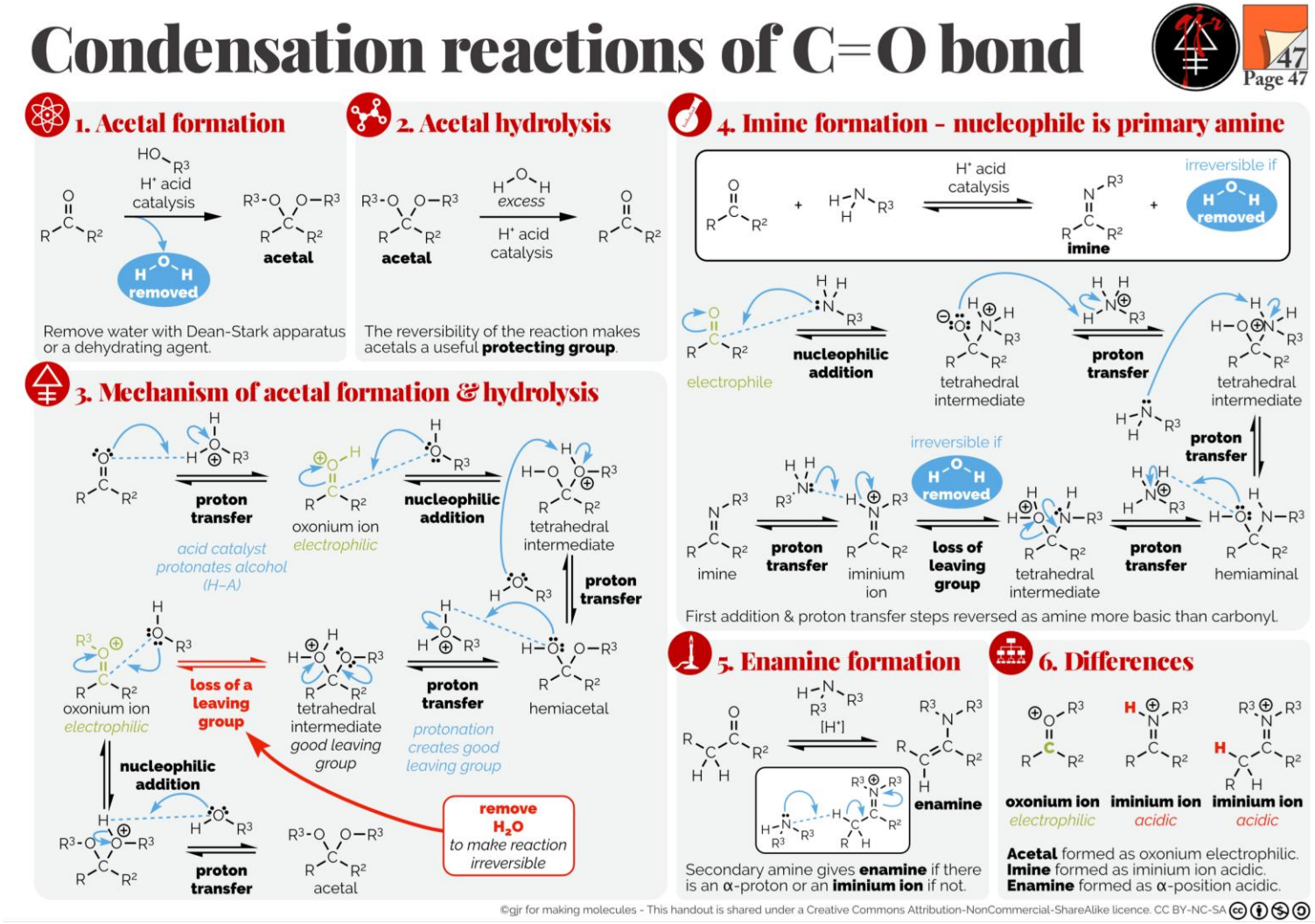
# Orgaanilise keemia veebimaterjal (2)

- **Compound Interest** infograafikud (*https://www.compoundchem.com/*)



# Orgaanilise keemia veebimaterjal (3)

- **Making Molecules** infograafikud (*https://www.makingmolecules.com/*)

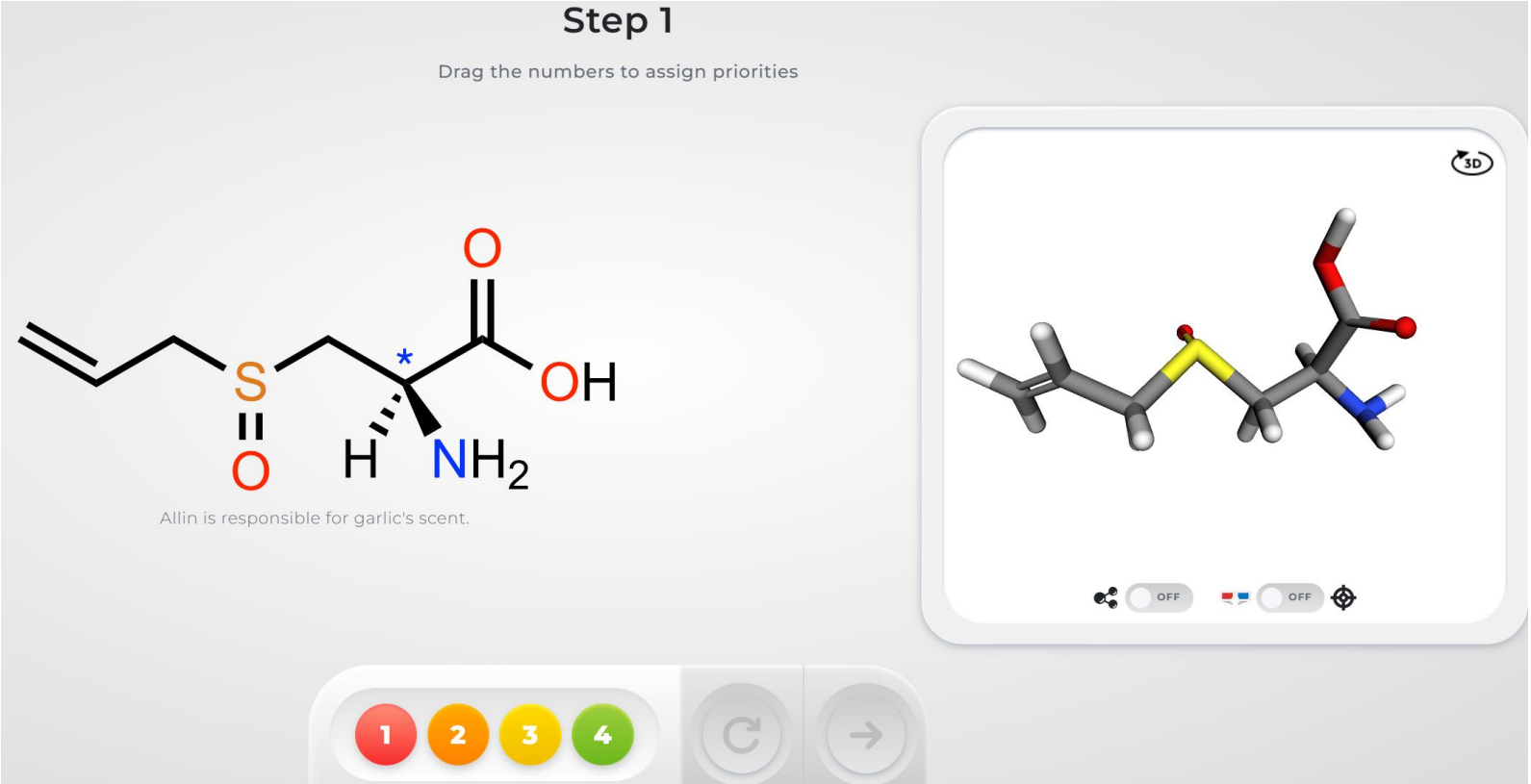


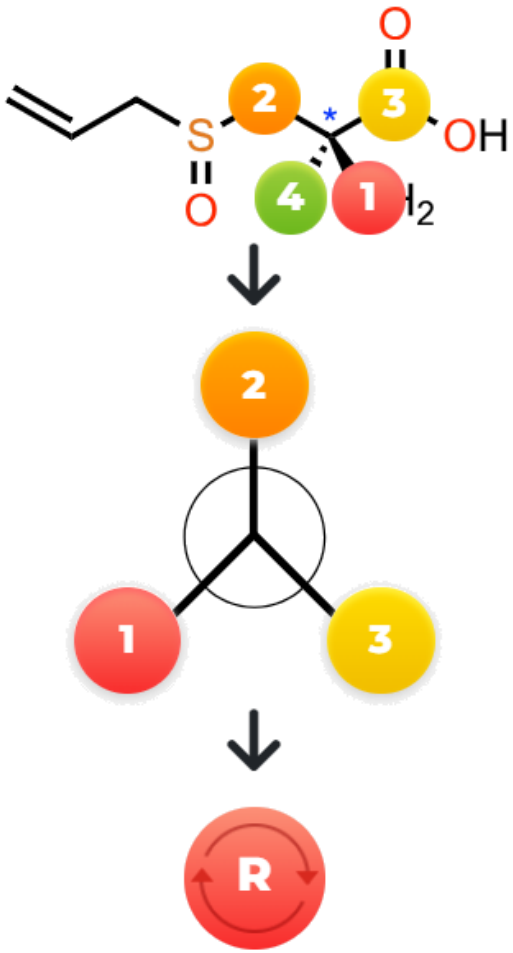
# Orgaanilise keemia veebimaterjal (4)

- **Organic Chemistry Data** (*https://organicchemistrydata.org/#gsc.tab=0*)
  a) Redutseerivad ja oksüdeerivad reagendid (LINK)
  b) Nimelised reagendid (LINK) ja reaktsioonid sünteesides (LINK)
  c) Reaktsioonimehhanismide ülevaade (LINK)
  d) Looduslike ühendite täissünteesid (LINK)
- **Organic Chemistry Portal** (*https://www.organic-chemistry.org/reactions.htm*)
  a) Orgaaniliste funktsionaalrühmade süntees (LINK)
  b) Nimelised reaktsioonid ja nende kaasaegsed modifikatsioonid (LINK)
  c) Kaitserühmad (LINK)
- **Name reactions** (*https://www.name-reaction.com/list*) – nimeliste reaktsioonide mehhanismid
- **SynArchive** (*https://synarchive.com/*)
  a) Erinevate tehislike ja looduslike ühendite sünteesirajad (LINK)
  b) Kaitserühmad (LINK)

# Stereokeemia harjutamine

- UCLA õppeprogramm **R/S Chemistry** (*https://rschemistry.com/*)



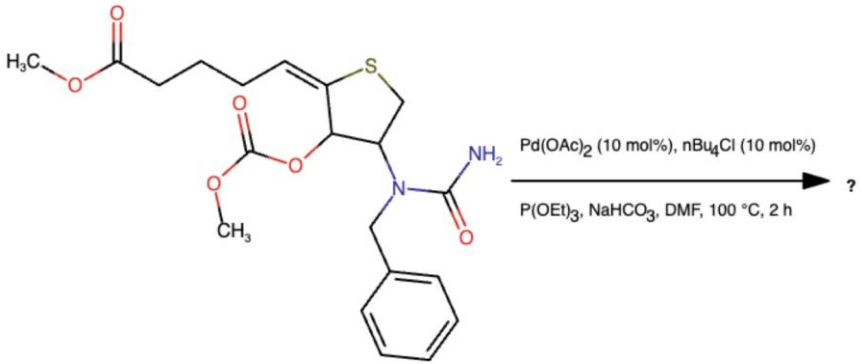



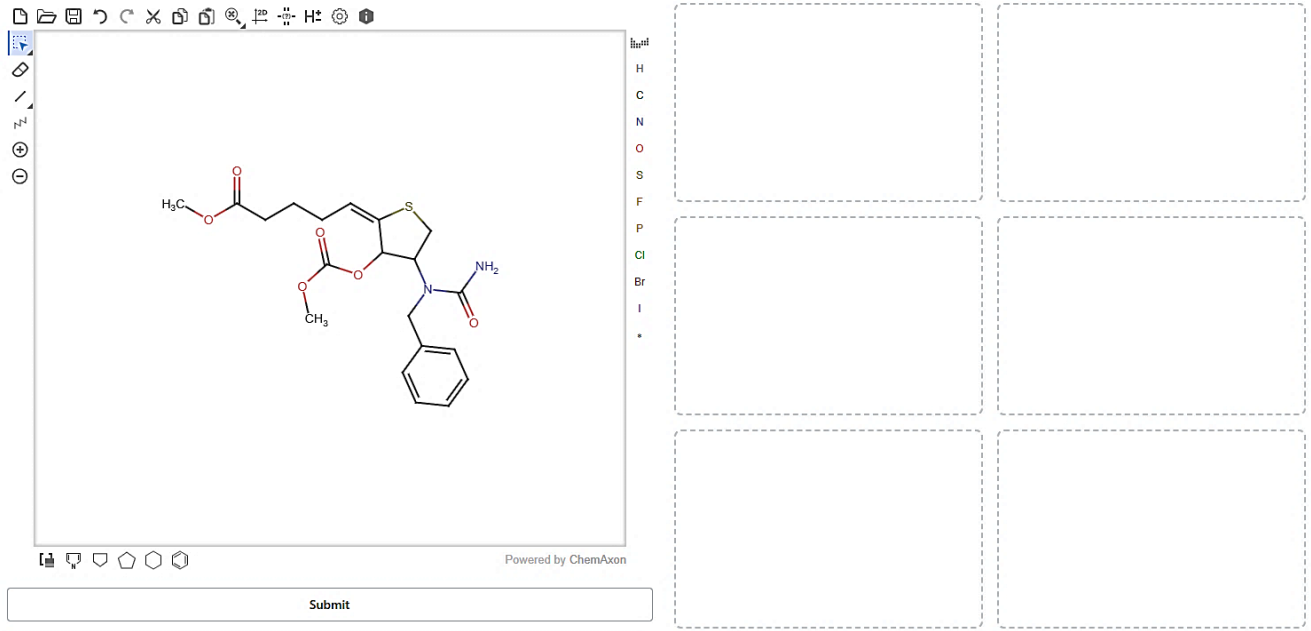
# Reaktsioonide harjutamine (edasijõudnutele)

- **Chemdle** (*https://chemdle.com/archive*)

**Chemdle Archive #67**

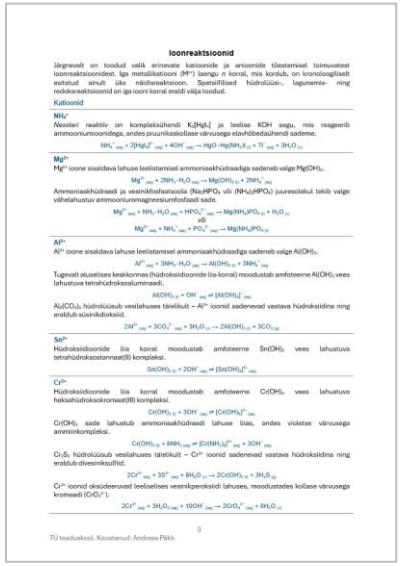
Curated daily organic chemistry problems!

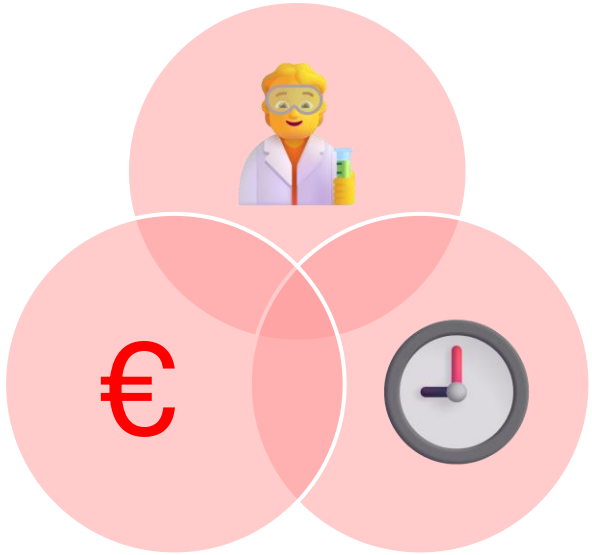


# Õppematerjalide täiendamine

- **Täiendatud:** “*Määratud brutovalemitest orgaaniliste ühendite isomeeride leidmine*”
- **Valmimisel:** “*Ioonide kvalitatiivne tõestamine vesilahuses*”
- Kirjutamisel, täiendamisel või (lähi)tulevikus kavas:
  a) Ülevaade olulisematest orgaanilistest reaktsioonidst ja reagentidest
  b) “*Keemia alused. Ettevalmistus loodusteaduste olümpiaadiks*”
  c) “*Tiitrimeetria*”
  d) Ülevaade elementide keemiast



# Ülesandekomplektide ülesehitus

- Olümpiaadivoorud: **keemia lahtine võistlus**, **e-koolivoor**, **piirkonnavoor** ning **lõppvoor**
- Vanuserühmad:
  a) keemia lahtine võistlus: **noorem rühm** (9.–10. kl) ja **vanem rühm** (11.–12. kl)
  b) e-koolivoor ja piirkonnavoor: **8. kl**, **9. kl**, **10. kl** ning **11.–12. kl**
  c) lõppvoor: **9.–10. kl** ja **11.–12. kl**
- Igas kooli-, piirkonna- ja lõppvooru vanuseastmes…
  a) on *individuaalsed baasoskused* (LINK), mis kehtivad kõigis kolmes voorus.
  b) on *individuaalne temaatika* – raskusaste erineb vaid lõppvoorus.
- Võistlusülesannete idee ja taust on autorite originaalne looming.

**Baasoskused/õppekava**

| | 9. | 10. | 11. | 12. |
|---|---|---|---|---|
| KV | | | | |
| PV | | | | |
| LV | | | | |

**Temaatika**

| | 9. | 10. | 11. | 12. |
|---|---|---|---|---|
| KV | | | | |
| PV | | | | |
| LV | | | | |

**Idee ja lugu**

| | 9. | 10. | 11. | 12. |
|---|---|---|---|---|
| KV | | | | |
| PV | | | | |
| LV | | | | |

**KV** – koolivoor, **PV** – piirkonnavoor, **LV** – lõppvoor

# Ülesandekomplektide ülesehitus

- Keemia lahtise võistluse mõlema vanuserühma komplekid koosnevad ***üheksast*** ülesandest.
- Iga piirkonnavooru komplekt koosneb ***kuuest ülesandest***:
  - a) 8. kl – kuus standardset baasoskustel ja koolikeemial põhinevat ülesannet.
  - b) 9.–12. kl – viis standardset baasoskustel ja etteantud temaatikal põhinevat ülesannet.
    – kuues lisaülesanne on temaatikaväline keerukam nuputamisülesanne.
- Lõppvoorus erineb ülesannete arv:
  - a) 9.–10. kl – ***üheksa*** eriteemalist (lihtsamat ja keerukamat) ülesannet.
  - b) 11.–12. kl – ***kuus*** eriteemalist ülesannet.
- **Ülesannete tüübid**:

| Voor | Test | ABC | Kvalitatiivne “mittearvutuslik” | Kvantitatiivne “arvutuslik” | Skeem/ graafik | Segatüüp | Lisaülesanne ehk *Grand Prix* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lahtine | – | + | + | + | + | + | – |
| KV | + | + | + | + | + | + | – |
| PV | + | + | + | + | + | + | + (v.a 8. kl) |
| LV | – | + | + | + | + | + | – |

# Test (lühike ülevaade)

- *Test on sissejuhatav ülesanne vastava vanuseastme (õppekavapõhiste) üldkeemia teadmiste kohta.*
- **8. klass**
  - ühikute teisendamine
  - aatomi ehitus (prootonite, neutronite ja elektronide arvu määramine; elektronskeemide kirjutamine)
  - liitainete molekulivalemi määramine (nt antud struktuuri põhjal) ja molekulmassi arvutamine
  - katsevahendid
- **9. klass**
  - anorgaaniliste aineklasside (eeskätt oksiidide) keemilised omadused
  - oksüdatsiooniastmete ja laengute määramine
- **10. klass**
  - anorgaaniliste aineklasside (oksiidid, alused, happed, soolad) keemilised omadused
  - keemiliste sidemete polaarsus, pikkus ning tugevus
- **11.–12. klass**
  - orgaanilised funktsionaalrühmad – aineklasside äratundmine ja nende keemilised omadused (aluselisus/happelisus, nukleofiilsus/elektrofiilsus, reaktsioonivõime)
  - lahustuvus; sulamis- ja keemistemp. – hüdrofiilsus/hüdrofoobsus, inter- ja intramolekulaarsed vastasmõjud
- Lihtsamad arvutused üldkeemiast

# ABC-tüüpi ülesanne

- *ABC-ülesanne seisneb teatud elemendi keemiliste ühendite arvutuslikul ja loogikapõhisel tuvastamisel.*
- Anorgaaniliste aineklassidevahelised seosed
  - allotroopia
  - koordinatsiooniühendid (kristallhüdraadid, kompleksühendid)
- Tundmatu elemendi aatommassi ja ühendi molaarmassi määramine
  - elemendi või sellele vastava ühendi *keemilised/füüsikalised omadused*
  - elemendi *massiprotsendiline sisaldus*
  - elemendi *oksüdatsiooniaste* ühendis
  - elementide *moolisuhe* ühendis
- Tundmatu aine valemi arvutuslik määramine
  - *näited:* oksiid $\mathbf{M}_n\mathrm{O}_m$ (**M** = metall), hape $\mathrm{H}_x\mathbf{A}_y\mathrm{O}_z$, sool $\mathbf{X}_2(\mathrm{SO}_4)_3$, kristallhüdraat $\mathbf{A} \cdot x\mathrm{H}_2\mathrm{O}$ (**A** = sool või hape)
- Molekulaar- ja ioonvõrrandite kirjutamine ning tasakaalustamine
  - *näited:* $\mathbf{A} + \mathrm{HNO}_3 \rightarrow \mathbf{C} + \mathrm{NO}_2 + \mathrm{H}_2\mathrm{O}$ $\quad$ ... $\mathrm{IO}_3^- + \ldots\ \mathrm{S}_2\mathrm{O}_3^{2-} + \ldots\ \mathrm{H}^+ \rightarrow \ldots$ _____ $+ \ldots\ \mathrm{S}_4\mathrm{O}_6^{2-} + \ldots\ \mathrm{H}_2\mathrm{O}$
  - redoksreaktsioonide korral abiks *elektronbilansi meetod* ja *ioonilis-elektroonne meetod*

# Kvalitatiivne ülesanne

- *Kvalitatiivne ülesanne on osaliselt ABC-tüüpi ülesande sisuga kattuv mittearvutuslik ülesanne.*
- Perioodilised trendid
  - aatomiraadius, elektronegatiivsus, ionisatsioonienergia, elektronafiinsus
- Aine valemite mittearvutuslik määramine
  - tekstis antud vihjete tuvastamine ning seostamine
- Reaktsioonivõrrandite kirjutamine ja tasakaalustamine
  - lahustuvustabeli lugemine ja tilkreaktsioonide tunnused
  - nõrgad ja tugevad elektrolüüdid vesilahuses
  - metallide aktiivsusrida ja reageerimine hapetega
- Molekulstruktuuride joonistamine ja analüüs
  - Tasapinnalised struktuurivalemid
  - Lewisi täppstruktuurid
  - VSEPR-teooria (*valence shell electron pair repulsion theory*)
  - VB-teooria (*valence bond theory*)
- Keemiline tasakaal – Le Chatelier' printsiibid

# Kvantitatiivne ülesanne

- *Kvantitatiivsed ülesanded on eriteemalised analüütilise, füüsikalise ning orgaanilise keemia arvutus- ja segatüüpi ülesanded.*
- ”Klassikalised” molaararvutused (reaktsioonivõrrandite põhjal) ja ühikanalüüs
- **Analüütiline keemia**
  - tiitrimeetria
    a) *happe-aluse tiitrimine*: mono- ja polüprootoniliste hapete tiitrimine, puhversüsteemid
    b) *redokstiitrimine (potentsiomeetria)*: jodomeetria, kromatomeetria, permanganomeetria
    c) *kompleksomeetria*: metallikatioonide sisalduse määramine EDTA-ga
    d) *spetsiifilised näited*: Kjeldahli meetod (org. lämmastik), Karl Fischeri tiitrimine (veesisaldus)
- **Füüsikaline keemia**
  - ideaalne gaas
  - elektrolüüsiseadused
  - isotooparvutused
  - keemiline tasakaal – tasakaalukonstant $K$
  - keemiliste protsesside soojusefektid – reaktsioonientalpia $\Delta H$

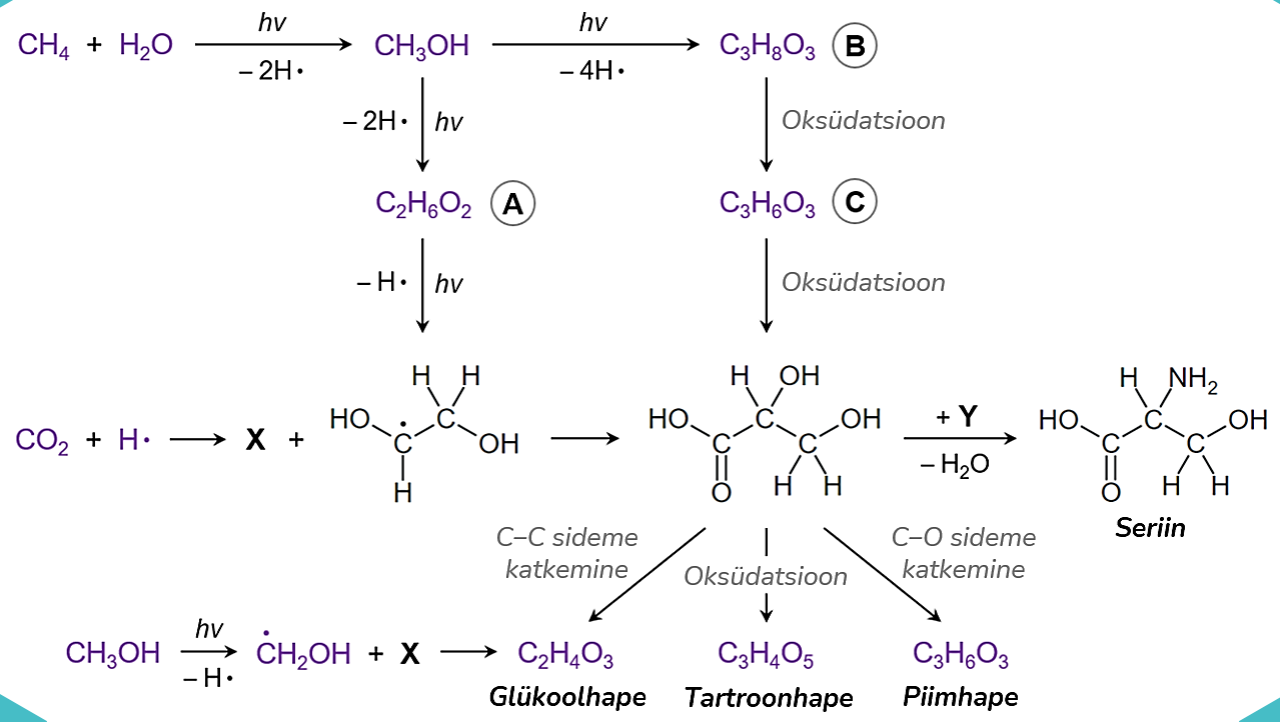
# Skeem/graafik

- *Skeemipõhised ülesanded on etteantud joonise abil lahendatavad arvutus- või nuputamisülesanded.*
- **Analüütiline keemia**
  - happe-aluse tiitrimiskõverad
  - kalibreerimisgraafikud
  - kromatogrammid ja/või spektrid (MS, UV-Vis, IR, NMR)
- **Füüsikaline keemia**
  - faasidiagrammid
  - elektrokeemilised diagrammid (Pourbaix', Frost)
- **Orgaaniline keemia** – sünteesiraja lähteainete, vahe- või lõppsaaduste tuvastamine üldise reaktsiooniskeemi põhjal:
  - struktuurivalemite joonistamine;
  - oksüdeerivate [O] ja redutseerivate [H] reagentide tuvastamine;
  - nimeliste reaktsioonide (või vastavate reagentide) tundmine;
  - reaktsioonimehhanismide joonistamine;
  - reaktsioonitingimuste (temperatuur, rõhk, solvent, katalüsaator) mõju.

# Segatüüpi ülesanne

Ainete klassifitseerimine ja nimetamine

Aineklassidele omaste reaktsioonide kirjutamine




Molaararvutused reaktsioonivõrrandite põhjal

Aluseliste ja happeliste funktsionaalrühmade tuvastamine

Lewisi struktuurivalemite joonistamine

Tasapinnaliste struktuurivalemite joonistamine molekulivalemi põhjal

Elemendi aatomite o.a määramine

# Lineaarsed seosed keemias

- Kasulikud lineaarsed seosed eritüüpi keemiaülesannete lahendamiseks:

Ideaalgaasi olekuvõrrand

$$pV = nRT$$

Faraday elektrolüüsiseadus

$$Q = It = nzF$$

Beer-Lambert'i seadus

$$A = \varepsilon cl = \log\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

Henderson-Hasselbalchi võrrand

$$\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_\mathrm{a} + \log\frac{[\mathrm{A}^-]}{[\mathrm{HA}]}$$

Nernsti võrrand*

$$E_\mathrm{rakk} = E^\circ - \frac{RT}{zF}\ln Q$$

Arrheniuse võrrand*

$$\ln k = \ln A - \frac{E_\mathrm{a}}{R}\left(\frac{1}{T}\right) \Leftrightarrow k = Ae^{-\frac{E_\mathrm{a}}{RT}}$$

Van't Hoffi valem*

$$\ln K = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{R}\left(\frac{1}{T}\right)$$

* *Temaatikas keerukamates (keemia lahtise võistluse või lõppvooru) füüsikalise keemia arvutusülesannetes.*

# Valemitevahelised seosed

- Seoste kasutamine aitab arvutusülesannete lahendamisel säästa **aega** ja **lahendusruumi**.
- Moolarvutuste seosed ideaalgaasi olekuvõrrandi ja elektrolüüsiseadusega:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_\mathrm{m}} = \frac{N}{N_\mathrm{A}} = \frac{pV}{RT} = \frac{It}{zF}$$

- Molaarne kontsentratsioon ja lahustunud aine mass:

$$c = \frac{n_\mathrm{aine}}{V_\mathrm{lahus}} = \frac{m_\mathrm{aine}}{M_\mathrm{aine} V_\mathrm{lahus}} \Rightarrow m = cMV$$

- Lahuse lahjendamine molaarse kontsentratsiooni põhjal:

$$n_1 = n_2 = c_1 V_1 = c_2 V_2 \Rightarrow c_2 = \frac{c_1 V_1}{V_2}$$

- Happe-aluse tiitrimeetria stöhhiomeetria:

$$\underset{alus}{n_1 c_1 V_1} = \underset{hape}{n_2 c_2 V_2}$$

Kui $n_1 = n_2 = 1$, vastab $OH^-$ ja $H^+$ moolisuhe stöhhiomeetriapunktis 1 : 1.

# Valemitevahelised seosed

- **Clapeyron-Mendelejevi** ehk **ideaalgaasi olekuvõrrand**

$$\boldsymbol{pV = nRT}$$

a) Gaasi massi *m* ja molaarmassi *M* avaldamine:

$$pV = nRT \;\Big|\; \cdot \frac{1}{RT}$$

$$n = \frac{pV}{RT}, \text{kus } n = \frac{m}{M}, \text{seega } \frac{m}{M} = \frac{pV}{RT}$$

*Ristkorrutisest saame:* $m = \frac{pMV}{RT}$ ja $M = \frac{mRT}{pV}$

b) Gaasi tiheduse ρ avaldamine:

$$n = \frac{pV}{RT}, \text{kus } n = \frac{m}{M} \text{ ja } \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V, \text{seega } \frac{\rho V}{M} = \frac{pV}{RT}$$

$$\rho = \frac{pM}{RT}$$

# Valemitevahelised seosed

- **Faraday elektrolüüsiseadus**

$$\boldsymbol{Q = It = nzF}$$

a) Elektrolüüsi aja *t* avaldamine:

$$It = nzF \;\Big|\; \cdot \frac{1}{I} \;\Rightarrow\; t = \frac{nzF}{I} = \frac{m}{M}\frac{zF}{I}$$

b) Elektrolüüsil tekkiva aine massi *m* ja molaarmassi *M* avaldamine:

$$It = nzF \;\Big|\; \cdot \frac{1}{zF}$$

$$n = \frac{It}{zF}, \text{kus } n = \frac{m}{M}, \text{seega } \frac{m}{M} = \frac{It}{zF}$$

$$m = \frac{MIt}{zF} = \frac{MQ}{zF} \;\text{ ja }\; M = \frac{mzF}{It} = \frac{mzF}{Q}$$

Aine ruumala *V* leidmiseks saame niisamuti sarnast seost kasutada.

# Valemitevahelised seosed

- **Beer-Lambert'i seadus**

$$\boldsymbol{A = \varepsilon c l = \log\left(\frac{I_0}{I}\right)}$$

a) Lahustunud aine massi *m* avaldamine:

$$A = \varepsilon c l \;\Big|\; \cdot \frac{1}{\varepsilon l} \;\Rightarrow\; c = \frac{A}{\varepsilon l}, \text{kus } c = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV}, \text{seega } \frac{m}{MV} = \frac{A}{\varepsilon l}$$

$$m = \frac{AMV}{\varepsilon l}$$

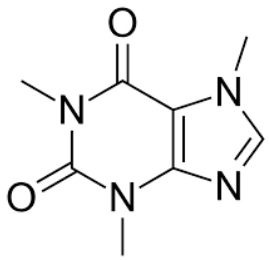
b) Intensiivsuse *I* avaldamine võrrandi pöördväärtusest antilogaritmi võtmisel:

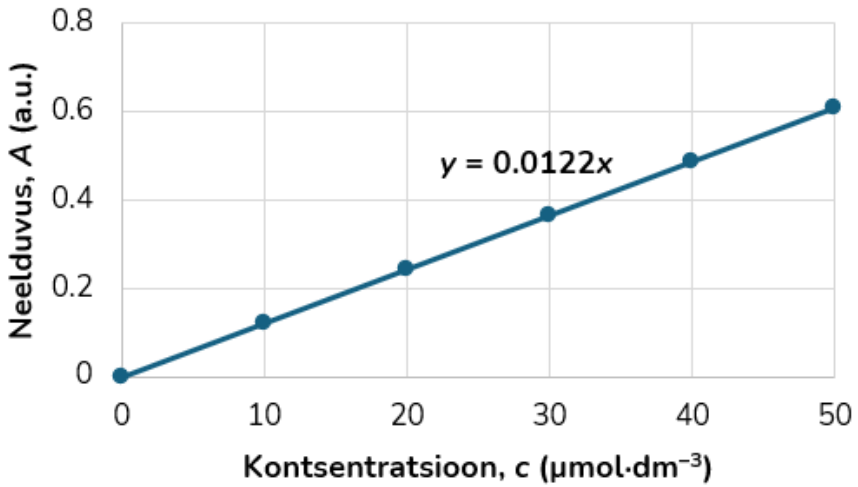
$$\log\left(\frac{I_0}{I}\right) = \varepsilon c l \;\Big|\; \cdot (-1) \;\Rightarrow\; \frac{I}{I_0} = 10^{-\varepsilon c l}, \text{kust } I = I_0 10^{-\varepsilon c l}$$

$$y = \log_b(x) \;\Leftrightarrow\; x = b^y$$

# Valemitevahelised seosed

- Beer-Lambert'i seadust saab mugavalt ka sirge võrrandi abil esitada. Alltoodul kalibreerimisgraafikul on kujutatud kofeiini erinevate kontsentratsioonidega vesilahuste neelduvust lainepikkusel λ = 272 nm.




- Tundmatu kofeiini kontsentratsiooni $c_{\text{kofeiin}}$ väärtuse arvutamine $A$ = 0,45 (a.u.) ja $l$ = 1 cm korral:

1) Beer-Lambert'i seadusest:

$$c = \frac{A}{\varepsilon l} = \frac{0{,}45}{12200\ \mathrm{dm^3{\cdot}mol^{-1}{\cdot}cm^{-1}} \cdot 1\ \mathrm{cm}} \cdot \frac{10^6\ \mu\mathrm{mol}}{1\ \mathrm{mol}} \approx 37\ \mu\mathrm{mol{\cdot}dm^{-3}}$$

2) Sirge võrrandist:

$$c = x = \frac{y - b}{a} = \frac{0{,}45}{0{,}0122} \approx 37\ \mu\mathrm{mol{\cdot}dm^{-3}}$$

# Valemitevahelised seosed

- Vesinikioonide kontsentratsiooni [H⁺] avaldamine valemist pH = −log[H⁺]:

$$\mathrm{pH} = -\log[\mathrm{H}^+] \;\Big|\; \cdot(-1) \;=\; -\mathrm{pH} = \log[\mathrm{H}^+] \;\Rightarrow\; 10^{-\mathrm{pH}} = [\mathrm{H}^+]$$

- Dissotsiatsioonikonstandi $K_a$ avaldamine valemist p$K_a$ = −log($K_a$):

$$\mathrm{p}K_\mathrm{a} = -\log(K_\mathrm{a}) \;\Big|\; \cdot(-1) \;=\; -\mathrm{p}K_\mathrm{a} = \log(K_\mathrm{a}) \;\Rightarrow\; 10^{-\mathrm{p}K_\mathrm{a}} = K_\mathrm{a}$$

- Nõrga monoprotoonse happe HA dissotsiatsioon vesilahuses:

$$\mathrm{HA} \rightleftharpoons \mathrm{H}^+ + \mathrm{A}^- \qquad K_\mathrm{a} = \frac{[\mathrm{H}^+][\mathrm{A}^-]}{[\mathrm{HA}]}$$

- [H⁺] ja [HA] avaldamine dissotsiatsioonikonstandi avaldisest:

$$K_\mathrm{a} = \frac{[\mathrm{H}^+][\mathrm{A}^-]}{[\mathrm{HA}]} \;\Big|\; \cdot[\mathrm{HA}]$$

$$K_\mathrm{a}[\mathrm{HA}] = [\mathrm{H}^+][\mathrm{A}^-] \;\Big|\; \cdot\frac{1}{[\mathrm{A}^-]} \;\Rightarrow\; [\mathrm{H}^+] = \frac{K_\mathrm{a}[\mathrm{HA}]}{[\mathrm{A}^-]} \qquad K_\mathrm{a}[\mathrm{HA}] = [\mathrm{H}^+][\mathrm{A}^-] \;\Big|\; \cdot\frac{1}{K_\mathrm{a}} \;\Rightarrow\; [\mathrm{HA}] = \frac{[\mathrm{H}^+][\mathrm{A}^-]}{K_\mathrm{a}}$$

Avaldised viiakse mugavamaks arvutuste läbiviimiseks **ruutvõrrandi** kujule, koostades selleks abistava **kontsentratsioonide tabeli**.

# Valemitevahelised seosed

- **Henderson-Hasselbalchi võrrand**

$$K_\mathrm{a} = \frac{[\mathrm{H}^+][\mathrm{A}^-]}{[\mathrm{HA}]} \Rightarrow K_\mathrm{a} = [\mathrm{H}^+] \cdot \frac{[\mathrm{A}^-]}{[\mathrm{HA}]} \Big| \cdot -\log$$

$$-\log(K_\mathrm{a}) = -\log[\mathrm{H}^+] - \log\frac{[\mathrm{A}^-]}{[\mathrm{HA}]}$$

$$\mathrm{p}K_\mathrm{a} = \mathrm{pH} - \log\frac{[\mathrm{A}^-]}{[\mathrm{HA}]} \Big| \cdot (-1)$$

$$\mathbf{pH} = \mathbf{p}\boldsymbol{K}_\mathbf{a} + \mathbf{log}\frac{[\mathbf{A}^-]}{[\mathbf{HA}]}$$

- $[A^-]$ ja [HA] suhe on määratud lahuse pH ning happe p$K_a$ kaudu järgmiselt:

$$\mathrm{pH} - \mathrm{p}K_\mathrm{a} = \log\frac{[\mathrm{A}^-]}{[\mathrm{HA}]} \Rightarrow 10^{\mathrm{pH}-\mathrm{p}K_\mathrm{a}} = \frac{[\mathrm{A}^-]}{[\mathrm{HA}]}$$

- Kui $[A^-] = [HA] = 1$, siis $\log([A^-]/[HA]) = 0$ ning lahuse pH on võrdeline happe p$K_a$ väärtusega (pH = p$K_a$).

# Orgaanilise sünteesiskeemi meelespea

- Tutvu antud lähteainete, vahe- ja/või lõppsaaduste struktuurivalemitega.
  a) Identifitseeri funktsionaalrühmad.
  b) Tuvasta, millised funktsionaalrühmad tekivad, muutuvad või kaovad sünteesi käigus.
  c) Määra võimalikud **nukleofiilsed** (δ–) ja **elektrofiilsed** (δ+) **reaktsioonitsentrid**.
- Määra, millised keemilised sidemed (C–C, C–N, C–O, C–X jt) saavad potentsiaalselt tekkida või katkeda.
  a) Tunne aineklassidele omaseid (levinumaid) orgaanilisi reaktsioone.
  b) Tuvasta **oksüdeerivad** (“hapnikurikkad”) ja **redutseerivad** (“vesinikurikkad”) **reagendid**.
  c) Tuvasta **nukleofiilsed** ja **elektrofiilsed reagendid**.
  d) Reagendid võivad sõltuvalt *reaktsioonitingimustest* erinevalt käituda.
- Pea silmas **kemoselektiivsust** (*milline?* funktsionaalrühm reageerib) ja **regioselektiivsust** (*kus?* molekuli positsioonis reaktsioon toimub).
- Tuvasta **reaktsioonitüüp** (oksüdeerumine, redutseerumine, elektrofiilne või nukleofiilne liitumine/asendus, eliminieerimine, ümberasetus jne).
- Seosta, millised tekstis või skeemil antud vihjed, nagu brutovalem $C_aH_bN_cO_d$, molaarmass *M* või elemendi massiprotsendiline sisaldus *w*(%), iseloomustavad mõnda keemilist üleminekut.

# Elektrofiilid ja nukleofiilid

- Elektrofiilid ja nukleofiilid võivad olla nii laenguga kui ka laenguta (neutraalsed) osakesed.

### Elektrofiilid

1. Vaba orbitaaliga katioonid

   $H^+$, $CH_3^+$, $NO_2^+$, $M^{n+}$ ($Al^{3+}$, $Fe^{3+}$, ...)

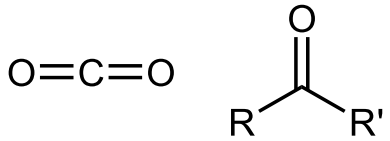
2. Vaba orbitaaliga neutraalsed osakesed

   $BF_3$, $AlCl_3$, $FeCl_3$, $ZnCl_2$, $TiCl_4$

3. σ-side elektronegatiivse aatomiga

   $CH_3$–Br

4. π-side elektronegatiivse aatomiga




5. Vaba orbitaalita ooniumioonid

   $H_3O^+$, $NH_4^+$

### Nukleofiilid

1. Vaba $e^-$ paariga anioonid

   $H^-$, $HO^-$, $RO^-$, $Br^-$, $NC^-$, $H_2N^-$

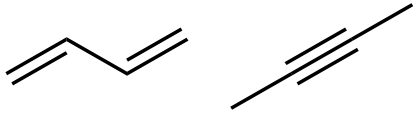
2. Vaba $e^-$ paariga neutraalsed osakesed

   $NH_3$, $H_2O$, R'$NH_2$, R'OH, R'SH

3. σ-side elektropositiivse aatomiga

   $CH_3$–Li, $CH_3$–MgBr *(metallorgaanika)*

4. Vaba(de) π-sideme(te)ga ühendid



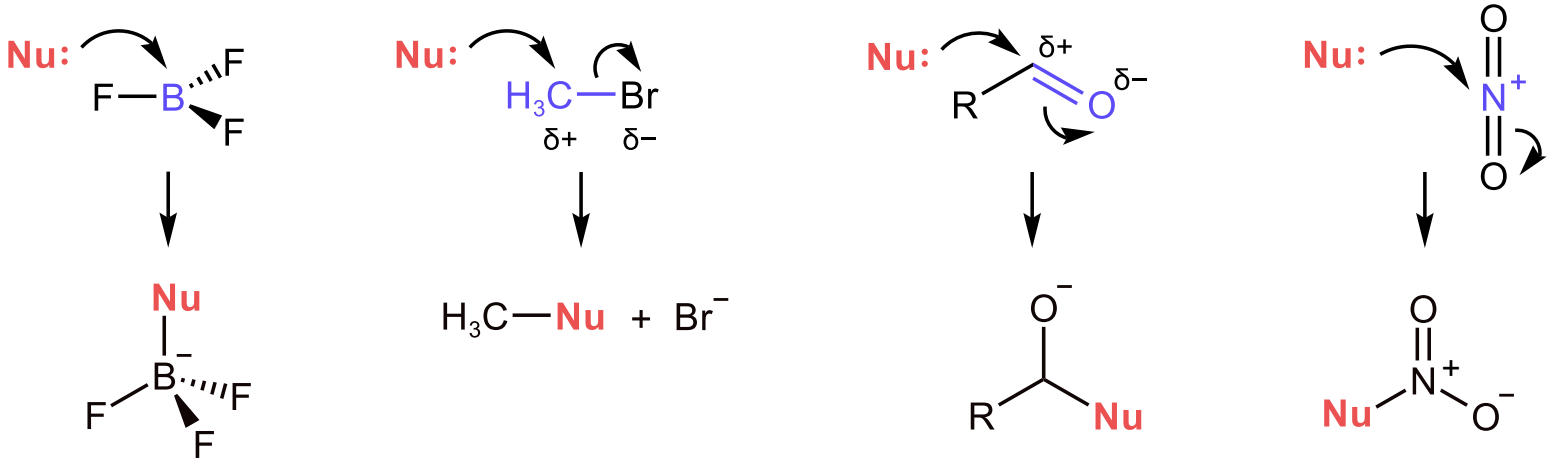
5. Kompleksanioonid

   $[AlH_4]^-$, $[FeBr_4]^-$, $[SbF_6]^-$

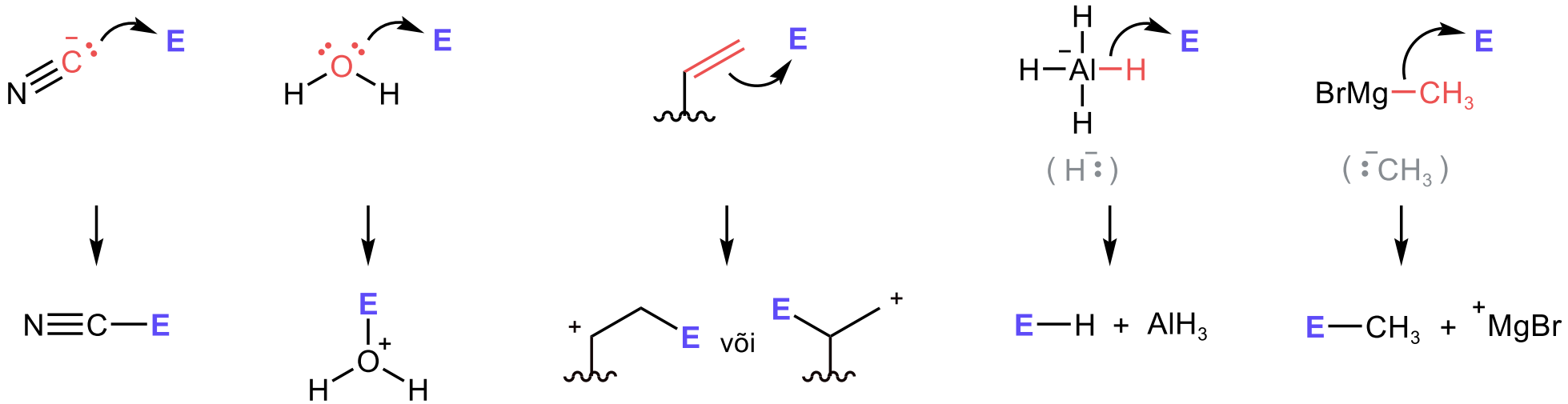
- Metallorgaanilisi ühendeid võib kujutada ioonilisena: $CH_3Li$ ehk $H_3C{:}^-\ {}^+Li$, $CH_3MgBr$ ehk $H_3C{:}^-\ {}^+MgBr$.
- Kompleksanioonid loovutavad dissotsieerumisel anioone: $[SbBr_6]^- \rightarrow SbBr_5 + Br^-$.

# Elektrofiilsus ja nukleofiilsus

- **Elektrofiilsus** on osakese võime täita oma (osaliselt) vaba orbitaal teiselt osakeselt (nukleofiililt) pärit vaba elektronipaariga, et moodustada keemilist sidet.




- **Nukleofiilsus** on osakese võime loovutada oma elektronipaar teisele (osaliselt) vaba orbitaaliga osakesele (elektrofiilile), et moodustada keemilist sidet.



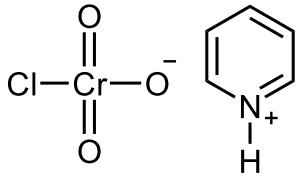
# Oksüdeerivad reagendid

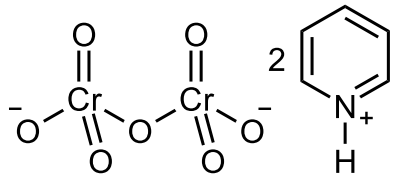
- Klassikaliselt “hapnikurikkad” anorgaanilised või orgaanilised ühendid, kuid mitte alati.

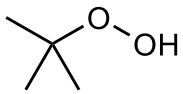
| Tüüp | Näited |
|---|---|
| *d*-metalliühendid | • $Mn^{IV}$ ja $Mn^{VII}$ ühendid<br>• $Cr^{VI}$ ühendid<br>• $Ru^{VIII}$ ja $Os^{VIII}$ ühendid |
| Hapnikuühendid | • $O_2$ (+ *d*-metalli kat.)<br>• Peroksiidid (ROOR’)<br>• Perhapped ($RCO_3H$)<br>• Osoon<br>• Radikaalid |
| Hüpervalentsed joodiühendid | • DMP, IBX<br>• $HIO_4$ või $NaIO_4$ ($I^{VII}$) |
| Väävliühendid | • Swerni reagent<br>• Corey-Kimi reagent |
| Muu | • $Pb(OAc)_4$<br>• $SeO_2$<br>• CAN ($Ce^{IV}$ ühend) |

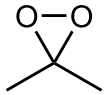
$MnO_2$ $KMnO_4$ $RuO_4$ $OsO_4$

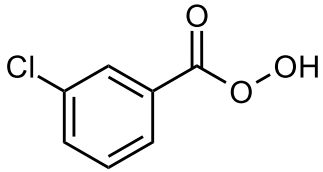
$CrO_3$, $H_2SO_{4\,(aq)}$ (Jonesi reagent) $CrO_3{\cdot}2Py$ (Collinsi reagent)

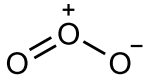
PCC 

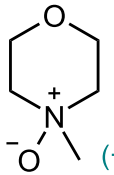
PDC 

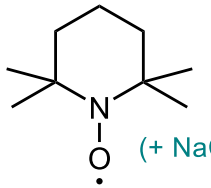

TBHP

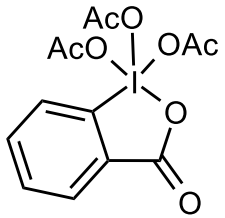

DMDO

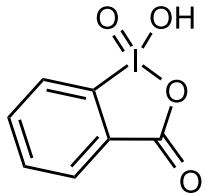
*m*-CPBA 

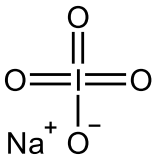

Osoon

NMO  (+ $OsO_4$)

TEMPO  (+ NaClO)

DMP 

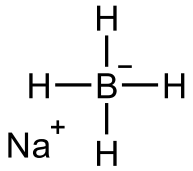
IBX 



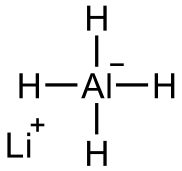
# Redutseerivad reagendid

- Klassikaliselt “vesinikurikkad” anorgaanilised või orgaanilised ühendid, kuid mitte alati.

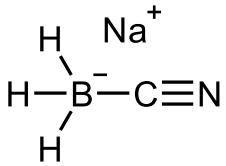
| Tüüp | Näited |
|---|---|
| Vesinikuühendid | • $H_2$ (+ *d*-metalli kat.)<br>• Hüdriidid<br>a) B- ja Al-ühendid<br>b) Silaanid<br>c) Stannaanid |
| Metalliühendid | • $Na/NH_3$<br>• Zn või Sn/HCl<br>• Zn(Hg)/HCl |
| Lämmastikuühendid | • Hüdrasiin ($N_2H_4$)<br>• Diimiid ($N_2H_2$) |
| Muu | • CO (tööstuses)<br>• Fosfiinid ($PR_3$)<br>• Väävliühendid<br>• Askorbiinhape<br>• Glükoos |



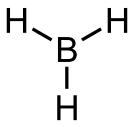
$NaBH_4$

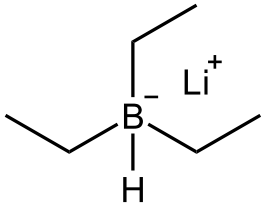


$LiAlH_4$ (LAH)

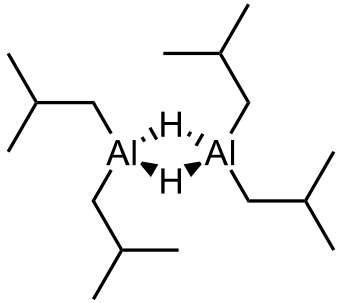


$NaBH_3CN$

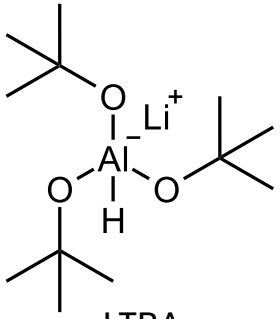


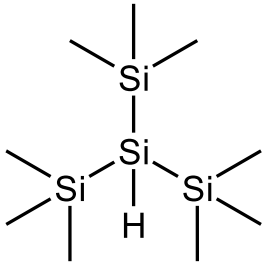
LiTEBH



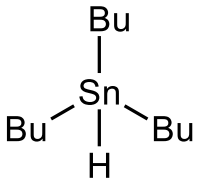
DIBAL



LTBA



TTMSS

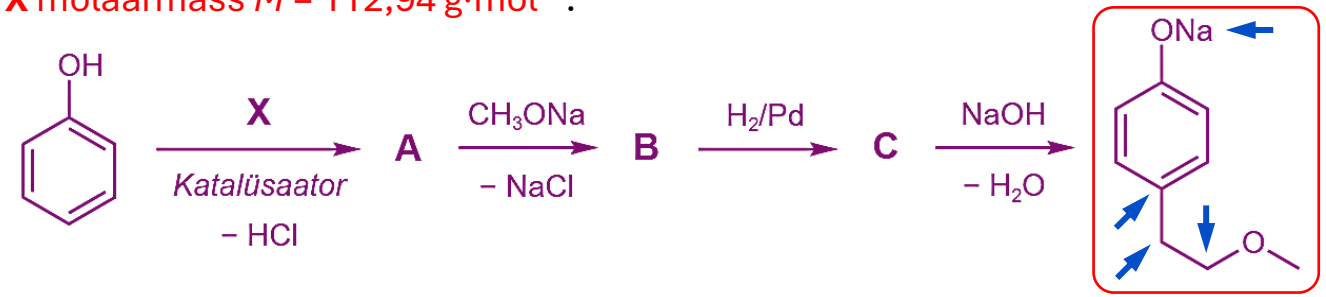


$Bu_3SnH$

# Orgaanilise sünteesi näide

Väljavõte 2025/26. õa Tallinna koolivooru 12. klassi ülesandest:

/.../ Metoprololi süntees algab fenoolist. Esimese nelja etapi saaduseks on *para*-asendatud fenolaat. On teada, et ühte hapniku aatomit sisaldava reagendi **X** molaarmass $M$ = 112,94 g·mol$^{-1}$.

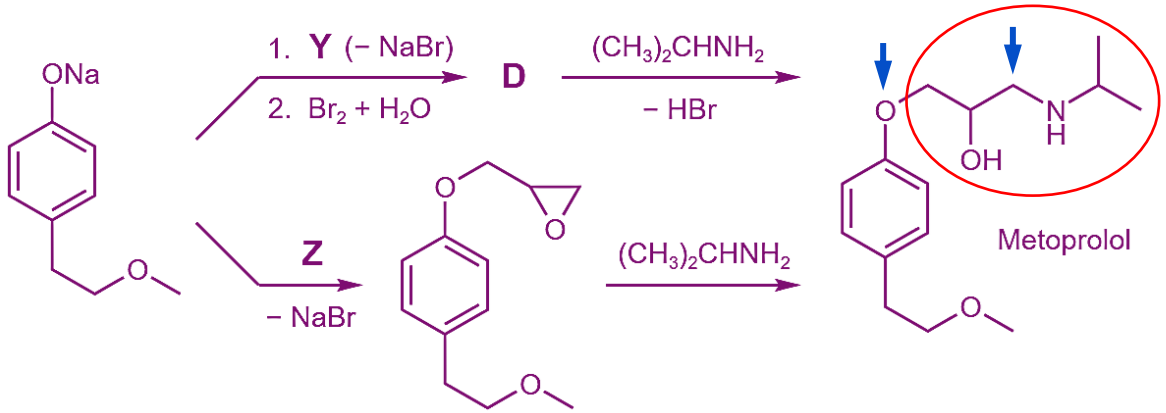



*Alustame analüüsi reaktsiooniraja lõpust.*

**3.** Kirjutage ***ühe*** anorgaanilise reagendi keemiline valem, mis sobiks sünteesi 1. etapis katalüsaatoriks.

**4.** Nimetage reaktsioonitüüp, millega on sünteesi 2. etapis tegu.

Eelvalmistatud fenolaadist on võimalik kahel viisil metoprololi sünteesida. On teada, et ülemises sünteesirajas toodud reagent **Y** on küllastumata halogeeniühend.




*Alustame analüüsi lõppsaaduse kõrvalahelas toimunud muutustest.*

**5.** Joonistage ühenditele **A**–**D** vastavad graafilised struktuurivalemid.

**6.** Joonistage ühenditele **X**, **Y** ning **Z** vastavad graafilised struktuurivalemid.

# Vastustevihik

- Igal õpilasel peab olema **unikaalne kood**, mis tuleb kirjutada **kõikidele vastustevihiku lehtedele**:

10. klass

| A | B | C | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

**Ülesanne 4. Ohtlik ravim** **(10 p)**

- Vastustevihiku lehed tuleb **printida ühepoolselt** kahel põhjusel:
  1) lehe tühi pool (tagakülg) on õpilasele vastava ülesande mustandi kirjutamiseks;
  2) üleparandamisele saadetud tööde ülesannete lehed jagatakse autorite vahel ära.
- Ruumi kokkuhoidmiseks pole tekstis antud andmeid vaja ükshaaval lahenduskasti ümber kirjutada. Hinnatakse ainult arvutuskäiku, kus vastavaid andmeid kasutatakse.
- Ühtlasi ei pea arvutustes kasutatavate ainete molaarmasse eraldi välja kirjutama.

**Juhend ja olümpiaadi lahendamise meelespea**

- Komplekt koosneb **5 ülesandest** ja *Grand Prix* lisaülesandest.
- **NB!** *Grand Prix* 6. ülesande tulemust ei võeta arvesse piirkondliku (v.a Tallinnas) paremusjärjestuse moodustamisel, kuid arvestatakse keemiaolümpiaadi lõppvooru kutsumisel. *Grand Prix* 6. ülesanne on eelmistest mahukam ja kogu vajalik info selle lahendamiseks on ülesande tekstis olemas.
- Sul on ülesannete lahendamiseks aega **5 tundi**.
- Mustandipaberina kasuta selle vihiku lehtede tagakülgi.
- Kasuta aega efektiivselt!
  *Alusta lahendamist sellest, mida oskad.*
  *Kui esialgu ülesandega toime ei tule, pöördu selle juurde hiljem tagasi.*
- Loe alati ülesanne ja küsimused lõpuni.
  *Ülesande alapunktid pole alati omavahel seotud. Püüa ülesandest ära teha nii palju, kui oskad, sõltumata sellest, kas oled lõppvastuseni jõudnud või mitte.*
- Kirjuta vastused ja arvutused ainult **pastapliiatsiga** selleks ettenähtud **kastidesse**.
  *Kui kogu vastus ei mahu kasti, kirjuta vastus sama lehekülje tagaküljele ning tõmba sellele ise kast ümber. Samuti märgi ülesande juurde, et vastus asub lehe tagaküljel.*
- Kirjuta **selge käekirjaga**.
  *Kui parandaja ei saa käekirjast aru, punkte ei anta!*
  *Paranduste tegemisel tõmba vigasele sõnale/numbrile kriips peale ning kirjuta uuesti.*
- Arvulise vastuse esitamisel näita **lahenduskäiku**, mille kaudu vastuseni jõudis.

Ülesanded ja vastused (avaldatakse, kui olümpiaad on lõppenud):
www.eko.ut.ee/eko/pv

Palun anna olümpiaadile tagasisidet:

keemiaolympiaad
eestikeemiaolympiaad

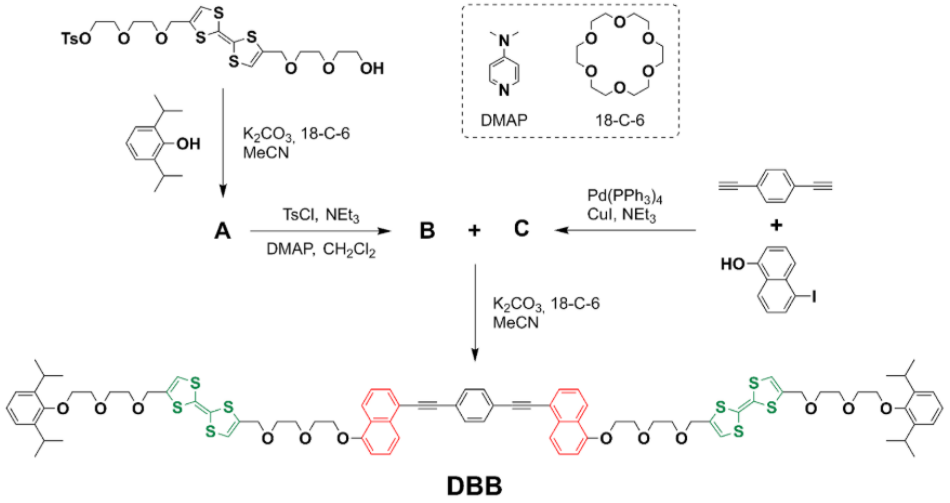
*Põnevat olümpiaadikogemust!*

# Ülesanded ja lahendused

- Olümpiaadiülesanne on autorile võimalus:
  - ✓ kirjutada talle valdkonnapõhiselt enim huvi pakkuvast teemast;
  - ✓ populariseerida mõnda spetsiifilist keemiaharu;
  - ✓ tutvustada “eksootiliste” (vähemlevinud) keemiliste ainete omadusi;
  - ✓ tõsta esile ajalooliselt silmapaistvamaid avastusi ja nendega seotud teadlasi;
  - ✓ rikastada sõnavaralt (uudsete või kaasaegsete terminitega) eestikeelset keemiaharidust.
- Pikemad ülesannete tekstid
  - ✓ rohkem abistavaid selgitusi ja vihjeid
  - ✓ rohkem (kaasaegset) teemakohast infot
- Lisaselgitused lahenduskäikudes
  - ✓ juhendajatel edaspidi mugavam õpetada
  - ✓ õpilastel edaspidi lihtsam õppida

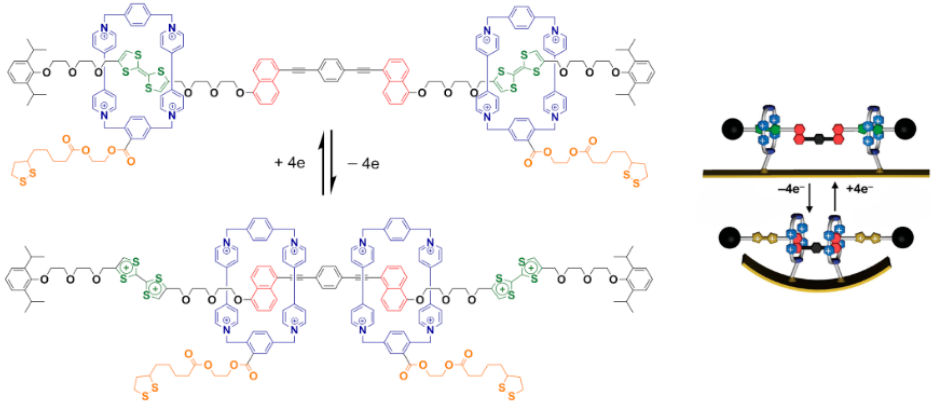
**5. Molekulaarsed lihased** **(9 p)**

Rotaksaanid on omavahel mittekovalentsete vastasmõjude läbi mehaaniliselt seotud supramolekulaarsed struktuurid. Rotaksaanid koosnevad ümmargustest makrotsüklitest (ülesandes tähistatud siniselt), mida läbib pikk hantlikujuline molekul. Selliseid komplekseid struktuure kasutatakse kunstlike molekulaarmasinate sünteesis. Hantlikujulist **DBB**-d on võimalik valmistada alltoodud sünteesiskeemi järgi:




**6. Molekulaarsete lihaste konstrueerimine** **(8 p)**

Tetratiafulvaleeni fragmente (joonisel värvitud rohelisega) on võimalik pöörduvalt oksüdeerida. Oksüdeerimisel muutub elektrostaatiliste tõukumiste tõttu rotaksaani makrotsüklite (värvitud sinisega) ruumiline asetus. Alltoodud joonisel on skemaatiliselt kujutatud rotaksaani ruumilise asetuse muutust, mis painutab sellega seotud kullapinda.



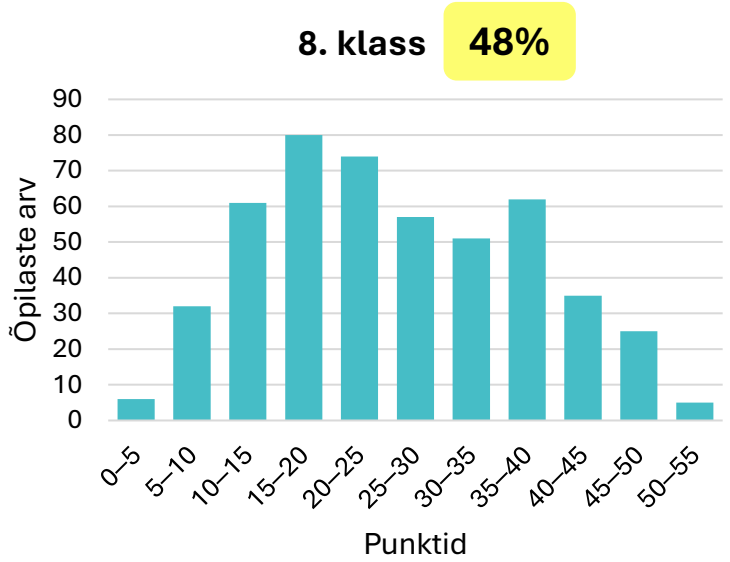
# Piirkonnavooru lahendatavus ja osalus

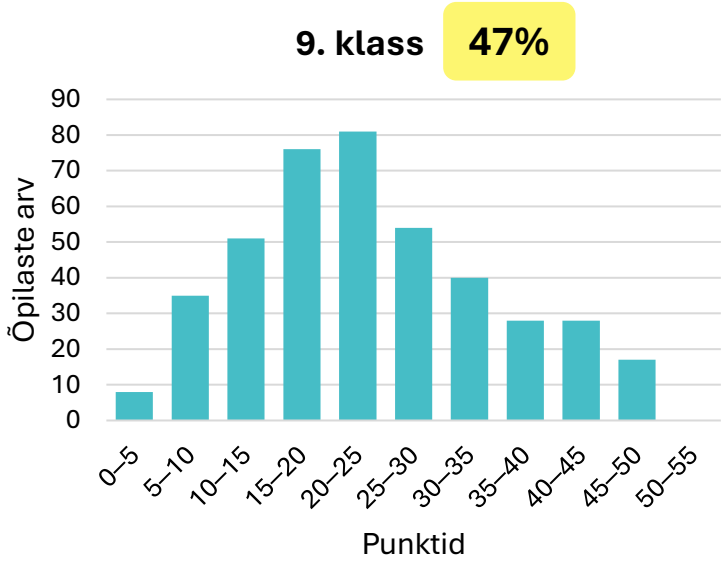
- Mõistlik lahendatavusprotsendi vahemik: **45–60%**

| | 8. kl | 9. kl | 10. kl | 11. kl | 12. kl |
|---|---|---|---|---|---|
| 2018/19 | 47% | 34% | 47% | 53% | 57% |
| 2019/20 | 46% | 33% | 37% | 50% | 55% |
| 2020/21 | 55% | 49% | 40% | 37% | 53% |
| 2021/22 | 41% | 53% | 58% | 48% | 52% |
| 2022/23 | 50% | 41% | 39% | 53% | 57% |
| 2023/24 | 66% | 44% | 40% | 46% | 56% |
| 2024/25 | **48%** | **47%** | **44%** | **47%** | **54%** |
| 2025/26 | ? | ? | ? | ? | ? |

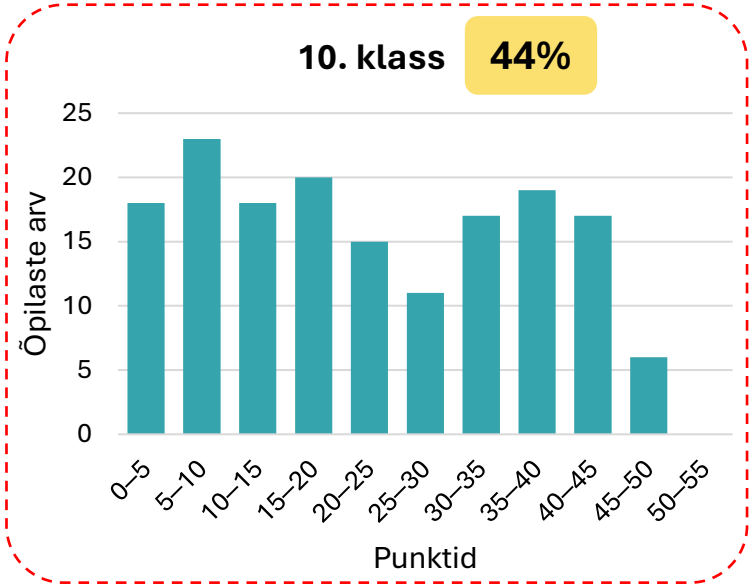
| Õpilaste arv | 8. kl | 9. kl | 10. kl | 11. kl | 12. kl | Kokku |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2022/23 | 413 | 391 | 157 | 107 | 64 | 1132 |
| 2023/24 | 428 | 425 | 147 | 116 | 87 | 1203 |
| 2024/25 | 488 | 418 | 164 | 113 | 96 | 1279 |
| 2025/26 | ? | ? | ? | ? | ? | >1300? |

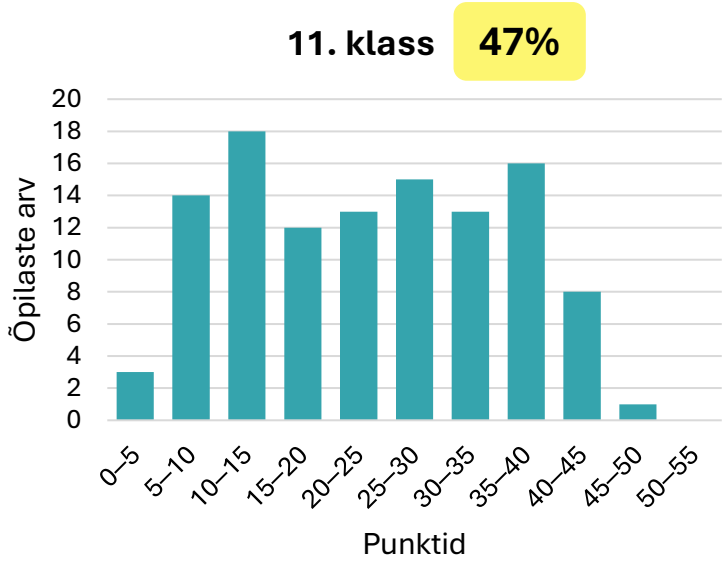
# 2024/25. õa piirkonnavoor



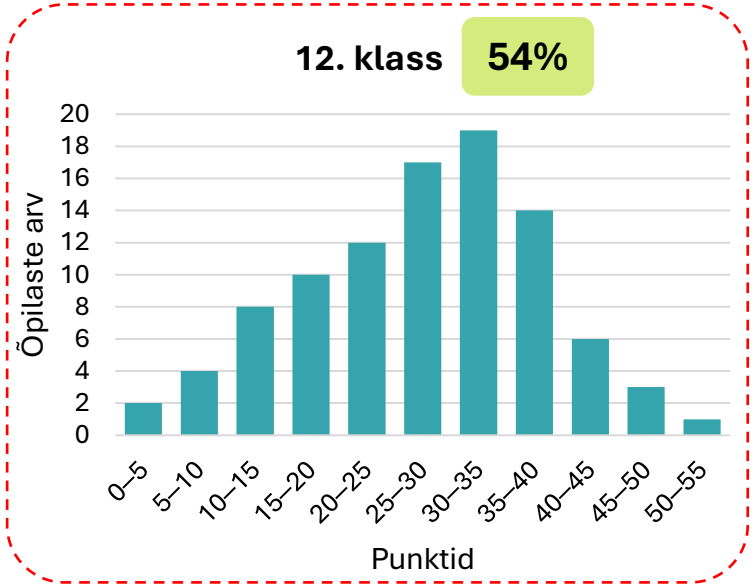




*Pigem keeruline*




*Pigem lihtne*



# 2024/25. õa lõppvoor

- Lõppvoorus osales 101-st kutsutud õpilasest **96 õpilast**.
- Enim osalisi **Tallinnast** ja **Tartust**.

*Tallinna Reaalkool*

*Gustav Adolfi Gümnaasium*

*Hugo Treffneri Gümnaasium*

*Miina Härma Gümnaasium*

*Nõo Reaalgümnaasium*

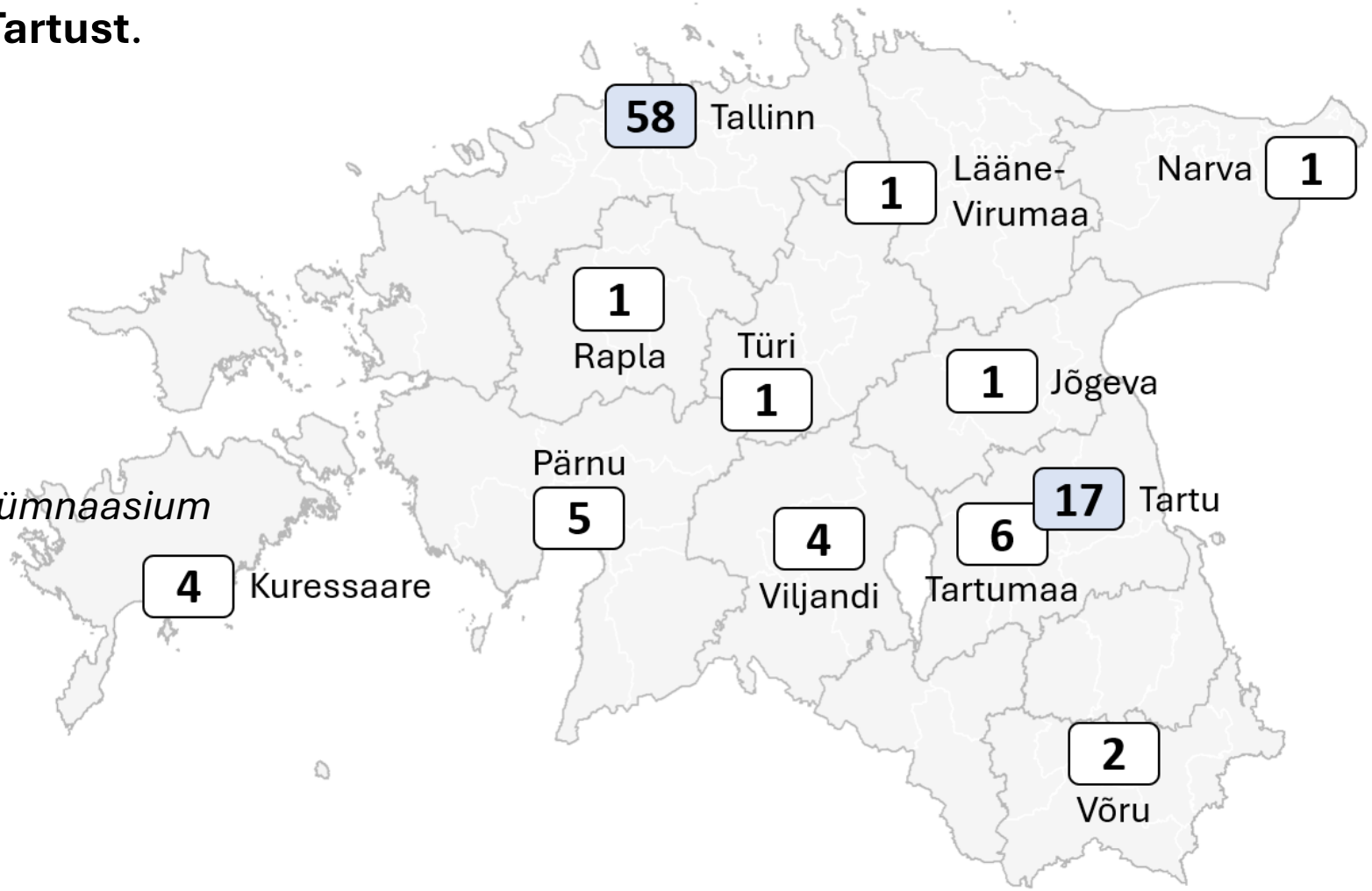
*Saaremaa Gümnaasium*

*Pärnu Sütevaka Humanitaargümnaasium*

*Viljandi Gümnaasium*

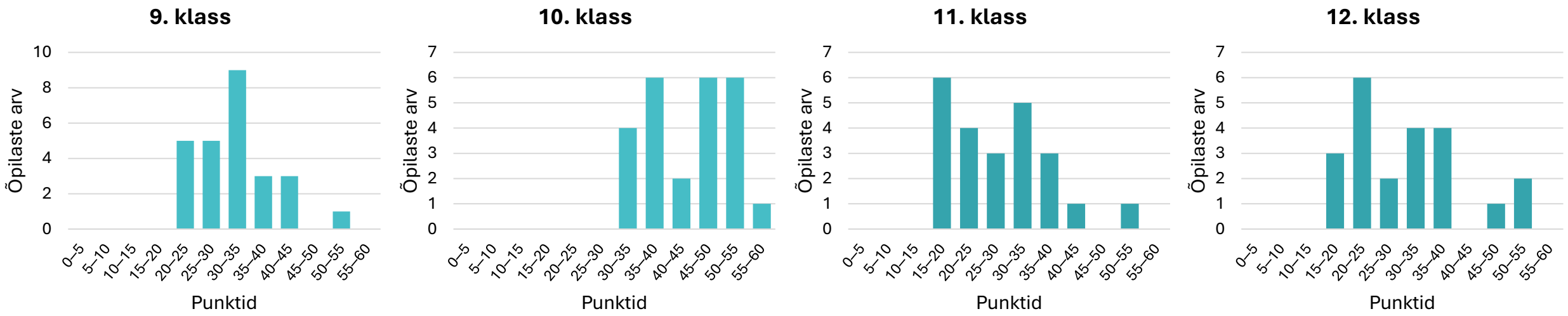
*Tallinna Tõnismäe Reaalkool*

*jt*



# 2024/25. õa lõppvoor

- 9.–10. kl saab lahendamisel valida 9 erineva ülesande vahel, millest lähevad arvesse ***kuue*** kõige paremini lahendatud ülesande punktid.
- Teooriavooru tulemused:



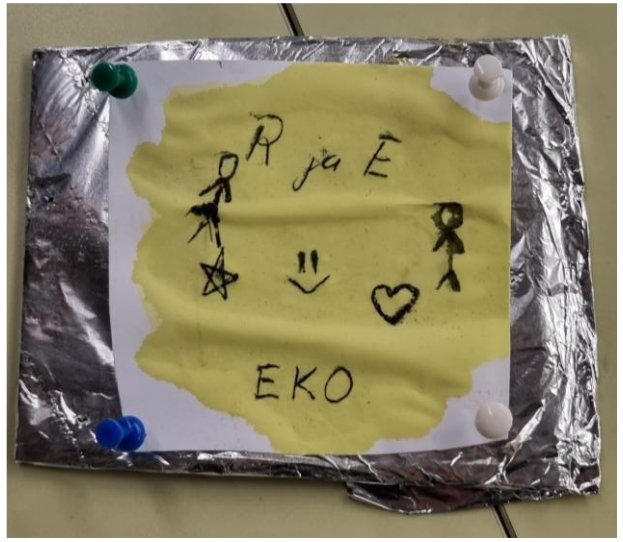

- 9.–10. klassi praktikumi “Askorbiinhappe ja sidrunhappe sisalduse määramine spordijoogis” juhendas Jörgen Metsik.
- 11.–12. klassi praktikumi “(*E*,*E*)-dibensülideenatsetooni süntees” juhendasid Anton Mastitski ja Henry Vider.

# Keemia huvipäev

## TÜ Chemicumis ja Physicumis

*TLC praktikum*
*(Anton Mastitski)*

*Elektrokeemiline joonistamine*



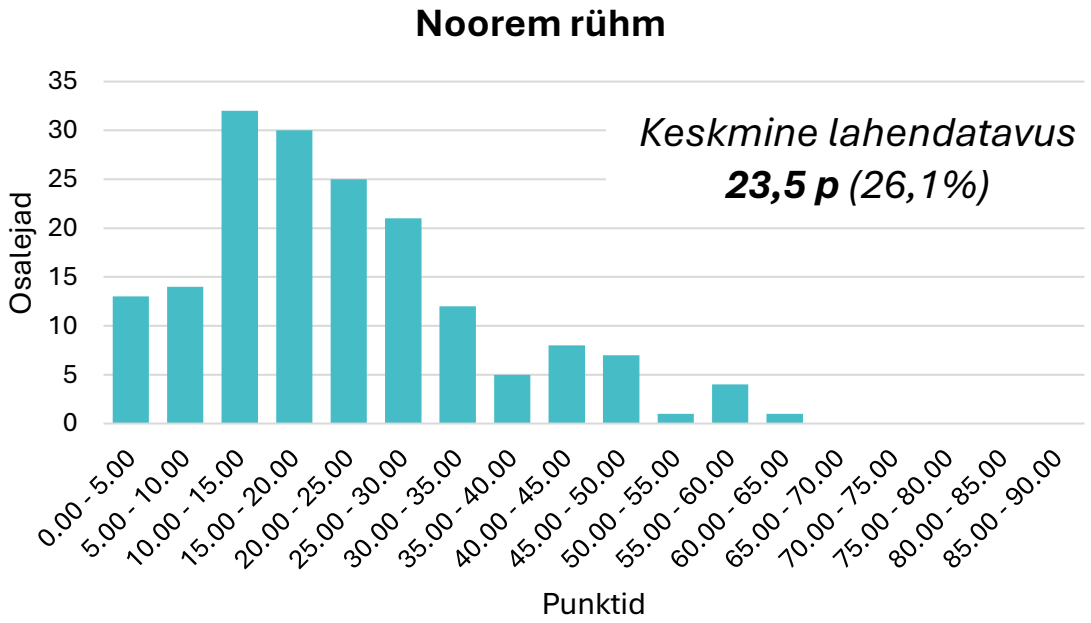
*Värvilised leegid*

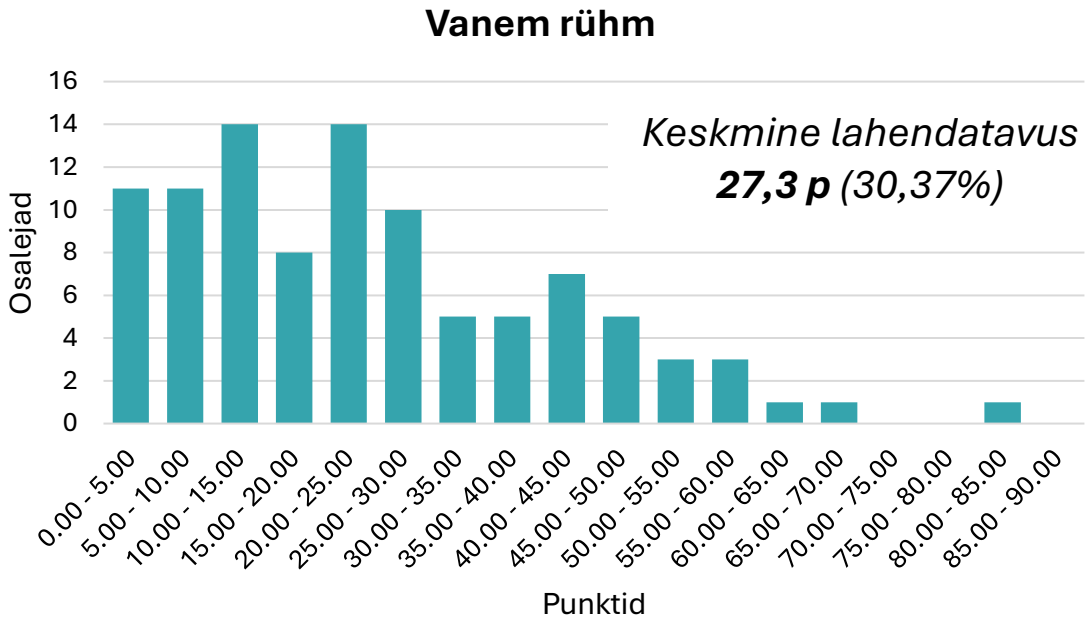
*Praktikum "Värviline keemia"*
*(Andreas Päkk & Kristi Koitla)*

*Redoksindikaatorite keemilised omadused*

# 2025/26. õa keemia lahtine võistlus

- Veebipõhine (testid.ut.ee)
- Lahendamise keeled: eesti või inglise
- Lahendamisaeg: 4 h
- Nooremas rühmas oli osalisi **173** (2024. a 234) ja vanemas rühmas **99** (2024. a 106).



# IChO 2025 Dubais (AÜE)

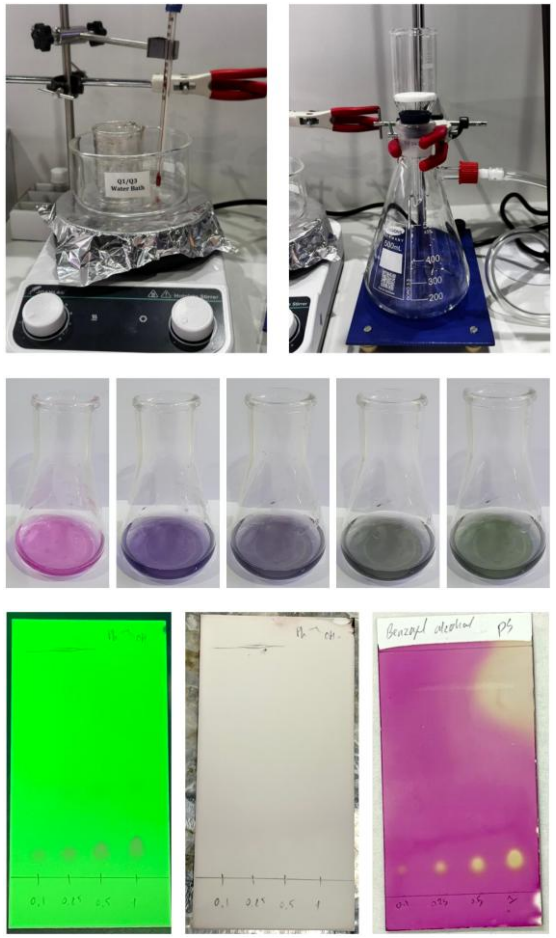
57th INTERNATIONAL CHEMISTRY OLYMPIAD UNITED ARAB EMIRATES 2025

- 57. rahvusvaheline keemiaolümpiaad 5.–14. juulil 2025 (pressiteade)
- 354 õpilast 90 riigist
- Eestit esindasid neli gümnasisti:
  - 🥈 **Mihkel Tali** (12. kl, Hugo Treffneri gümnaasium) – *hõbemedal* (71. koht)
  - 🥉 **Ivan Vnukov** (12. kl, Tallinna Tõnismäe Reaalkool) – *pronksmedal* (155. koht)
  - 🥉 **Karlis Suvi** (12. kl, Tallinna Reaalkool) – *pronksmedal* (162. koht)
  - 🥉 **Nurkhan Torekhanov** (11. kl, Miina Härma Gümnaasium) – *pronksmedal* (166. koht)
- Võistkonna mentorid: Andreas Päkk ja Kristi Koitla
- Olümpiaad koosnes kahest 5-tunnisest osast: teooriavoor ja eksperimentaalvoor.
- Teooriavoorus oli 9 eriteemalist ülesannet ja eksperimentaalvoorus 3 praktilist tööd.
- IChO ettevalmistuse raames viiakse läbi **2 eesti- või ingliskeelset treeninglaagrit juunis ja juulis** (kokku 10–12 päeva kohapeal). Õpilastele luuakse **individuaalõppe kava** treeninglaagrite eelseks ja vahepealseks õppeperioodiks, mis põhineb käesoleva aasta IChO ettevalmistusülesannete kogumiku temaatikal (2025. aastal 30 ülesannet ja 7 praktilist tööd).

# IChO 2025 Dubais (AÜE)

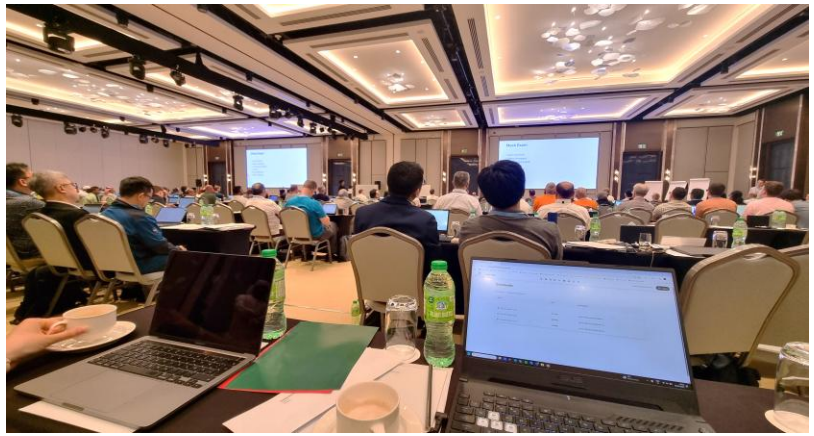
57th INTERNATIONAL CHEMISTRY OLYMPIAD UNITED ARAB EMIRATES 2025

- Teooriavoor (ülesanded)
  - ✓ süsiniku-, lämmastiku- ja väävliühendite keemilised omadused
  - ✓ keemilise tasakaalu arvutused (lahuste kolligatiivsed omadused)
  - ✓ keemilised analüüsimeetodid (massispektromeetria ja infrapunaspektroskoopia)
  - ✓ fotokeemia (fotokatalüüs ja pooljuhid)
  - ✓ molekulorbitaalide teooria (diatomaarsed molekulid ja metall–ligandi interaktsioonid)
  - ✓ stereokeemia (Newmani projektsioonid; Felkin-Ahni ja Zimmerman-Traxleri stereoselektiivsuse mudelid; siirdemetallide kompleksühendite isomeerid)
  - ✓ orgaaniliste lämmastikuühendite keemilised reaktsioonid
  - ✓ koensüüm A metabolismiradade biokeemilised reaktsioonid ja nende mehhanismid; isotoopmärgistamine
- Eksperimentaalvoor (ülesanded)
  - ✓ siirdemetalli kompleksühendi süntees, vaakumfiltreerimine ja karakteriseerimine UV-Vis spektromeetria abil; mikroskaalal reaktsioonide läbiviimine
  - ✓ aminohapete identifitseerimine ning kompleksomeetriline tiitrimine
  - ✓ keemiliste reagentide visualiseerimine ja tuvastamine õhukese kihi kromatograafilise analüüsi (TLC) abil



# IChO 2025 Dubais (AÜE)

57th INTERNATIONAL CHEMISTRY OLYMPIAD UNITED ARAB EMIRATES 2025



*Sharjah' ekspokeskus*

*Baltimaade võistkonnad ja mentorid*

# Neo Fellowship in STEM Excellence

- 18. septembril 2025 toimus Tallinnas haruldastest muldmetallidest magneteid tootva Neo Performance Materialsi Narva tehase avamisüritus, kus anti esimest korda üle stipendiumid STEM-valdkonna rahvusvahelistel olümpiaadidel (matemaatikas, füüsikas ja keemias) medalikohti saavutanud õpilastele.
- Tartu Ülikooli teaduskoolist tunnustati **13 õpilast**.
- Iga stipendiaat sai 1000 euro suuruse toetuse ning võimaluse minna ülikooliõpingute ajal tasustatud praktikale Neo Performance Materialsisse.

Autor: Helena Alekand

# Tehisintellekti arusaam keemiast (1)

- Mida täpsem ja konkreetsem sisend (küsimus), seda konkreetsem vastus.
- **ChatGPT-4** (2024. a seisuga)
  a) Lahendas lihtsamaid (harva ka keerukamaid) ABC-tüüpi nuputamisülesandeid enam-vähem korrektselt, kuid ei suutnud tekstis antud vihjeid omavahel seostada, mõeldes välja ”eksootilisi” ühendeid, mis vastaksid võimalikult ligilähedaselt arvutustele.
  b) Sai enamjaolt nii lihtsate kui ka keerukamate füüsikalise ja analüütilise keemia arvutusülesannete lahendamisega hakkama. Juhul, kui vastavad arvutused olid seotud nt ABC-tüüpi anorgaaniliste ühendite tuvastamisega, tekkisid vihjete tõlgendamisel või loogiliste järelduste tegemisel tõrked.
  c) Ei suutnud luua (korrektseid) loetavaid jooniseid ega lihtsamaid molekulstruktuure, aga ”loeb” pildifaile hästi.
- **ChatGPT-5** (2025. a seisuga)
  a) Lahendas ABC-tüüpi ülesandeid, mis ei nõua liiga keerulisi (>2 muutujaga) matemaatilisi võtteid, igal tasemel ning suutis üldjuhul ka teksti peidetud vihjetest aru saada.
  b) Lahendas füüsikalise ja analüütilise keemia ülesandeid peaaegu alati korrektselt.
  c) Ei suuda jätkuvalt kasutuskõlblikult esteetilisi jooniseid ega skeeme luua, ent mõistab ja tagasisidestab pildifaile (sh orgaanilised sünteesiskeemid) väga täpselt.

# Tehisintellekti arusaam keemiast (2)

- Siiski:
  a) ChatGPT sobib hästi n-ö arutlevaks kaaslaseks eriteemaliste keemiaalaste küsimuste korral, suutes seejuures mitmekülgsete näidete näol…
     i. suunata õpilast ülesande lahendamisel;
     ii. inspireerida olümpiaadiülesande koostajat ideede leidmisel.
  b) ChatGPT tuvastab mõningatel juhtudel ülesande tõlgendamisel ka alternatiivseid lahenduskäike, millest võib potentsiaalselt õpilaste iseseisvas ettevalmistuses kasu olla.
- Tehisintellekt sobib õppeprotsessi toena *juhiste küsimiseks* ja *võimaliku lahenduskäigu hüpoteesi kontrollimiseks*.
- Seejuures ei märka ChatGPT tihtipeale oma arvutustes tehtud vigu, kui neile tagasisides eraldi tähelepanu ei pööra, mispärast tasub enne probleemi sõnastamist teemaga piisavalt kursis olla, et tüüpvead õppeprotsessis õppijale edasi ei kanduks – **iga arvutustega klappiv vastus ei pruugi olla õige vastus!**

# Tehisintellekti arusaam keemiast (3)

JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION

Open Access

This article is licensed under CC-BY 4.0

pubs.acs.org/jchemeduc

Chemical Education Research

## ChatGPT Convincingly Explains Organic Chemistry Reaction Mechanisms Slightly Inaccurately with High Levels of Explanation Sophistication

*Published as part of Journal of Chemical Education virtual special issue "Investigating the Uses and Impacts of Generative Artificial Intelligence in Chemistry Education".*

Brandon J. Yik* and Amber J. Dood

Cite This: *J. Chem. Educ.* 2024, 101, 1836–1846

Read Online

Yik, B. J., & Dood, A. J. (2024). *ChatGPT convincingly explains organic chemistry reaction mechanisms slightly inaccurately with high levels of explanation sophistication. Journal of Chemical Education, 101*(5), 1836–1846. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00235

# Tehisintellekti arusaam keemiast (4)

**communications** chemistry

Article

A Nature Portfolio journal

https://doi.org/10.1038/s42004-025-01782-x

## Evaluating large language models on multimodal chemistry olympiad exams

Check for updates

Yiming Cui[1,2], Xin Yao[1,2], Yuxuan Qin[1,2], Xin Li[1,2], Shijin Wang[1,2] & Guoping Hu[1,2]

Multimodal scientific reasoning remains a significant challenge for large language models (LLMs), particularly in chemistry, where problem-solving relies on symbolic diagrams, molecular structures, and structured visual data. Here, we systematically evaluate 40 proprietary and open-source multimodal LLMs, including GPT-5, o3, Gemini-2.5-Pro, and Qwen2.5-VL, on a curated benchmark of Olympiad-style chemistry questions drawn from over two decades of U.S. National Chemistry Olympiad (USNCO) exams. These questions require integrated visual and textual reasoning across diverse modalities. We find that many models struggle with modality fusion, where, in some cases, removing the image even improves accuracy, indicating misalignment in vision-language integration. Chain-of-Thought prompting consistently enhances both accuracy and visual grounding, as demonstrated through ablation studies and occlusion-based interpretability. Our results reveal critical limitations in the scientific reasoning abilities of current MLLMs, providing actionable strategies for developing more robust and interpretable multimodal systems in chemistry. This work provides a timely benchmark for measuring progress in domain-specific multimodal AI and underscores the need for further advances at the intersection of artificial intelligence and scientific reasoning.

Cui, Y., Yao, X., Qin, Y. *et al.* (2025). *Evaluating large language models on multimodal chemistry olympiad exams*. *Communications Chemistry*, 8, 402. https://doi.org/10.1038/s42004-025-01782-x

# Jõudu ja jaksu!

keemiaolympiaad

eestikeemiaolympiaad