

MUUSEUMIKOGUD

Ajaloolisest klaasist Tartu Ülikooli ajaloo muuseumis

TULLIO ILOMETS

Cand. chem., Tartu Ülikooli ajaloo muuseumi konsultant

Ajaloolise klaasi teekond muuseumi

Tartu ülikooli ajaloo muuseumi kogudes on rikkalikult ajaloolist klaasi: nii klaasist aparatuuri, mõõteriistu kui ka mitmesuguseid laboratooriumi abivahendeid. Klaasi leidub ka aparaatides ja seadmetes, mis vajavad tööks optilisest klaasist valmistatud detaile, nagu teleskoobid, mikroskoobid, teodoliidid, refraktomeetrid, fotoaparaadid, polarimeetrid, spektroskoobid jm. Klaasil on otsustav tähtsus paljude objektide säilitusnõudena pudelite, purkide

ja silindrite kujul. Klaas on esindatud ka klaasvati, klaasriide ja klaastekstiilpaelana. Klaasist on fotoplaadid, mitmesugust tüüpi termomeetrid, areomeetrid ja veel palju muud, näiteks prožektorilambid, elektripirnid, kuumutuslambid, raadiolambid ja indikaatorpirnid.

Kõige arvukamalt leidub eri aegadest (XIX–XX sajandist) pärinevat ja eri firmade või meistrite valmistatud laboriklaasi, kui arvata kaasa ka termomeetrid, areomeetrid, mõõte- ja analüüsiriiistad. Rohkesti on samuti eri aegadest pärinevat, mitmekesise kuju ja tegumoega kollektsioonidetarbelist klaastaarat. XIX sajandi esimesest poolest pärineb Johann Friedrich Erdmanni (1778–1846) farmakognostiline kollektsioon ja suur osa selle klaaspurke-pudeleid.¹ Suurematest kogudest märkigem veel Johann Georg Dragendorffi (1836–1898) droogide kollektsiooni ja keemikute Carl Schmidti (1822–1894) kivimite² ja anorgaaniliste ainete ning Paul Kogermani (1891–1951) orgaaniliste ainete kollektsioone. Neis leidub mitmeaadse kuju ja tegumoega ning mitmesuguse päritoluga pudeleid, purke ja silindreid.

Muuseumis hoitava ajaloolise laboriklaasi ja keraamika kohta on seni trükis ilmunud ainult üks lühiülevaade.³ Klaasiga seotud esemete, aparaatide ja kollektsioonide kohta saab siiski vähesel määral teavet mitmest trükis avaldatud ülevaateartiklist.⁴ Mingi (klaas)

¹ Tullio Ilomets, Margit Päid, „Johann Friedrich Erdmann ja tema farmakoloogiline kollektsioon“, *Tartu Ülikooli ajaloo küsimusi*, XVIII (Tartu, 1985), 123–130; Tullio Ilomets, Margit Päid, „Johann Friedrich v. Erdmanns (1778–1846) pharmakognostische Sammlung in Dorpat (Tartu)“, *Naturforschung, Experiment und Klinik. Deutsch-Russische Beziehungen in der Naturwissenschaftlichen Medizin des 19. Jahrhunderts*, Bd. 5, Hgg. Ingrid Kästner, Regine Pfrepper (Aachen: Shaker Verlag, 2002), 81–88.

² Kalju Utsal, „About the Mineral and Chemical Composition of Prof. Carl Schmidt's Rock Collection“, *Museum of Tartu University History. Annual 1996* (Tartu, 1997), 84–86; Sirje Sisask, „Lühiülevaade professor Carl Schmidti kivimi- ja mineraalikkollektsioonist TÜ ajaloo muuseumis“, *Tartu Ülikooli ajaloo küsimusi*, XXXVIII (Tartu, 2010), 192–201.

³ Tullio Ilomets, „Laboratory Glassware and Ceramics at the the Museum of Tartu University Museum“, *Museum of Tartu University History. Annual 1996* (Tartu, 1997), 17–20.

⁴ Leili Kriis, „Tartu ülikooli ajaloo muuseumi kogud“, *Tartu Ülikooli ajaloo küsimusi*, XXVII (Tartu, 1993), 166–193; Leili Kriis, „Tartu Ülikooli Ajaloo Muuseumi kogude kujunemine 1979–2000“, *Tartu Ülikooli ajaloo küsimusi*, XXXII (Tartu, 2001), 27–54; Ingrid Mesila, „Patoloogiapreparaatide kogu Vanas Anatoomikumis“, *Tartu Ülikooli ajaloo küsimusi*, XXXIV (Tartu, 2005), 135–148; Leili Kriis, „19. sajandi meditsiiniajaloo alased kollektsioonid Tartu ülikoolis“,

seadme konstruktori, leiutaja või esmavalmistaja kohta võib infot leida kataloogidest. Tartu Ülikooli ajaloo muuseumi tootekataloogide kohta vt Virge Lelli⁵ 2001. a ilmunud kokkuvõtet.

Ajaloolist klaasi, nagu ka muud säilitamist väärivat, hakati koguma ja talletamiseks kõrvale panema juba enne ülikooli ajaloo muuseumi loomist, umbes 1960. aastate alguses. Õnnetuseks hävisid 21. detsembril 1965. a ülikooli peahoones puhkenud tulekahjus kaks katusealust kartserit koos sinna varjule viidud füüsikariistadega. Kolmes ülejäänud, vähem kannatada saanud kartseris said esemed peamiselt tahmakahjustusi. Klaasesemeid hävis tulekahju tõttu õnneks väga vähe. Kolmest säilinud kartserist kaks lammutati taastamistööde käigus ja üks restaureeriti.

Pärast tulekahju, 1966. a, anti ajalooliste esemete hoiukohaks kartserite asemel kaks ruumi peahoone vasakpoolse tiiva all olevast keldrist. Sinna hakati mõni aeg hiljem koondama kastidesse pakituna ka keemiahoonest pärit ajaloolist laboriklaasi.

1971. aastal loodi ülikooli ajaloo komisjon, mille üheks tööülesandeks sai ajaloo muuseumi asutamine ülikoolis. Rektor prof Arnold Koop andis käskkirja ajaloo muuseumi asutamise kohta 6. detsembril 1976.⁶ Läks veel mitu aastat, enne kui muuseum tõelisuseks muutus.⁷

8. märtsil 1979. a sai muuseum esimese ametikoha (muuseumi juhatajana asus ametisse ajaloolane Ela Martis) ja neli ruumi peahoone parempoolse tiiva keldrist: kaks fondide jaoks ning kaks ekspositsiooni tarvis. Pärast vajalikke remonditöid oli lõpuks olemas koht, kuhu paigutada ajaloolist mööblit ja võtta vastu peamiselt füüsikaosakonnast, aga ka mujalt pärit ajaloolist aparatuuri ja seadmeid. Ajalooline laboriklaas jäi osaliselt ikka veel keemiahoone hoiupaikadesse.

Tartu Ülikooli ajaloo küsimusi, XXXV (Tartu, 2006), 103–126; Leili Kriis, „Ülevaade muuseumi kogudesse aastail 2001-2005 laekunud materjalidest“, *Tartu Ülikooli ajaloo küsimusi*, XXXV (Tartu, 2006), 145–152.

⁵ Virge Lell, „Ülevaade vanematest teadusriistade tootekataloogidest“, *Tartu Ülikooli Ajaloo Muuseum 25. Juubelikogumik*. Tartu Ülikooli ajaloo küsimusi, XXXII (Tartu, 2001), 55–73.

⁶ Ela Martis, „Tartu Ülikooli Ajaloo Muuseum 1976–1993“, *Tartu Ülikooli ajaloo küsimusi*, XXVII (Tartu, 1993), 158–165.

⁷ Tullio Ilomets, „Ülikooli ajaloo muuseum. Unistused ja tegelikkus“, *Tartu Riiklik Ülikool*, 30. dets. 1977.

Muuseumile anti töötajaid juurde (ajaloolased Leili Kriis, Margit Päid, Mare Viiralt, Sirje Karis) ja esimene püsiekspositsioon avati peahoone keldris 1. aprillil 1981. Juba 1. septembril 1982 avas ülikooli ajaloo muuseum Tartu ülikooli 350. aastapäevale pühendatud näituse oma uutes ruumides Toomemäel, kus ta oli raamatukogu lahkumise järel saanud väärika püsipaiga.

Ajaloo muuseumi fondid on viimase 20 aasta jooksul tunduvalt suurenenud kolmel korral. Esimest korda, kui arstiteaduskonna prekliinilised allüksused 1999. aasta suvel kolisid vanast ja uuest anatoomikumist oma uude hoonesse Maarjamõisa – Biomeedikumi. Mahajäetud patoloogilise anatoomia märgpreparaatide kollektsioon koos ajalooliste kappidega ja muu kollektsiooni juurde kuuluvaga viidi uuest anatoomikumist vanasse anatoomikumi. Muuseumi fondid täienesid suure hulga vana mööbli ja aparatuuriga.

Teist korda lisandus fondidesse hulganisti klaasesemeid, seadmeid ja ajaloolist mööblit 2005. aasta suvel, kui farmaatsia instituut kolis oma uude asupaika tehnoloogia instituudi hoonesse (Nooruse 1). Omal ajal, kui farmaatsia instituut kolis 1939. a Raekoja platsi äärsest majast oma hiljuti valminud uude hoonesse peahoone kõrvale, võeti kaasa kogu liikuv vara: vanad kapid, osa laborilaudu jm, sealhulgas kogu klaasitagavara, mis osaliselt pärines veel XIX sajandi algupoolest. Professor Georg Dragendorffi kuulus droogide kollektsioon paigutati tookord uues majas selle tarbeks spetsiaalselt ehitatud ja sisustatud muuseumi-hoiuruumi.⁸ 2005. a tehnoloogia instituuti kolides võeti Dragendorffi kollektsioonist uude asupaika kaasa ainult osa. Ülejäänud viidi koos vajaliku koguse originaalriiulitega vanasse anatoomikumi, kus see kuni 2011. aasta novembri alguseni paiknes eraldi ruumis riulitel. Farmaatsia-keemiahoone keldriladudest saadi hulgaliselt XIX ja XX sajandi esimesest poolest pärinevat laboriklaasi. Mainida võiks tuubusega ja tuubuseta eri suurusega retorte, nende juurde kuuluvaid koonilise toruga destillaadi vastuvõtukolbe, üht väga suurt, rohekast klaasist retorti, eri tüüpi bürette, eudiomeetreid, mitmesugust tüüpi destillatsioonikolbe ja lehtreid. Samuti paksust klaasist mitme tuubusega nõusid,

⁸ Toivo Hinrikus, Ain Raal, Hain Tankler, *Farmaatsia Tartu ülikoolis läbi aegade* (Tartu, 2005).



Foto 1. Tuubusega retort (A. Tennuse foto)

gaaside kuivatuskolonne, algse tegumoega Scheibleri⁹ eksikaatoreid, dialüsaatoreid jm. Eraldi märkimist väärivad 1824. aastal Gay-Lussaci (1778–1850) kirjeldatud ja tiitrimiseks kasutusele võetud omapärase kujuga erimahulised büretid.¹⁰

Kolmas, eriti rikkalik ajaloo muuseumi fondide täienemine seosub 2009. aasta augustis alanud keemiaosakonna ülekolimiselega hiljuti valminud Chemicumi hoonesse Maarjamõisa väljal (Ravila 14A). Vanas keemiahoones oli keemiaosakond tegutsenud alates 1950. aastast.¹¹ Sinna jäi maha eelmisest asukohast, peahoonest, üle toodud mööblit, kuuekümne aasta jooksul kogunenud ja selle ajaga juba ajalooliseks muutunud aparate, seadmeid ja eriti suurel hulgal laboriklaasi, klaasaparatuuri, -pudeleid ja -purke. Ühest seinakapist leiti Carl Schmidt'i anorgaaniliste ainete kollektsiooni kaduma läinud osa. Rohkesti saadi ka kvartsklaasist esemeid, nagu mikroelementanalüüsi põletustorud, kvartstiiglid, katseklaasid ja muud kvartsist

⁹ Carl Wilhelm Bernhard Scheibler (1827–1899), saksa keemik.

¹⁰ Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850), prantsuse keemik. Vt *Annales de chimie et de physique*, 26, 162, 1824.

¹¹ Tullio Ilomets, „Keemikute neli kolimist“, *Universitas Tartuensis*, nr 9, november 2009, 14–15.



Foto 2. Rohelisest metsaklaasist tuubusega destilleerimiskolb, millele käib peale alembiik (A. Tennuse foto)

tid, destillaadi lihtvastuvõtjad, fraktsioonide kogujad (ämblikud), lihvidega kokku pandavad destilleerimisseadmed, eri kuju ja suurusega destilleerimiskolvid, ümarkolvid jne. Täiendust sai laboripudelite ja purkide (klaastaara) kogu. Rohkelt lisandus mitmesuguse suurusega klaaskorkidega pudeleid, millel olid ainete nimetused juba enne klaasi peale töödeldud.

Vanast keemiahoonest saadi väga suur hulk eri firmade valmistatud erivanuselisi, eri otstarbeks, mitmesuguste mõõtmisvahemike ja täpsusastmetega termomeetreid ning areomeetreid, muu hulgas näiteks termomeetrite komplektid spetsiaalsetes karpides, lihviga ja lihvita termomeetrid, Beckmanni termomeetrid, termoregulaatorid, väikesed termomeetrid mikrosünteesi ja -analüüsi tarbeks, mitteilavhõbeda termomeetrid, areomeetrite komplektid, alkoholomeetrid.

Keemiahoonest saadud klaasesemete hulgas leidis ka spektrofotomeetrite ja fotokolorimeetrite juurde kuuluvaid optilisest klaasist ja kvartsist küvettide ja värvusfiltrite komplekte.

laboritarbed. Muuseumi viidi kromatograafia ja elektroforeesi algaegadel kasutatud klaasnõusid, ilmutustanke, kolonne ja muud sellesse valdkonda kuuluvat. Suuresti täienes mikroanalüüsi ja mikrosünteesi klaasaparatuur. Suuremõduliste klaasesemete kollektiooni lisandus suuri eksikaatoreid, lihviga ja lihvita mitmeliitrilisi kolbe, jaotuslehtreid, ekstraktoreid, pikki kromatograafia kolonne, suuri Kippi aparate ja mõõtsilindreid ning gasomeetreid. Omaette kollektiooni moodustavad klaasist destilleerimisseadmed: eri tüüpi, lihtsamad ja keerulisemad destillatsioonikolonnid, jahuti-



Foto 3. Rohelisest metsaklaasist tuubusega alembiik (A. Tennuse foto)

Ajaloolise klaasi liigitamine

Ajaloolist laboriklaasi saame ennekõike liigitada selle järgi, milleks mingit eset on vajatud, s.t mis otstarbel see on valmistatud. Laboritarbed jagunevad kolme suurde rühma: üldvahendid, erivahendid ningite kindlate protseduuride tegemiseks ja mõõtevahendid. Neljanda rühmana on allpool toodud vaakumpumbad ja viiendana Tartu Ülikooli keemiaosakonnas eritellimusel valmistatud esemed.

1. Üldkasutatavad vahendid

Siaa kuuluvad katseklaaside mitmesugused variandid, keeduklaasid, seisukolvid, koonilised Erlenmeyeri¹² kolvid, mensuurid, mõõtsilindrid, harilikud ja vaakumeksikaatorid, harilikul rõhul läbi paberfiltri¹³ filtreerimise lehtrid, Treadwelli¹⁴ ja Meyeri¹⁵ aurutuslehtrid, vaakumi

¹² Emil Erlenmeyer (1825–1909), saksa keemik.

¹³ Paberfilter. 1883. a hakkas tuhavabu paberfiltreid tootma saksa firma Schleicher & Schüll.

¹⁴ Frederick Pearson Treadwell (1857–1918), USA keemik analüütik, töötas Zürichis.

¹⁵ Viktor Meyer (1848–1897), saksa keemik.

all filtreerimiseks Bunseni¹⁶ imipudelid ja klaasist Büchneri¹⁷ lehrtrite ja nuutšfiltrite variandid. Üldvahendite hulka kuuluvad ka tuubusega varustatud destilleeritud vee pudelid ja klaasist vaakumpumbad, pesupudelid, kaaluklaasid (büksid), reaktiivide purgid ja pudelid.

2. Erivahendid

Siia kuuluvad kõigepealt destilleerimisega seotud riistad. Esmajoones vanemat tüüpi rohelisest klaasist destilleerimisnõud, vastuvõtjad, alembiigid e kuppelid, mis on Maks Roosma (1909–1971) hinnangul valmistatud XVIII sajandi lõpus või XIX sajandi algul.¹⁸ Arvukalt on mitmesuguse suurusega ja eri värvi klaasist tuubuseta ja tuubusega retorte, samuti Klinger¹⁹, Wurtzi²⁰, Lunge²¹, Emery²² ja Claiseni²³ kolbe ning nende lihvidega variante, kokkupandavaid ja ühes tükis, lihvidega ning lihvideta Liebigi²⁴ jahuteid (Liebigi jahuti oli küll leiutatud vist ammu enne Liebigi sündi²⁵). Destillatsioonikolonniidest mainigem eri pikkusega Vigreux²⁶ kolonne, nii kolvidele joodetuna kui ka kolvidele lihvidega eraldi ühendatavaina ja Henningeri²⁷-Le Belli²⁸ kolonni. Täpsemaks fraktsioonide eraldamiseks on keerulise ehitusega destilleerimiskolonnid. Fraktsioonide võtmiseks vaa-

¹⁶ Robert Wilhelm Bunsen (1811–1899), saksa keemik. Leiutas 1868 veejoavaakumpumba. Imipudeli leiutamist tuleb pida Ernst Büchneri teeneks. Oige nimetus on seega Büchneri imipudel.

¹⁷ Ernst Büchner (1850–1924), saksa tööstuskeemik.

¹⁸ Maks Roosma, *Hüti klaasikoda Hiiumaal* (Tallinn: Kunst, 1966), vt foto 141.

¹⁹ Heinrich Konrad Klinger (1853–1945), saksa keemik.

²⁰ Charles Adolphe Wurtz (1817–1884), prantsuse keemik. Kataloogides sellenimelist kolbi pole.

²¹ Georg Lunge (1839–1923), saksa keemik.

²² William Orrin Emery (1863–1946), USA keemik.

²³ Rainer Ludwig Claisen (1851–1930), saksa keemik. Temanimeline kolb aastast 1890.

²⁴ Justus Liebig (1803–1873), saksa keemik.

²⁵ Rolf Gelius, *Streiftlichter aus der Greifswalder Chemiegeschichte* http://www.chemie.uni-greifswald.de/%7EEinstinfo/history_ie4.html (20.12.2011). Autor on kirjutanud: „Weigel war der eigentliche Erfinder des Gegenstromkühlers (1771 in Blech-, 1773 in Glasausführung), der später unter dem Namen „Liebig-Kühler“ bekannt wurde“. Christian Ehrenfried von Weigel (1748–1831) oli Greifswaldi ülikooli keemiaprofessor. Vt ka G. Kahlbaum, „Der sogenannte Liebig'sche Kühlapparat“, *Berichte des Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 1896, 29, 69–71.

²⁶ Henry Vigreux (1869–1951), prantsuse klaasipuhuja.

²⁷ Arthur Henninger (1850–1884), saksa päritolu prantsuse keemik. Õppis ja töötas Wurzi juures.

²⁸ Joseph Achille Le Bell (1847–1930), prantsuse keemik.

kumdestillatsioonil on kolonnid varustatud Anschützi²⁹-Thiele³⁰ 1887. a leiutatud seadmega. Lihtsamail destilleerimistel kasutatakse Bredti³¹ fraktsioonidekogu-
gajat, nn ämblikku. Et koguda fraktsioone nii harilikul rõhul kui ka vaakumis destilleerimisel rakendati Brühli³² vastuvõtjat.

Teatud keemiaoperatsioonide jaoks on vaja tagasivoolu püstjahuteid. Kõige lihtsam on õhkjahuti, seest tühi klaastoru. Veega jahutatavad on spiraaljahuti e Grahami³³ jahuti, kuuljahuti e Allihni³⁴ jahuti ja väga efektiivne Dimrothi³⁵ spiraaljahuti, mida kasutatakse ka rotaatoraurutites. Omapärane nn külma sõrme jahuti on Friedrichsi³⁶ püstjahuti.

Ekstraheerimiseks vajalikke Soxhleti³⁷ ekstraktoreid on mitut tüüpi ja mitmes suuruses koos sinna juurde kuuluvate jahutite, enamasti kuuljahutite ja ümarkolbidega. Siia rühma kuuluvad eri kuju ja suurusega jaotuslehtrid, nende hulgas koonilise kujuga Squibbi jaotuslehtrid.³⁸

Gaasidega töötamiseks on vajalikud mitmesugused vahepudelid, gaasikuivatus- ja adsorbortornid, U-kujulised, kraanidega või ilma



Foto 4. Woulfe'i kolme tuubusega pudel (1784) (A. Tennuse foto)

²⁹ Richard Anschütz (1852–1937), saksa keemik. *Anschütz-Thiele Vorstoß* (adapter) aastast 1887.

³⁰ Friedrich Karl Johannes Thiele (1865–1918), saksa keemik.

³¹ Julius Bredt (1855–1937), saksa keemik.

³² Julius Wilhelm Brühl (1850–1911), saksa keemik.

³³ Thomas Graham (1805–1869), šoti keemik.

³⁴ Felix Richard Allihn (1854–1919), saksa klaasipuhuja.

³⁵ Otto Dimroth (1872–1940), saksa keemik.

³⁶ Fritz Walter Paul Friedrichs (1882–1958), saksa keemik. Temanimeline püstjahuti 1912. a.

³⁷ Franz Soxhlet (1848–1926), Belgia päritoluga saksa keemik. Temanimeline ekstraktor aastast 1879.

³⁸ Edward Robinson Squibb (1819–1900), USA meedik, farmatset ja keemik.



Foto 5. Kolme tuubusega paksust klaasist ümmargune vahepudel (A. Tennuse foto)

kraanideta tahke adsorbendiga täidetavad torud. Vahepudelit rakendatakse ka vaakumdestilleerimisel.

Kõige vanem vahepudeli tüüp on paksust klaasist kahe või kolme ülemise tuubusega Woulfe'i³⁹ pudel. Varem on kasutusel olnud ka paksust klaasist kerakujulised mitmetuubuselised vahenõud. Omapärase kujuga on Tištšenko⁴⁰ gaaside pesu ja kuivatuse pudelid, samuti Freseniuse⁴¹ gaaside kuivatussilindrid (tornid). Vahepudelite lisaseadmed on eri variantides Drechseli⁴² pudelid.

Gaaside kogumiseks ja sealt vajaduse järgi gaasi võtmiseks on eri suurusega, veega täidetavad gasomeetrid, mis on ette nähtud vees lahustumatute või vähelahustuvate gaasidega töötamiseks. Niisuguse klaasist seadme võttis esimesena tarvitusele Berzelius.⁴³

Teatud liiki gaaside (nt H₂S) saamiseks kasutatakse Kippi⁴⁴ aparaati. Neid on kollektsioonis mitmesuguses suuruses, lihvideta ja lihvidega variante. Kunagi olid need hädavajalikud seadmed näiteks keemiliste elementide kvalitatiivse analüüsi tegemisel. Kippi aparaadi eelis on see, et sealt saab gaasi vajaduse järgi, gaasivool on katkestatav.

Solventide ehk lahustite eemaldamiseks lahustest on vajalikud rotaatoraurutid, milles lahusti eraldatakse kas harilikul rõhul või

³⁹ Peter Woulfe (1727–1803), iiri keemik. Temanimeline pudel võeti kasutusele 1784.

⁴⁰ Vjatšeslav Tištšenko (1861–1941), vene keemik.

⁴¹ Carl Remigius Fresenius (1818–1897), saksa keemik-analüütik.

⁴² Edmund Drechsel (1843–1897), saksa keemik. Temanimeline pudel võeti kasutusele 1875.

⁴³ Jöns Jakob Berzelius (1779–1848), rootsi keemik.

⁴⁴ Petrus Jacobus Kipp (1808–1864), hollandi farmatseut, keemik ja instrumentide valmistaja. Gaaside saamise aparaadi kohta avaldas ta teate 1844 Hollandis ilmunud ajakirjas. Esimesed aparaadi variandid tegi valmis saksa klaasipuhuja ja iseõppinud füüsik Heinrich Geissler (1815–1879). 1830. aastast on Hollandis tegutsenud firma Kipp & Zonen (Kipp & Pojad).

enamasti vaakumis. Selle meetodi töötas välja L. C. Craig⁴⁵ 1950. a. Rotaatorauruteid hakati turustama alles pärast 1957. a, kui W. Büchi⁴⁶ oli teinud Craigi aurutile täiendusi. Tahkete ainete kuivatamiseks kasutatakse Abderhaldeni⁴⁷ vaakumkuivatusaparaati.

Spetsiaalvahendite hulka kuuluvad kromatograafia eri liikide, nagu paberchromatograafia, tasapinnalise kromatograafia ja kolonnkromatograafia klaasist tarvikud.

Muuseumi klaasikollektsioonis on Eestis valmistatud klaasplaadid õhukese kihi kromatograafia tarvis, millele on peale paagutatud pulbriline silikogeeli kiht.

Vanemast ajast on pärit orgaaniliste ainete elementanalüüsil kasutatud klaasist ja kvartsist põletustorud. 1960. aastatest on rohkesti mikroelementanalüüsil tarvitatud kvartsist põletustorusid ja muud mikroanalüüsi juurde kuuluvat. On ka Pregli⁴⁸ mikroanalüüsi riistu.



Foto 6. Treadwell-Meyeri auru-
tuslehter (A. Tennuse foto)

⁴⁵ Lyman Creighton Craig (1906–1974), USA keemik, biokeemik, aparaatide leiutaja. Rotaatorauruti esmakirjeldus ilmus üheleheküljelise teatena: Craig, L. C.; Gregory, J. D.; Hausmann, W., „Versatile laboratory concentration device“, *Analytical Chemistry*, 1950, 22, 1462. Rotaatoraurutamise põhimõtte seisneb selles, et kolb, milles on mingi aine lahus, ühendatakse rotaatoraurutiga, kolb pannakse pöörlema (enamasti vaakumi all) soojendatavas vesivannis. Solvent aurustub pöörleva kolvi seinalt kiiresti, aur kondenseeritakse jahutis ja kogutakse teise kolbi. See oli väga elegantne, lihtne ja pöördelise tähtsusega laboritehniline uuendus. Seni oli solventide eraldamise vahendiks olnud Claiseni kolb.

⁴⁶ Walter Büchi (?–1973), Šveitsi klaasipuhuja ja aparaadikonstruktor. Võttes aluseks Craigi rotaatorauruti tööpõhimõtte, töötas Büchi välja aparatuursetl täiustatud variandi, patentis selle ja hakkas oma firmas 1957. a tootma ja esimesena turustama. Esimesed Rotavapor Model 1957 müüdi Baselis. 1960. aastail sai rotaatoraurutist üldkasutatav laboririist. 1957. a mudel oli populaarne üle 20 aasta. Vt <http://www.mybuchi.com/50-Years.8690.0.html> (20.12.2011)

⁴⁷ Emil Abderhalden (1877–1950), saksa biokeemik. Vaakum-kuivatusaparaat on aastast 1906.

⁴⁸ Fritz Pregl (1869–1930), austria keemik. Nobeli auhind 1923 mikroanalüüsi arendamise eest.

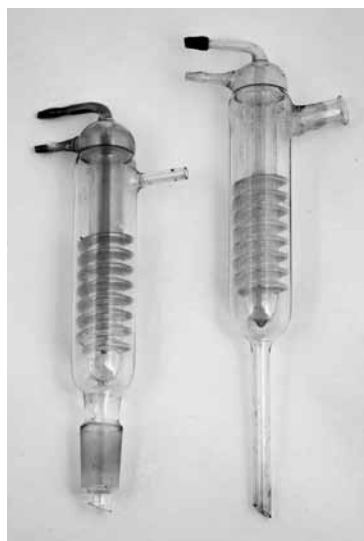


Foto 7. Lihvita (1912) ja lihvi-
ga Friedrichsi püstjahutid
(A. Tennuse foto)

Kogus leidub ka süsiniku, ve-
siniku ning lämmastiku kvanti-
tatiivseks määramiseks vajalikke
Liebigi⁴⁹ ning Dumas⁵⁰ analüüsi-
seadmeid, sealhulgas Liebigi, Moh-
ri⁵¹ ja Winkleri⁵² kaaliaparaate ja
samuti eudiomeetreid Dumas' mee-
todil lämmastiku hulga määrami-
seks. Dumas' meetod oli universaal-
ne ja seda kasutati kuni lämmastiku,
süsiniku ja vesiniku gaasikromato-
graafilise kvantitatiivse määramise
väljatöötamiseni XX sajandi teisel
poolel. Lämmastiku määramiseks
ammoniaagi kujul kasutati Varrent-
rappi⁵³. Willi⁵⁴, Peligot⁵⁵ ja Freseniu-
se³⁹ absorptsiooniaparaate.

Lämmastiku määramiseks Kjeld-
dahli⁵⁶ meetodil on seadmeid nii makro- kui ka mikromeetodi tarvis,
st eri suurusega ja eri aegadest pärit pikakaelalisi kuumuskindlaid
Kjeldahli kolbe.

Arvukalt on mitmesuguse suuruse ja kujuga ümarkolbe, alates
mitmeliitristest suurtest kolbidest ja lõpetades mõnemilliliitrisel
mahuga mikrosünteesi kolbidega. Nende hulgas leidub ühe-, kahe-,

⁴⁹ Vt viide 25. J. Liebig võttis kaaliaparaadi (Fünfkugel Apparat) CO₂
kvantitatiivseks määramiseks tarvitusele 1831. a, CO₂ seotakse aparaadis oleva
KOH vesilahusega. Vee kvantitatiivseks määramiseks kasutas ta CaCl₂-ga
täidetud U-toru.

⁵⁰ Jean Baptiste André Dumas (1800–1884), prantsuse keemik. Tema välja töötatud
lämmastiku kvantitatiivse määramise meetodika oli kasutusküps 1833. a.

⁵¹ Friedrich Mohr vt viide 78.

⁵² Clemens Alexander Winkler (1836–1904), saksa keemik. Avastas 1866 element
germaaniumi. Temalt pärineb ka idee kolmesuunalise klaaskraani kohta (Three-
way stopcock of Winkler).

⁵³ Franz Varrentrapp (1815–1872), saksa keemik.

⁵⁴ Heinrich Will (1812–1890), saksa keemik.

⁵⁵ Eugène Melchior Péligot (1811–1890), prantsuse keemik.

⁵⁶ Johan Gustav Christoffer Thorsager Kjeldahl (1849–1900), taani keemik. 1883. a
7. märtsil esitas ta oma meetodit Taani Keemia Seltsile. Tema väljatöötatud
lämmastiku kvantitatiivne määramismeetod sobis hästi biokeemiliste objektide
analüüsiks ja on siiani kasutuses. Analüüs on praegusajal automatiseeritud.

kolme- ja neljaneljakaelalisi sünteesikolbe, pikakaelalisi veeauruga destilleerimise kolbe ning eriotstarbelisi, pirnukujulisi kolbe. Kolbe on nii lihvidega kui ka lihvideta.

Jaotuslehtrite ja tilklehtrite valik on samuti suur nii mahu kui ka tegumoe poolest. On kujult ümarjaid, koonilisi, silindrilisi. Silinderjad on kas gradueeringuga või ilma. Osa lehtreid on lihvühenduse võimalusega. Päritolult kuuluvad need XX sajandisse.

3. Mõõtevahendid

Klaasist mõõtevahendid võib omakorda jaotada selle järgi, mida nendega mõõdetakse: temperatuuri, õhurõhku, vedeliku tihedust, vedelike või gaaside ruumala, viskoossust, värvust.

3. 1. Temperatuuri mõõtmine ja reguleerimine

Termomeetrite kollektsioonis on enamjaolt elavhõbedatermomeetrid, vähem on piiritusetermomeetreid. Enamik neist on Celsiuse⁵⁷ kraadide skaalaga, väike osa Réaumuri⁵⁸ skaalaga ja leidub ka üksikuid Fahrenheiti⁵⁹ skaalaga termomeetreid.

Valdav osa termomeetrite kollektsioonist pärineb XX sajandist, kuid väike osa võib pärineda XIX sajandi esimesest poolest, aga tõe-

⁵⁷ Anders Celsius (1701–1744), rootsi teadlane. Ta tegi 1742. a ettepaneku tähistada termomeetri skaalal vee külmumistemperatuuri tähisega 100 °C ja vee keemistemperatuuri 0 °C. Pärast Celsiuse surma tegi rootsi botaanik Carl Linnaeus (1707–1778) 1745. a otstarbekuse seisukohast lähtudes ettepaneku skaala ümber pöörata: vee külmumistemperatuur tähistada 0 °C ja keemistemperatuur 100 °C. Nii tehtigi.

⁵⁸ René Antoine Ferchault de Réaumur (1683–1857), prantsuse mitmekülgne teadlane. Ta valmistas 1730–1731 piiritusetermomeetri, mille skaala nulliks valis vee külmumistemperatuuri, tähistades seda 0 °Ré ja vee keemistemperatuuri, tähistusega 80 °Ré. Réaumuri termomeetrit kasutati laialdaselt Prantsusmaal, Saksamaal, Venemaal jm. Igapäevaseks tarbeks valmistati ka kaksikskaalaga, °C ja °Ré termomeetreid.

⁵⁹ Daniel Gabriel Fahrenheit (1686–1736), saksa füüsik, insener ja klaasipuhuja. Elas enamiku elust Hollandis. Ta oli esimene, kes valmistas tõelise termomeetri: 1709 esimese piiritusetermomeetri ja 1714 elavhõbedatermomeetri. Fahrenheiti 1724. aastast pärineva skaala määratles ta kolme kindla punkti kaudu: vee, jää ja ammooniumkloriidi lahuse (külmutussegu) temperatuur oli madalaim punkt, tähistusega 0 °F, vee külmumistemperatuur, tähistusega 32 °F. Kolmas kalibreerimispunkt oli temperatuur inimese suus või kaenla all, tähistusega 96 °F. Hiljem skaalat korrigeeriti ja vee külmumise ja keemispunkti vahe jagati täpselt 180 osaks. Enne Celsiuse skaalale üleminekut oli Fahrenheiti skaala Euroopas väga levinud. Fahrenheiti skaalaga termomeetrit kasutatakse tänapäeval USA-s, vähem Kanadas ja Inglismaal.

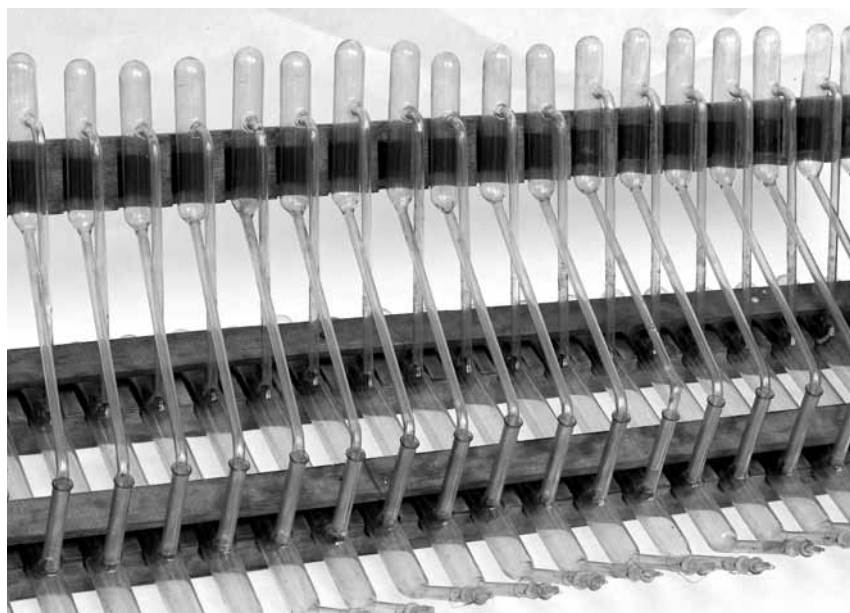


Foto 8. Craigi vastuvooluekstraktori klaasosa puuraamis. Valmistatud TÜ keemiaosakonna klaasipuhuja Ants Kruuse poolt 1960-dail (A. Tennuse foto)

näoliselt siiski pigem sajandi teisest poolest.⁶⁰ Termomeetrite kasutusvaldkond on väga lai ja seetõttu erineb nende väline kuju ja ehitus samuti suuresti.

Lihvühendustega laboriseadmete jaoks on ka termomeetrid nende tarvis normaallihviga. Vajaduse järgi on lihvist allapoole jääv termomeetri „saba” lühem või pikem.

Termomeetrid erinevad temperatuuri mõõtmise vahemiku ja temperatuuri määramise täpsuse poolest. On klaastermomeetreid, mille temperatuuri määramise ulatus on kuni 500 kraadi. Temperatuuri väga väikest muutust saab väga täpselt määrata Beckmanni⁶¹ diferentsiaaltermomeetriga.

⁶⁰ Toomas Pung, „The Contacts of Arthur v. Oettingen, Professor of Physics at Tartu University, with English Scientific Institutions“, *Museum of Tartu University History. Annual 1996* (Tartu, 1997), 34–41.

⁶¹ Ernst Otto Beckmann (1853–1923), saksa keemik. Ta leiutas 1905 diferentsiaaltermomeetri, mille mõõtmisulatus on 5 °C ja temperatuuri muutust saab määrata 0,001 °C täpsusega. See oli keemiateaduse arengus oluline tähtsusega instrument. Tänapäeval on ta asendatud elektroonilise termomeetriga.

Üks termomeetrite alaliik on kontakttermomeetrid,⁶² mida kasutatakse mitmesugustes seadmetes (nt termostaadid, õlivannid, rotaatoraurutid jm) soovitud temperatuuri hoidmiseks. Neid on eri temperatuurivahemike jaoks ning teatud liiki aparaatide puhul on neid kaasatud komplektina. Kontakttermomeetrid on olnud laialt kasutusel orgaaniliste ainete sünteesil, samuti vedelike tiheduse, viskoossuse, murdumisnäitaja jms määramisel.

Mikroanalüütiliste mõõtmiste ja mikrosünteesi tarbeks on kasutatud seadme suurusele vastavaid, sobivate mõõtmega väikeseid termomeetreid. Et selgitada temperatuurimuutusi täpsemalt, on olemas väikesed Beckmanni termomeetrid.

3. 2. Õhurõhu mõõtmine. Alarõhu mõõtmine.

Õhurõhu mõõtmise vahendiks oli laborites pikka aega Torricelli⁶³ 1643. aastal leiutatud elavhõbebaromeeter. Selliseid leidub muuseumi kollektsioonis mitu erisugust eksemplari. Olulised seadmed olid laboreis elavhõbemanomeetrid, mille abil sai mõõta vaakumdestillatsioonil⁶⁴ süsteemis valitsevat alarõhku. Manomeeter kujutab endast paksemaseinalisest klaasist U-toru, millel üks haru on otsast kinni sulatatud ja teise poole pikendus painutatud 90° nurga alla. Toru on täidetud vaakumis vajaliku hulga elavhõbedaga. Normaalsel rõhul täidab elavhõbe kinnise toru poole täielikult ning ulatub toru teises pooles umbes ühe kolmandikuni. Manomeeter on vahepuudeli kaudu ühendatud vaakumpumba ja destilleerimisseadmega. Manomeeter on

⁶² Kontakttermomeetrid on elavhõbe-vedeliktermomeetrid. Praegusajal kasutatakse nende asemel üha enam elektroonilisi termomeetreid. Põhjuseks on elavhõbe ja kergesti purunev klaasosa.

⁶³ Evangelista Torricelli (1608–1647), itaalia füüsik ja matemaatik. Tema ideel valmistatud seade kujutas endast ühest otsast kinnijoodetud ca 1 m pikkust klaastoru, mis oli täidetud elavhõbedaga ja paigutatud vertikaalselt lahtist otsa pidi elavhõbedanõusse. Elavhõbe langeb 76 cm lähedale. Üles tekib nn Torricelli tühjus. Torricelli väitis, et elavhõbedasamba allalangemist takistab elavhõbedale toimiv õhurõhk. See idee sai õhurõhu mõõteriista aluseks. Nimetuse „baromeeter” andis mõõteriistale 1665. a inglise keemik Robert Boyle (1627–1691). Võistlevaks baromeetriks muutus prantsuse inseneri ja leiutaja Lucien Vidie (1805–1866) 1843. a leiutatud aneroidbaromeeter (vedelikuvaba). Muuseumi kollektsiooni kohta vt Toomas Pung, „Baromeeter“, *Tartu Ülikooli ajaloo küsimusi*, XXXII (Tartu, 2001), 105–126.

⁶⁴ Vaakumdestillatsioon võeti esimest korda kasutusele Bonni ülikoolis Saksamaal. Vt R. Anschütz, *Die Destillation unter vermindertem Druck*, 1887; <http://www.chemie.uni-bonn.de/oc/geschichte> (20.12.2011)

kinnitatud tugialusele ja tal on millimeeterskaala. Kui süsteemis olev rõhk väheneb, hakkab vähema elavhõbedaga harus elavhõbedanivoo tõusma ja teises langema. Nivoode vahe näitab süsteemis valitsevat rõhku, mõõtühikuks mm elavhõbedasammast. Elavhõbemanomeetreid leidub muuseumis nii isetehtuid kui ka firmade valmistatud, näiteks Bennerti⁶⁵ liigutatava skaalaga riist. Suurte hõrenduste korral kasutatakse rõhu määramiseks Mc Leodi⁶⁶ ja Gaede⁶⁷ manomeetreid. Tänapäeval on elavhõbemanomeetrite asemel kasutusel samasuguste võimalustega elektroonilised manomeetrid.

3. 3. Vedelike tiheduse mõõtmine

Vedelike tiheduse mõõtmiseks on kaht liiki klaasseadmeid: areomeetrid (hüdromeetrid)⁶⁸ ja püknomeetrid.

Areomeeter on seade, mis asetatakse vedeliku sisse. Areomeeter vajub vertikaalselt teatud sügavuseni vedelikku ja areomeetri kaelal olevalt kaliibritud skaalalt loetakse vedeliku pinna kõrguselt vastava tiheduse näit. Areomeetri skaala on kaliibritud teatud kindlal temperatuuril (uuematel on selleks temperatuuriks 20 °C). Kaua aega olid kasutusel Baumé⁶⁹ skaalaga hüdromeetrid. Leidub areomeetreid, millel on ühtlasi termomeeter. Eriotstarbelistest areomeetritest märkigem alkoholomeetreid. Vanemate areomeetrite juurde kuulub vajaliku suurusega klaassilinder mõõdetava vedeliku paigutamiseks.

Püknomeetriga määratakse tihedus ettenähtud metodika järgi: püknomeetrisse sisestatud uuritava vedeliku kaalumise teel. Pük-

⁶⁵ Bennert et Bivort Verreries de la Coupe, Jumet. Klaasitehas Belgias (1845–1997).

⁶⁶ Herbert G. McLeod (1841–1923), inglise keemik. Konstrueeris temanimeselise manomeetri 1874. Selle abil saab mõõta rõhku kuni 10^{-6} mbar. McLeodi elavhõbemanomeetrit kasutatakse tänapäeval elektrooniliste manomeetrite kaliibrimiseks.

⁶⁷ Wolfgang Max Paul Gaede (1878–1945), saksa füüsik, leiutaja. Leiutas elavhõbedaga töötava kõrgvaakumdifusioonipumba, patent 1913. a. Hilisem edasiarenduse variant oli õlidifusioonipump.

⁶⁸ Hüdromeetri leiutajaks peetakse Aleksandria naisteadlast Hypatiat (370–416). Hüdromeetrit on mainitud ka araabia alkeemikute töödes. XVIII sajandil oli kasutusel Fahrenheiti hüdromeeter.

⁶⁹ Antoine Baumé (1728–1804), prantsuse keemik ja farmatseut. Baumé koostas 1768. a vedelike tiheduse määramiseks kaks skaalat. Üks skaala oli vedelike jaoks, mis olid kergemad kui vesi, teine veest raskemate jaoks. Seetõttu oli komplektis kaks Baumé skaalaga hüdromeetrit. Vedelike tihedus anti Baumé kraadides, tähistustega B°, Be° või Bé°.



Foto 9. Bennerti elavhõbevaakummeetrid vaakumdestillatsiooni tarbeks. Firma Rohrbeck, Berlin (A. Tennuse foto)

nomeetrid erinevad nii kuju kui ka mahu poolest: alates ühest kuni mõnekümne milliliitrini, ent leidub isegi neid, mille maht on alla ühe milliliitri. Püknomeetrite tüüpidest märkigem Reischaueri,⁷⁰ Ostwaldi⁷¹-Sprengei⁷² ja Regnault⁷³ püknomeetrid. Tahkete ainete tiheduse määramiseks on kollektsioonis Regnault' eritüüpi püknomeeter.

3. 4. Vedelike ruumala mõõtmine

Peale mensuuride, mõõtsilindrite, gradueeritud keeduklaaside ja Erlenmeyeri kolbide kuuluvad sellesse klaasesemete rühma keemilise analüüsiga⁷⁴ seotud täpsusmõõteriistad, esmajoones mahtanalüü-

⁷⁰ C. G. Reischauer (?-?), prantsuse keemik.

⁷¹ Wilhelm Friedrich Ostwald (1853–1932), saksa keemik. Õppis Tartu ülikoolis 1872–1875 ja töötas samas 1875–1880. Nobeli auhinna laureaat 1909.

⁷² Hermann Johann Philipp Sprengel (1834–1906), saksa keemik, töötas Iglismaal.

⁷³ Henri-Viktor Regnault (1810–1878), prantsuse keemik.

⁷⁴ Ferenc Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie* (Budapest: Akadémiai Kiadó, 1966).

sis⁷⁵ (volumetria, titrimetria) kasutatavad riistad. Need on eri suurusega mõõtkolvid alates 100 ml kuni 2000 milliliitri, mahtpipetid 1 ml kuni 100 ml, gradueeringuga mõõtpipetid ja mitmesugused eristarbelised pipetid ja büretid.

Tiitrimisel kasutatavate bürettide maht on 5 ml kuni 50 ml. Bürettide endi ehitus varieerub laiaades piirides. On lihtsaid ilma klaaskraaniga, aga ka kraaniga, etteulatava kraaniga, automaatse täitmise ja nullnivooga, lihvidega ja lihvideta bürette. Nimelistest bürettidest on kõige vanem Gay-Lussaci⁷⁶ tüüpi bürett, siis Henry⁷⁷ bürett, Mohri⁷⁸ bürett, Schellbachi⁷⁹ bürett ja Rammelsbergi⁸⁰ bürett. Nullnivooga ja automaatse täitmise bürettidest mainigem Pelleti oma.⁸¹

⁷⁵ Prantsuse keemik François Antoine Henri Descroizilles (1751–1825) kuulub koos Gay-Lussaciga mahtanalüüsi varasema perioodi põhiarendajate hulka. Töö, milles ta on kirjeldanud analüüsiks kasutatud riistu ja meetodikat, ilmus 1795, mitu aastat pärast seda, kui ta oli selle meetodi välja töötanud ja kasutusse võtnud. 1802. a tuli käibele mõiste „tiiter“. Descroizilles on oma 1809. a alkalimeetria kohta ilmunud töös esimesena kirjeldanud olulist töövahendit – mõõtkolbi.

⁷⁶ Gay-Lussac (vt viide 10) oli teadlane, tänu kelle uurimustele tegi mahtanalüüs suuri edusamme ning muutus ligilähedaste tulemustega analüüsist kiireks ja praktiliseks teaduslikuks analüüsimeetodiks. Temalt pärinevad järgmised nimetused: titrimetria, pipett, bürett, mõõtkolb. 1824. a ilmunud töös on ta neid töövahendeid kirjeldanud ja selgitanud joonistega. Ta kasutas üheliitrist mõõtkolbi ja 50-milliliitrist büretti. Gay-Lussaci bürett oli kasutusel kuni 1855. aastani või kauemgi (vt ka viide 68).

⁷⁷ Étienne Ossian Henry (1798–1873), prantsuse farmatseut. Temalt pärineb 1846. a esimene kraaniga bürett. Bürett oli klaasist, kraan messingist. Tol ajal ei suudetud veel tilkumiskindlaid klaaskraane teha. Vt É. O. Henry, *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 1846, 6, 301.

⁷⁸ Friedrich Mohr (1806–1879), saksa keemik. Mohr konstrueeris omanimelise kummiotsiku ja survekraaniga (*Quetshahn*) büreti 1853. Survestajaks oli Mohri näpits. Vt F. Mohr, *Justus Liebigs Annalen der Chemie*, 1853, 86, 129. Hiljem asendati näpits kummitorusse paigutatud klaaskuuliga. Mohr võttis kasutusele gradueeritud pipetid (Mohri pipett). Muide, ta täiustas 1836. a von Weigeli vesijahutit. J. Liebig sattus sellest täiustatud jahutist nii vaimustusse, et propageeris seda niivõrd laialt, et seda jahutit hakatigi nimetama Liebigi jahutiks. Vt F. Mohr, *Justus Liebigs Annalen der Chemie*, 1836, 18, 232. F. Mohr koondas kokku, töötas läbi ja täiustas kogu senitehtu mahtanalüüsi vallas ja avaldas õpikuna: Friedrich Mohr, *Lehrbuch der chemisch-analytischen Titriermethode* (Braunschweig, 1855). Õpikus on esitatud ka alumise ja etteulatava klaaskraaniga büreti joonised.

⁷⁹ K. H. Schellbach (1804–1892), saksa matemaatik ja füüsik. Schellbachi klaasbüreti tagasein on ülalt alla valgest piimklaasist. Selle pinnal on ülalt alla sinine triip. Vedeliku nivoo all ilmub nivoo kõrgusele terav sinine tipp, mis võimaldab täpsemalt hinnata skaalajaotust nivoo kõrgusel.

⁸⁰ Karl Friedrich August Rammelsberg (1813–1899), saksa keemik, mineraloog.

⁸¹ Henri Pellet (1848–1912?), prantsuse tööstuskeemik.

Kõikide nende bürettide tüüpe leidub muuseumi kollektsioonis, v.a Henry bürett. Gay-Lussaci büretid on ilmselt kõige vanemad ja võivad pärineda nende kasutusele võtmise ajast, arvatavasti 1830.–1860. aastatest.

XX sajandi esimese kolmandiku paljude firmade klaasaparatuuri tootekatoloogides⁸² on reklaamitud ka vanemaid büretitüüpe. Ilmselt kasutati neid veel erijuhtudel.

3. 5. Gaaside ruumala mõõtmine

Gaaside ruumala täpne mõõtmine tõusis päevakorda samuti nagu vedelike puhul seoses keemilise analüüsi ning keemiaga seotud tööstusharude kiire arenguga alates XVIII sajandi lõpuveerandist.⁸³ Esimese kokkuvõtva monograafia gaasianalüüsi kohta kirjutas R. Bunsen.⁸⁴ Sellele järgnesid W. M. Hempeli⁸⁵ kaks monograafiat gaasianalüüsi edasiarenduse kohta ja Clemens Winkleri tehnilise gaasianalüüsi õpik.⁸⁶ W. M. Hempelit ja C. Winklerit peetakse R. Bunseni gaasianalüütiliste tööde edasiarendajaiks ning tehnilise gaasianalüüsi alusepanijaiks.

Muuseumi klaasikollektsioonis on esimese gaaside mõõteriista – eudiomeetri⁸⁷ eksemplare, mis tõenäoliselt pärinevad XIX sajan-

⁸² Dr. Rob. Muencke, *Haupt-Preisliste № 63 über allgemeine chemische Laboratoriums-Apparate und Gerätschaften* (Berlin, 1910), 1224 S. (*ÜAM* 357:20/Ar); Dr. Hermann Rohrbeck Nachfol. *Bacteriologie, Biologie, Chemie*, № 74 (Berlin, Ausgabe Juni 1913), 196 S. (*ÜAM* 13:27/Ar 69); Franz Hagershoff, *Illustrierte Preisliste I. Allgemeine chemische Apparate* (Leipzig, Ausgabe 1913), 472 S. (*ÜAM* 13:9/Ar 51); Paul Altmann, *Vereinigte Fabriken für Laboratoriumsbedarf. Katalog und Preisverzeichnis für Apparate und Gerätschaften im Gebiete der allgemeinen Chemie*, Liste C, neunte Auflage. Kat. Biochemische Abteilung der V. F. L. (Berlin, 1928), 663 S., toodete nimetused viies keeles (*ÜAM* 13:7/Ar 50).

⁸³ Микеле Джуа, *История химии* (Москва: Изд. Мир, 1975), 111–122. Vt ka Ferenc Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie* (Vieweg, 1966), 77–86.

⁸⁴ Robert Bunsen, *Gasometrische Methoden* (Braunschweig: Vieweg, 1857), 18.

⁸⁵ Walther Hempel, *Über technische Gasanalyse. Eine Abhandlung zum Zwecke der Habilitation* (Braunschweig: Vieweg, 1878); Walther Hempel, *Neue Methoden zur Analyse der Gase* (Braunschweig: Vieweg, 1880).

⁸⁶ Clemens Winkler, *Lehrbuch der technischen Gasanalyse* (Freiburg: J. G. Engelhardt'sche Buchhandlung, 1885), 54.

⁸⁷ Eudiomeeter. Primitiivse eudiomeetri konstrueeris 1745. a inglise keemik Stephen Hales (1677–1761). Halesilt pärineb aastast 1727 ka esimene gasomeeter. Inglise keemik ja teoloog Joseph Priestley (1733–1804) hakkas uurimusi gaaside kohta tegema 1772. a, ta kasutas silindrilisi eudiomeetreid ja vee asemel elavhõbedat. Eudiomeetri kui mõõteriista leiutaja oli itaalia füüsik

di esimesest poolest ja keskpaigast. Selliseid kasutati kuni Schiffi⁸⁸ asotomeetri tarvituselevõtni 1868. a. Klaasikollektsioonis leidub ka mikrovariante, Schiffi mikroasotomeetreid.

Kollektsioonis olevad eudiomeetrid kujutavad endast veidi paksemast klaasist ühest otsast kinnijoodetud, 1,5 cm siseläbimõõduga gradueeritud toru. Toru täidetakse kas vee või elavhõbedaga ja asetatakse lahtist otsa pidi vee- või elavhõbeda nõusse. Läbi vedeliku kihi juhitakse uuritav gaas eudiomeetrisse. Gradueering on cm³ jaotistega. Gaasi ruumala arvutamiseks on vaja teada ka õhurõhku ja temperatuuri. Mõõteriistadest nimetagem veel Lunge⁸⁹ nitromeetrit, Hempeli⁹⁰ gaasipipette ja Bunte⁹¹ gaasibüretti ning mitmeid uuema aja gaasi ruumala mõõteriistu.

3. 6. Vedelike viskoossuse mõõtmine

Vedelike viskoossuse mõõtmise kõige vanem ja lihtsam võimalus on langeva kuuli meetod. Mõõdetakse aega, mis kulub kindla läbimõõdu ja raskusega metallkuulil klaastorus olevas vedelikus ettenähtud maapikkuse läbimiseks. Klaastoru läbimõõt on samuti normide järgi valitud, uuritava vedeliku mõõtmistemperatuuri reguleeritakse termostaadiga. Täpseid vedelike viskoossuse mõõtmisi sel meetodil võimaldab Höppleri⁹² viskosimeeter, mille esimene mudel on muuseumi kollektsioonis olemas. Höppleri viskosimeetri mõõtetoru ei paikne vertikaalselt, vaid on asetatud teatud nurga alla. Seega ei toimu proovikuuli vaba langemine vedelikus, vaid proovikuul libiseb mööda klaastoru seina (kaldpinda).

Nafta, määrdõilide ja muude tehniliste õilide viskoossuse määra-

Marsilio Landriani (1751–1815). Et uurida elektrilaengute toimet gaasisegudele, täiendas itaalia füüsik Alessandro Volta (1745–1827) eudiomeetrit 1777. a. Seda hakati kutsuma „Volta püstoliks”.

⁸⁸ Hugo Schiff (1834–1915), saksa-itaalia keemik. Asotomeeter on aastast 1868. Vt H. Schiff, *Zeitschrift für analytische Chemie*, 7, 1868, 430.

⁸⁹ Georg Lunge (1839–1923), saksa keemik.

⁹⁰ Walther Matthias Hempel (1851–1916), saksa keemik.

⁹¹ Hans Hugo Christian Bunte (1848–1925), saksa keemik.

⁹² Fritz Höppler (1897–1955), saksa keemik, insener ja leiutaja. F. Höppler, olles firma Gebrüder Haake in Medinger (Dresdeni lähedal) peakeemik, konstrueeris oma langeva kuuliga viskosimeetri 1933. a. Sellega pani ta aluse rahvusvahelise tähtsuse ja ulatusega viskosimeetrite arendamise ja tootmise keskusele Saksamaal. Vt http://de.wikipedia.org/wiki/Fritz_H%C3%B6ppler (20.12.2011); <http://www.rheotest.de/html/uinfo.htm> (20.12.2011); Ralph E. Oesper, *Journal of chemical Education*, 1953, 30 (8), 414.

miseks kasutatakse Engleri⁹³ viskosimeetrit. Uuritava õli viskoossus antakse Engleri kraadides, °E. Määramisel mõõdetakse aega, mis kulub kindla hulga vedeliku läbivoolamiseks ettenähtud temperatuuril läbi normeeritud mõõtmetega avause. Vedelik kogutakse mõõtjoo- ntega märgistatud erikujulisse Engleri klaaskolbi. Viskosimeeter ise on metallkonstruktsiooniga.

Vedelike viskoossuse täpseks määramiseks laboris on mõeldud U- toru põhimõttel konstrueeritud hüdrostaatilised klaaskapillaarvisko- simeetrid. Viskoossuse määramiseks mõõdetakse aega, mille vältel viskosimeetri märkidevahelises ruumalas olev vedeliku kogus ette- nähtud temperatuuril voolab oma raskusjõul läbi kapillaari välja.

Kapillaarviskosimeetreist oli esimene Ostwaldi⁹⁴ viskosimeeter. Muuseumis on Ostwaldi viskosimeetri mitu varianti. Teine kapil- laarviskosimeeter, mis oma ehituselt ja tööprintsübilt on lähedane Ostwaldi viskosimeetrile, on Ubbelohde⁹⁵ viskosimeeter. Ka Ubbelohde viskosimeetreid on muuseumi klaasikollektsioonis mitu.

3. 7. Klaasist visuaalsed kolorimeetrid

Mõõteriistade hulka võib arvata ka klaasseadmed, mida kasutatakse kolorimeetrilise analüüsi tegemiseks. Nende seadmete abil võrrel- dakse visuaalselt uuritava lahuse värvuse intensiivsust või värvilise kihi paksust standardlahuste omadustega. Kõige lihtsam sedalaa- di seade on Eggertzi⁹⁶ klaaskorgiga suletav gradueeritud alt kinni- ne klaastoru. Torude komplekt paigutatakse püstisesse aukudega puuraami, millel on valgest klaasist tagasein. Võrreldakse värvuse intensiivsust. Teine lihtne seade kujutab endast kahte vertikaalset pealt lahtist gradueeritud alt valgust läbilaskvat klaasilindrit, mil- le alumises osas on külglklaaskraan. Need on nn Hehneri⁹⁷ silindrid,

⁹³ Carl Oswald Viktor Engler (1842–1925), saksa keemik. Alates 1884. a pühendus Engler maaõli ehk naftakeemiale. Õlide viskoossuse määramiseks töötas välja Engleri viskosimeetri. 1878 sai ta Karlsruhe tehnikakõrgkooli direktoriks ja keemiaprofessoriks. Vt http://de.wikipedia.org/wiki/Carl_Engler (20.12.2011).

⁹⁴ Wilhelm Friedrich Ostwald. Ostwaldi viskosimeetri esimene variant pidi kasutusel olema juba 1886. aastal või isegi enne seda. Vt <http://www.rsc.org/chemistryworld/Issues/2009/June/Ostwaldviscometer.asp> (20.12.2011).

⁹⁵ Leo Ubbelohde (1877–1964), saksa keemik. Ubbelohde oli Karlsruhe tehnikakõrgkoolis tehnoloogilise keemia professor.

⁹⁶ Viktor Eggertz (1817–1889), rootsi metallurg.

⁹⁷ Otto Hehner (1853–1924), inglise omaaegne juhtiv keemik-analüütik.

mis võimaldavad uuritava värvilise lahuse kihi paksust muuta. Hehneri silindreid kasutati ka nefelomeetrias, st suspensioonide analüüsiks. Nii Eggertzi kui ka Hehneri kolorimeetrite viimaseid mudeleid leidub muuseumi klaasikollektsioonis.

Kihipaksuse muutmisel põhinevatest aparatuurselt täiuslikumalt vormistatud visuaalsetest kolorimeetritest oli enim toodetud 1870. a Duboscqi⁹⁸ konstrueeritud kolorimeeter, mida kasutati pikka aega. Muuseumis olevad eksemplarid pärinevad tõenäoliselt XX sajandi esimesest poolest.

4. Klaasist vaakumpumbad (e veejoapump, aspiraator, ežektor) ja suruõhuseadmed

Hädavajalike laboritarvete hulka on kuulunud ja osaliselt kuuluvad praegugi mitmesugust tüüpi klaasist veejoa vaakum- ja suruõhupumbad. Veejoa vaakumpumpasid ehk aspiraatoreid kasutatakse vaakumfiltreerimisel, vaakumdestillatsioonil ja muude toimingute puhul, kus on tarvis rakendada vaakumit. Veejoa survele töötavat puhurit rakendati puhkpõleti tööks vajaliku survega õhuvoolu saamiseks lihtsamate klaasitööde korral (klaastorude painutamine, jootmine jm). Tänapäeval on klaasist aspiraatorite asemel laialdaselt rakendatud metallist ja plastist analooge. Veejoa vaakumpumpade töö põhineb Venturi efektil.⁹⁹ Aspiraatoris voolab vedelik või gaas läbi toru, mis kitseneb. Kitsenenud toruosas vedeliku kiirus suureneb ja Venturi efekti tõttu rõhk langeb, tekib imemiseffekt. Seletuse sellele annab Bernoulli¹⁰⁰ hüdrodünaamika põhivõrrand (1738), mis seostas vedeliku voolamiskiiruse ja rõhu.

Pumpa suunatav rõhu all olev vesi, läbides kitsa düüsi, siseneb segunemisruumi, kus haarab kaasa pumbaga imitoru kaudu ühendatud suletud ruumist õhku ja viib selle difusoori, kus rõhk tõuseb ja õhk surutakse välja.

Orgaanilise keemia arengu tõttu tekkis vajadus kõrgel temperatuuril keevaid aineid ja keemistemperatuuril lagunevaid ained

⁹⁸ Louis Jules Duboscq (1817–1886), prantsuse optik Pariisis.

⁹⁹ Giovanni Battista Venturi (1746–1822), itaalia füüsik. Ta avastas tema järgi nimetatud Venturi efekti ning töötas välja Venturi pumba ja Venturi düüsi.

¹⁰⁰ Daniel Bernoulli (1700–1782), Šveitsi matemaatik.

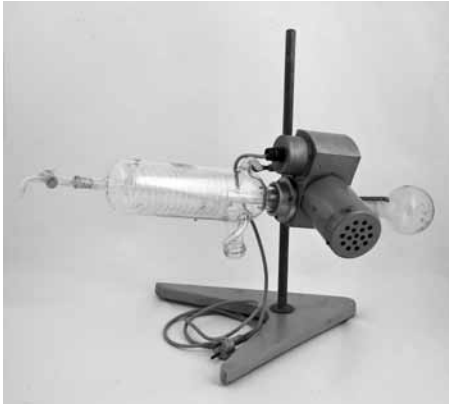


Foto 10. Walter Büchi algset (1957) tüüpi rotaatorauruti. VEB Jenaer Glaswerk. Schott & Gen. Jena. Vakuum Rotations Verdampfer. Erz. Nr 30220. Made in DDR (A. Tennuse foto)

destilleerida vähendatud rõhul. Kolbpumpade¹⁰¹ ning elavhõbedaga töötavate vaakumpumpade¹⁰² abil polnud võimalik teha vaakumdestilleerimist. Lahenduse leidis R. Bunsen,¹⁰³ kes Venturi efekti rakendades konstrueeris koos mehaaniku ja klaasipuhuja Peter Desagaga¹⁰⁴ 1868. a esimese klaasvaakumpumba. See veejoapump võimaldas sobiva võimsusega veevärgi korral saavutada vaakumdestillatsiooniks vajalikku alarõhku. Peagi

järgenesid paljude autorite ja firmade valmistatud veejoapumba eri variandid ja täiendused, millest mitu varianti on muuseumi kollektsioonis olemas. Näiteks prantsuse firma Alvergnyat¹⁰⁵ tüüpi veejoapump ja mitmed teised, samuti veejoapumbad, mis ühel ajal tekitavad vaakumit ja surveõhku: Stuhli¹⁰⁶ ja Wetzeli¹⁰⁷ konstrueeritud vaakum- ja surveõhupumbad, mis on kinnitatud puust alusele.

Tartu ülikooli peahoone laboreis sai veejoapumpa hakata kasutama alles ülikooli veevärgi valmimise järel 1889. a. Veepaak asus

¹⁰¹ Otto von Quericke (1602–1686), saksa füüsik, leiutas 1650 kolbvaakumpumba. Seda täiustati järgneva kahe sajandi jooksul.

¹⁰² Johann Heinrich Wilhelm Geissler (1817–1879), saksa klaasipuhuja ja füüsik. Tegutses Bonni ülikoolis. Ta konstrueeris koos Bonni ülikooli matemaatika- ja füüsikaproffessori Julius Plückeriga 1852. a suure täpsusega klaaskapillaariga termomeetrid. 1855 leiutas ta elavhõbedaga töötava, väga suurt hõrendust andva vaakumpumba. Pumba töö põhines Torricelli tühjusel, mis tekitati evakueeritavas süsteemis palju kordi elavhõbedasamba abil.

¹⁰³ R. Bunsen, vt viide 20.

¹⁰⁴ Peter Desaga (1812–1879), mehaanik ja klaasipuhuja Heidelbergi ülikoolis. 1840 avas Heidelbergis firma Chemisch-physikalischer Apparatebau C. Desaga.

¹⁰⁵ Alvergnyat Frères. Firma Pariisis (1858–1890). Seda tüüpi klaasist veejoapumpa toodeti XX sajandi lõpukümnendele ka NSV Liidus.

¹⁰⁶ Stuhl. Stuhli kohta andmed seni puuduvad.

¹⁰⁷ Johannes Wetzel, „Über eine neue Wasserstrahlpumpe“, *Berichte des Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 1897, 30, Bd. 1, 537–538; *Chemiker Zeitung*, 1896, 986. Kataloogides on nimetatud vaakum-surveõhupumpa kord Wetzeli, kord Stuhli pumbaks.

toomkiriku põhjatorni otsa ehitatud soojustatavas majakeses, kuhu vett pumbati Toomeorus asuvast pumbajaamast.

5. Keemiaosakonna klaasipuhumise töökojas valmistatud klaasaparaadid

Keemiaosakonna taasavamisega Tartu ülikoolis 1947. a loodi (õigemini jätkas oma tegevust) osakonna töökoda, mille koosseisus oli 1947. aastast ka klaasipuhuja ametikoht. Klaasipuhuja ülesanne oli valmistada uusi, vajalikke seadmeid ja korrastada ning parandada klaasaparaate. Töökoda kuulus anorgaanilise keemia kateedri juurde. Esimeseks klaasipuhujaks sai Hans Kruuse,¹⁰⁸ kes töötas sellel ametikohal aastakümneid. Klaasipuhuja teenindas kogu osakonda. Muu vajaliku tegevuse jaoks olid hiljem töökojad ka orgaanilise keemia ja analüütilise keemia kateedril. Kui farmaatsia- ja keemiaosakond kolisid uude keemiahoonesse (1939, 1947), sai klaasipuhuja endale eraldi ruumi keemiahoone neljandale korrusele, kus see töökoda asus kuni keemiainstituudi ärakolimiseni Chemicumi.

H. Kruuse valmistatud klaasaparatuurist on muuseumi fondis säilinud hulk esemeid, millest märkigem Craigi vastuvooluekstraktorit (puuraami paigutatud klaasist ekstraktori osa); elektrokeemiliste uuringute tarvis konstrueeritud unikaalset, keerulise ehitusega klaasaparaati (jatšeika); mitmesuguseid eriotstarbelisi destilleerimiskolbe ja muid klaastarvikuid.

Muuseumi klaasikollektsioonis leidub kõiki tähtsamaid keemilistes uuringutes kasutatud laboritarvete tüüpe. Kolleksioon kajastab laboritarvete arengut kahe sajandi vältel, olles sellisena unikaalne allikas tulevastele teadusloolastele, ühtlasi ideede allikas praegusaegsetele leiduritele, sest kõik uus kipub olema hästi ära unustatud vana.

¹⁰⁸ Hans Kruuse (s 1923) oli alates 05.05.1947 anorgaanilise keemia kateedri klaasipuhuja ja 01.05.1967–31.07.1981 elektrokeemia laboratooriumi klaasipuhuja. Ta on valmistanud väga palju mitmesuguseid klaasaparaate erivajadusteks, sealhulgas teadusasutustele väljaspool ülikooli.

Historical laboratory glassware at the University of Tartu History Museum

Cand. chem. TULLIO ILOMETS
University of Tartu History Museum

Over several decades the History Museum of the University of Tartu has accumulated a very large quantity of glass objects, from glass bottles, jars, cylinders, etc., for various collections to simple and sophisticated glass devices, measurement instruments and auxiliary items used at chemical laboratories and facilities engaged in related scientific research, including physiology, pharmaceuticals, pharmacology and so on.

At the University of Tartu that had been re-opened in 1802, chemistry and associated disciplines underwent the same stages of development at the same time as they did elsewhere in Europe. That is why the collection of laboratory glassware is a useful resource for those wishing to trace back to the humble beginnings the development of the corresponding sciences, to view how the already existing research equipment and tools were gradually improved and new ones invented and introduced. The oldest part of the collection is dated late 18th or early 19th century. A large part of the collection comprises original objects from the second half of the 19th century or analogous lab items manufactured at a later date. Naturally, the 20th century enjoys the most extensive coverage.

The university staff began collecting older laboratory glassware for preservation back in the 1960s, the items were packed in crates and stored for the future museum. Unfortunately, some of the stored glassware was destroyed in the fire that ripped through the main building in 1965.

When the History Museum of the Tartu State University was created on 6 December 1976, this facilitated a more systematic approach to collecting of the suitable glassware. When the museum moved from the main building of the university to its new permanent home on Toomemägi Hill in 1982, taking over the rooms previously occupied by the university library, the glassware collection could be put on display in improved preservation conditions.

The collection of glassware grew especially quickly as a result of several new university buildings being completed over the last 12 years. In 1999 the pre-clinical units of the Faculty of Medicine moved from their old buildings to the new location. They left behind many items of interest to the museum, including old laboratory glassware that was no longer needed.

In 2005, before moving to the new building, the Pharmaceutics Institute donated to the museum a number of historically valuable items, including quite old laboratory glassware, from the second half of the 19th century and early 20th century, previously stored at the old pharmaceutics building.

The glassware collection grew much more in late 2009, when the Chemistry Institute departed from its old building to the Chemicum facility constructed at the Maarjamõisa site. The institute thus further expanded the presence of its items in the collection, adding glass equipment and accessories from the second half of the 20th century. The museum also obtained resources and devices from the fields of microsynthesis and analysis. More items made from quartz glass were received, too.

The museum's collection of glassware is big and diverse. As glass is a fragile material, in many cases the museum has more than one same item in the collection, if applicable. Naturally, the unique items are carefully preserved in suitable conditions. Of course all old glassware has been retained.

The glassware collection has not been yet thoroughly analysed and systematised. This is work in progress as the collection is deemed important for the history of science at the university.