

# ANDERS CELSIUS – MEES, KES KELLELT SAIME TEMPERATUURISKAALA

Tõnu Viik

## Sissejuhatus

Uppsalas 27. novembril 1701 sündinud rootsi füüsik, astronoom ja geodeet Anders Celsius on üks mitmest sama perekonnanimega Uppsala ülikooli professorist, kes kõik olid omavahel sugulased. Oma perekonnanime said nad Hälsinglandi maakonnas Ovanåkeri valla latiniseeritud nimest, sest „ovanåker“ tähendab rootsi keeles „ülemist, kõrgemal asuvat põldu“, aga „celsus“ tähendab ladina keeles samuti „kõrge“. 1577.a. sündinud esiisa oli pärit Östergötlandist, sai Ovanåkeris kirikhärraks. Tema poeg Magnus, Anders Celsiuse vanaisa, oli astronoomia professor Uppsalas. Andersi isa Nils Celsius oli samuti Uppsala professor ning ema Gunilla Maria (neiupõlvenimega Spole) isa Anders Spole oli ka astronoomiaprofessor.

## Noorusaeg

Oleks võinud arvata, et Anders Celsius (edaspidi Celsius) valib samuti astronoomi elukutse, kuid põhjasõda oli mõjunud laastavalt isegi Uppsalas ning perekond oli vaene. Isa oli võidelnud edutult parema ametikoha eest ning koos langetati otsus, et Celsius peab õppima juurat, kuigi ta oli isa käe all näidanud suurt huvi matemaatika ja astronoomia vastu. Nii alustaski ta juuraõpinguid kuulates adjunkt Castoviuse loenguid rooma õigusest. Kuid see ei kestnud



*Anders Celsius*

kaua, sest „veri viib oravapoja männi otsa“ - huvi täppisteaduste vastu osutus liiga sügavaks ja koos kolm aastat vanema Samuel Klingenstiernaga loobuti juuraõpinguist. Kuigi Klingenstierna lahkus Stockholmi, jäi Celsius Uppsalasse astronoomiat õppima Erik Burmani käe all. Ta ühines ka kohe 1719.aastal hilisema Uppsala peapiiskopi Erik Benzeliuse noorema poolt asutatud teadusühinguga Bokvettsgillet ja juba 1725.a sai ta selle ühingu sekretäriks. Samal ajal tegutses ta ka A.G. Duhre loodud eraõppeasutuses, kus õpetas matemaatikat ning 1727.a. andis välja raamatu „Arithmetica Eller Räknekonst“, mida Benzeliuse kõrgelt hindas. Pärast lühikest viibimist Stockholmis Triewaldi füüsikakolleegiumis, kus ta tegi uute instrumentidega füüsikakatseid, pöördus ta tagasi Uppsalasse ja sooritas 29. aprillil 1728 kandidaadieksami. See veel ei andnud talle dotsendi kutset, selleks pidi ta esitama filosoofilise traktaadi „De existentia mentis“. See edukalt seljataga, sai

ta kohe asendama Klingenstiernat tema matemaatikaprofessuuris, sest Klingenstierna ise läks välismaisele õppereisile. Dotsendiks nimetati Celsius sama aasta oktoobris. Tööd olid tal käed täis nii matemaatikuna kui õpetajana Duhre koolis ja sekretärina Bokvettsgilletis, mis kuninga otsusega 11. novembrist 1728 muudeti Societas Regia Litteraria et Scientiarum'iks ehk lihtsalt Kungliga Vetenskapsocieteten'iks. See selts tegi Uppsala ülikooli kantslerile ennekuulmatu ettepaneku – kui poeesiaprofessor ilma täitjata jäi, siis asendada see Celsiuse soovitusel füüsikaprofessuuriga.

Loomulikult ei vastanud kantsler selle „jultunud“ ettepanekule. Kui siis professor Burman suri 1729.a. novembris, määrati esialgu Celsius nii matemaatika- kui astronoomiaprofessuuri täitjaks. Vakantsele kohale kandideeris kuus meest, Celsius nende hulgas. Teaduskonna arvamus oli, et Celsius peab professorikoha saama ja nii hakkas ta akadeemilist haridust andma „ex cathedra“. Sellega seoses loobus ta õpetamisest Duhre koolis. Esimestel ametiaastatel luges ta astronoomilist vaatluskunsti ja sfäärilist trigonomeetriat. Eraviisiliselt õpetas ta ka kronoloogiat, „computus ecclesiasticus't“ ja mõningaid teisi astronoomiaga seotud aineid. Teaduslikus tegevuses tuleb kõigepealt nimetada tööd „Nova methodus distantiam solis a terra determinandi“, milles ta määras Päikese kauguse Maast – 20310 Maa raadiust (tänapäeval on see arv umbes 23500). Kuid töid oli teisigi ja sugugi mitte ainult astronoomiast. Lisaks veel sotsioteedi väljaannete redigeerimine ja toimetamine.

## **Välisreis**

Ülikooli filosoofiateaduskond otsustas 29.jaanuaril 1731, et Celsius peab minema välisreisile oma matemaatika „perfektsioneerimiseks“. Ülikooli konsistoorium teatas 17. märtsil 1731, et kuningas on andnud Celsiusele loa välismaale siirduda koos palga säilitamisega. Celsius arvas, et sellest jääb eesmärgi saavutamiseks väheseks ja taotles konsistooriumilt, et see soovitaks teda kantslerile Stiegleri stipendiumi saamiseks. Kantsler oligi nõus ja Celsius selle stipendiumi ka kaheks aastaks sai. Tõsi, seda stipendiumi pikendati veel

1735. aasta mais. Kuid enne välismaale siirdumist pidi Celsius ootama Klingenstierna tagasipöördumist. Ja alles siis alustas Celsius reisiks ettevalmistamist, mis kestis kuni 1732.a. augustini, kui ta reisi lõpuks alustas Göteborgi ja Ystadi kaudu. On iseloomulik, et kui ta 24.septembri õhtul Ystadist postitõllaga sõitma hakkas, lahvatas kogu taevas virmaliste tulle, nagu kuulutades Celsiusele nende uurimise tähtsust. Teel olles saatis ta kogu aeg kirju Uppsalasse, eriti tulevasele Uppsala peapiiskop Erik Benzeliusele, kirjeldades eriti ülikoolide ja observatooriumide instrumentariumi ja nendes tehtavat teadustööd.

Üks esimesi peatusi oli tal Berliinis, kuhu ta jäi terveks talveks. Enne reisi jätkamist vaatles ta seal osalist päikesevarjutust 13. mail 1733 (mis Rootsis oli täielik). Reis jätkus Leipzigi ja Wittenbergi kaudu Nürnbergi. Samuti nagu Berliinis, ei õnnestunud Celsiusel saada ka Nürnbergis astronoomiaõpet. Berliinis oma raha eest ostetud väikese kvadrandidiga määras ta seal pooluse kõrguse, leides selle olevat  $49^{\circ}27'28''$ . Sel ajal anti Nürnbergis välja ajakirja „Commercium litterarium in incrementum rei physicae et medicinae“. Celsius publitseeris selles Carl Linné Lapimaa reisi tulemused. Celsius püüdis veenda ajakirja trükkijat Adelbulnerit, et see hakkas välja andma analoogilist astronoomilist ajakirja, samal ajal läbi rääkides matemaatika professori Doppelmayeriga, et see ajakirja toimetajaks hakkaks. Celsius pidi ajakirjale kirjutama sissejuhatuse ja üleskutse „Epistola invitatoria“. Kuid Doppelmayer nõudis, et Adelbulneri nime selles üleskutses ei nimetataks ja kogu asi jäi katki, ent mitte päris, sest Adelbulner alustas ise ajakirja „Commercium litterarium ad astronomiae incrementum inter hujus scientiae amatores communi consilio institutum“. Et Adelbulner polnud mitte lihtsalt raamatutrükkal, näitab asjaolu, et temast sai hiljem matemaatika- ja füüsikaproffessor Altdorfis.

Wittenbergis olles sai Celsius tuttavaks J.F. Weidleriga, kes oli tegelenud virmaliste vaatlustega ja publitseerinud sellekohase töö. Ka Celsius avaldas nüüd nii enda kui teiste Rootsis tehtud 316 virmaliste vaatlust.

Kolme kuu pärast jätkas Celsius teekonda, suundudes Itaaliasse. Veneetsias

olles tutvus ta kuningliku seltsi asepresidendi, numismaatiku ja matemaatiku Martin Folkes'iga. Lühikesel Paduas käigus kohtus Celsius Padua ülikooli matemaatikaprofessori markii Giovanni Poleniga, kellega arutles keskpäevajoone määramise üle.

Bolognas peatus Celsius pikemat aega, töötades koos Bologna ülikooli astronoomiaprofessori Eustachio Manfrediga, kes oli Bologna observatooriumi kuulsaks teinud oma tööga „Ephemerides motuum coelestium 1715-1725“.



*Quirinale palee*

Kuna Celsiuse ülesandeks oli ka astronoomilise instrumentariumiga tutvumine, siis leidis ta, et liigutatav kvadrant ja kaks seinakvadranti Bolognas olid väga praktilised. Emale kirjutas ta, et elu on tal hea, süüa saab nii hästi nagu oleks iga päev pulmas! Celsius viis seal läbi ka mõningaid fotomeetrilisi katseid, mida varem oli ka Uppsalas tehtud. Nende najal arvas ta, et on leidnud seaduse: kui objekti kaugus vaatleja silmast on kaks korda suurem, kuid vaatleja näeb objekti sama hästi, siis peab objekti valgustatus olema 16

korda suurem.

Celsius pidas Bologna ülikoolis loengu „De ascensu et descensu Maris Baltici“, mis puudutas Hudiksvallis tehtud Läänemere pinna kõrguse muutusi sõltuvana aastaegadest ja tuulte suunast.

Celsius lahkus Bologna'st 8. aprillil 1734 pärast seitset sealveedetud kuud ja siirdus Rooma. Manfredi oli teda soovitanud kardinal Da Viale, kes oli tuntud suure astronoomihuvilisena. Kardinal laenas talle kasutamiseks oma kvadranti ja inglise pendelkella ja soovitas Celsiusust omakorda paavst Clemens XII-le, kes lubas Celsiusel teha vaatlusi Monte Cavallo Quirinale palees. Paavst läks isegi niikaugemale, et lubas suurendada üht palee akent Celsiususe vaatluste tarvis.

Celsius jätkas Roomas oma fotomeetrilisi katseid. Üksiti mõõtis ta Kuu heledust täiskuu ja noorkuu ajal, leides, et täiskuu on noorkuust 8 korda heledam ja et Päike on täiskuust 300000 korda heledam. Tulemustest tegi ta järgmisel aastal Pariisis ettekande, mida akadeemik de Mairan teatud kriitikaga refereeris.

Roomas kontrollis Celsius ka keskpäevajoont, mille olid määranud astronoomid Bianchini ja Maraldi. Mitmed Celsiususe keskmistatud mõõtmised andsid tulemuseks, et nende astronoomide määratud keskpäevajoone viga oli kaks kaareminutit.

Ka uuris ta rooma pikkusühiku – jala – pikkust. Koos Martin Folkes'iga leidsid nad, et rooma jalg oli peaaegu täpselt sama pikk kui Rootsis kasutusel olnud jalg.

Celsiusel oli juhus jälgida päikesevarjutust kardinali majast 3. mail 1734. Vaatluse tulemused avaldas ta neli aastat hiljem Londonis, ajakirjas Philosophical Transactions.

Olnud terve suve Roomas, alustas Celsius teed Pariisi Genua kaudu 1734.aasta sügisel. Ta pidi veel vahepeal taotlema Stiegleri stipendiumi pikendust, mida talle ka lubati. Pariisis asus ta elama Joseph-Nicolas Delisle'i majja, kus elasid Delisle'i ema ja õde – mõlemad väga haritud ja astronoomiahuvilised naised. Pariisi teadusringkondades käis sel ajal kõva vaidlus Newtoni gravitatsiooniteooria üle, kuna Cassini ja tema koolkond kartesiaanlastena

Newtonit ei tunnistanud. Cassini koolkond oli veendunud, et Maa on poolustelt välja venitatud, kuna aga Newtoni teooria andis vastupidise tulemuse. Senini Prantsusmaal tehtud kraadimõõtmised olid andnud vastukäivaid tulemusi ja Prantsuse akadeemia otsustas saata välja ekspeditsiooni Peruuusse Charles Marie de la Condamine'i juhatusel.

Pierre Louis Moreau de Maupertuis Prantsuse akadeemiast oli taibanud, et Maa kuju kindlamaks määramiseks oli vaja lisaks mõõtmistele ekvaatori lähedal teha kraadimõõtmist ka pooluse lähedal. Kasutades oma tutvusi õnnestuski tal saada finantseering ekspeditsiooniks Lapimaale. Selles kohavalikus oli olnud suur osa Celsiusel, kes soovitas läbi viia kraadimõõtmise Botnia lahe jääl. On teada, et esialgu oli Maupertuis kavandanud oma ekspeditsiooni Islandile, nii et seega oli Celsiuse soovitus määrava tähtsusega. Ekspeditsiooni koosseisu nimetati lisaks juhile veel akadeemik Clairaut, Camus, Le Monnier ning lisaliikmena ka Celsius. Liikmeteks said ka Bayeux piiskopi, kardinal de Luynes'i sekretär Outhier. Ekspeditsiooni sekretäriks määrati de Sommereux ja joonistajaks Herbelot. Etteruttavalt olgu öeldud, et mõlemate ekspeditsioonide kraadimõõtmised andsid loomulikult Newtoni teooriat toetava tulemuse. Celsius, kes oli valmis oma lähetuse jätkamiseks Inglismaal, sai ülesandeks tellida sealt ekspeditsiooni tarbeks vaatlusriistu.

Selleks ajaks oli Celsius Pariisis veetnud ligi aasta, mis oli olnud tema reisi teaduslike eesmärkide suhtes kõige viljakam. Kuni selle ajani olid kaks ta õpilast – Meldercreutz ja Bjurman – olnud ta kaaslasteks, kuid nüüd siirdus Meldercreutz koju ja Bjurman läks koos Celsiusega Londonisse.

Pariisis oli Celsius hoolitsenud selle eest, et Rootsi teadusarengust majajäämise vältimiseks oli tarvis osta kõige moodsamaid vaatlusriistu. Selleks saatis Celsius mitmeid palvekirju Uppsala ülikooli kantslerile ja oma sõpradele. Lõpuks konsistorium paindus, ja alles kantsleri terava vahelesegamise tõttu, kuid saadud summa polnud eriti suur – vaid 3000 riigitaalrit. Selle eest ostis Celsius Langlois' kolmejalase kvadranti teleskoopilise dioptri ja mikromeetriga, mis saadeti meritsi Uppsalasse.

Kolm aastat välisreisi olid selleks ajaks otsa saanud ja Celsius pidi Uppsala ülikooli kantslerilt krahv Cronhielmilt paluma luba oma reisi jätkata koos palga ja stipendiumi säilimisega. Selle loa ta sai.

Celsiuse kirjast Benzeliusele järgneb, et Londonis asus ta elama Kuningliku seltsi sekretäri

Cromwell Mortimeri majja ja et seltsi president Sir Hans Sloane võttis ta lahkelt vastu. Celsius tutvus Londonis astronoomide Halley ja Bradleyga. Ta ei unustanud ka oma põhieesmärki, tellides Grahami juurest 10-jalase sektori ja pendelkella. Oma raha eest muretses ta Edinburghis valmistatud ühejalase peegelteleskoobi. Ilmselt jättis ta oma töödega väga tugeva mulje, nii et ta valiti üsna peatselt Kuningliku seltsi liikmeks.

1736.aasta aprilli lõpus asus Celsius Londonist teele, et mai alguses Dunkerque's kohtuda Lapimaale siirduva ekspeditsiooniga.

### **Kraadimõõtmisekspeditsioon**

Ekspeditsioon alustas laeval „Prudent“ merereisi Stockholmi, kuhu jõuti 20. mail 1736. Pärast vastuvõttu kuningas Fredriki juures ja Celsiuse kodu külastamist Uppsalas liikus osa ekspeditsioonist maad mööda ja teine osa merd mööda Torneå poole. Veel oli lahtine, kus täpselt kraadimõõtmine läbi viia. Ühe võimalusena välja pakutud Celsiuse idee teha mõõtmine Botnia lahe saartel langes ära, sest saared olid madalad ja signaalid oleksid pidanud olema ilmatu kõrged. Mõeldi põhja suunas otsesihhi raiumisele läbi metsade, kuid ka see oli mõeldamatu, isegi arvestades soomlastest Rootsi sõdureid, kes ekspeditsioonile abiks olid antud. Celsiuse mõtte mõõta Botnia lahe jääl oli kahtlemata väga hea, kuid ... oli ju suvi ning oodata mitu kuud jää tekkeni, mis igal aastal ei tekkinudki, tundus Maupertuis'le vastuvõtmatu. Nii jäi üle vaid Torneå jõe org, mille nõlvadel asuvatele vaaradele sai suhteliselt lihtsalt signaale püstitada. Enne oli vaja aga maastikuga tutvuda ja otsustada, kuhu signaalid saavad. Esmase luure tulemusena valiti välja sobivad künkad baaspunktideks ja alustati signaalide püstitamist. Enamasti olid need koonusjad ehitised kooritud puudest, et tumeda metsa taustal paremini välja paista. Ainuke erand oli Tornio kirik, mille kõrge torn ideaalselt signaaliks sobis. Prantslased kaebasid hirmsasti sääskede üle, kes ekspeditsiooni kõvasti kimbutasid. Aga ega langenud puude, kaljupankade, teravate kihvannikute ja kiirevooluliste, sügavates kanjonites paiknevate jõekeste ületamine polnud sugugi kergem. Hiljem lisandus veel talvekülm, mille kohta Maupertuis kirjutas, et hõbedast viinapeeker külmus huulte külge kinni. Celsius oli kogu aeg töös signaalide püstitamisel ning lisaks pidas ta veel päevikut, nn vinkelbok'i, kuhu kõik need tegevused, millega ta ise ametis oli, detailselt sisse kandis. Ja teinekord ka mitte ainult need.

Nurkade mõõtmine signaalide vahel lõpetati 6. septembril Kaakamavaaras. Kohe tehti ka



astronoomilised vaatlused, kus põhiline raskus langes Le Monnier'le ja Celsiusele. Kuna baasjoon oli veel mõõtmata, ei saanud meridiaanikaare pikkust määrata.

See mõõtmine jäi detsembrikuusse, sest oli otsustatud mõõta baasjoon mööda jõe jääd (14.4 km). Pariisist toodi kaasa ainult üks rauast ühe toise'i (1.949 m) pikkune mõõtelatt. Selle abil valmistati lisamõõtelatte kuusepuust, mis hoolikalt justeeriti. Küsitavaks jäi see, kui palju kuuselatt temperatuuriga oma pikkust muudab. Maupertuis arvates polnud see oluline, ja nagu näitasid Celsiuse hilisemad mõõtmised, oli tal õigus.

Nüüd jäid vaid teha rehkendused, mis andsid tulemuseks, et polaarpiirkonnas on meridiaanikraad pikem kui Pariisi lähedal. Seega oli lõplikult selge, et Maa on poolustelt lapik. Celsius võttis ekspeditsiooni tulemused kokku oma rootsikeelses ettekandes akadeemiale „Maa tõeline suurus ja kuju“ 1741. aasta detsembris.

Celsiuse panust ekspeditsiooni õnnestumisse hindasid kõrgelt nii Maupertuis kui Prantsuse kuningas Louis XV, kes määras Celsiusele iga-aastase 1000 liivrise pensioni. Lisaks jättis Maupertuis Celsiusele kingituseks vankri, millega Lapimaal käidi, ja väiksema kvadrandi.

## **Tagasi Uppsalas**

Pärast viieaastast eemalviibimist oli Celsius tagasi Uppsalas ja teda ootasid mitmed pakilised ülesanded, ennekõike muidugi õpetamine, aga ka tema äraolekul unne suikunud teadusselts ning Acta litteraria ootas välja andmist. Sugugi märkimata ei saa jätta unistust astronoomiaobservatooriumist.

Õpetamisega oli Celsiuse äraolekul tegelenud Olof Hjorter (hilisem Celsiuse õe Sara Märtha mees), nüüd pidi Celsius rooste läinud oskuse taastama. Esimestel aastatel luges ta matemaatika valikkursust sfääridest ja sfäärilisest trigonomeetriast. Hiljem lisandus sellele ka astronoomia, üldine geograafia, kronoloogia, gnomoonika (õpetus päikesekelladest) ja navigatsioonikunst.

Celsius juhatas mitmete väitekirjade kaitsmise koosolekuid, ja nagu tollal kombeks, oli ta neis igaühes esimene autor. Üks huvitavamatest väitekirjadest käsitles 12. mail 1706, 3. mail 1715, 22. mail 1724 ja 13. mail 1733 toimunud täielike päikesevarjutuste ajal jälgitud Päikese krooni. Tõsi, tegemist oli vaid siiski nähtuse kirjeldamisega, kuid see-eest oli see väga põhjalik. Kõik kaitstud väitekirjad polnud kaugeltki astronoomilised, sest juttu oli

kiriklikust kronoloogiast, Põhjamaa kalapüügiviisidest, miilipõletamise kunstist, kompassinõelast, nädalapäevade nimedest svealaste ja götalaste seas, maailmade mitmesusest, Cartesiuse vorteksitest, jne.

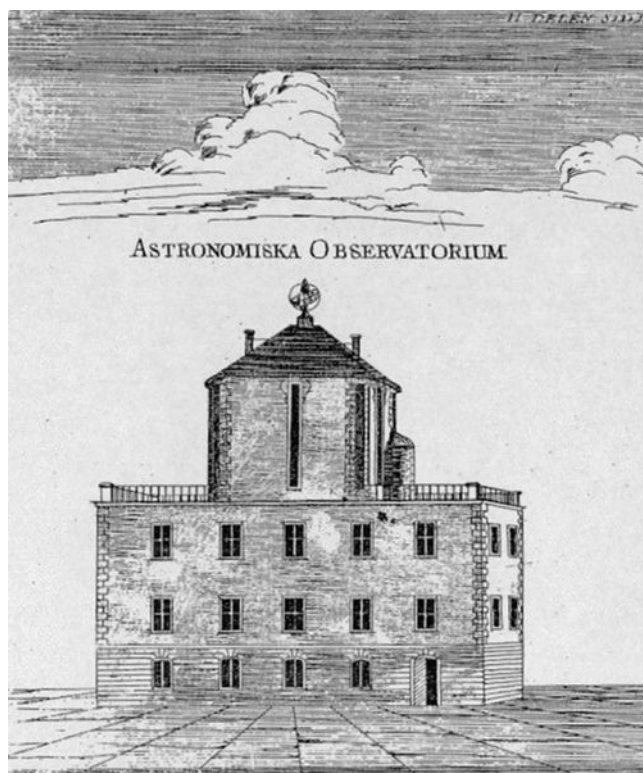
Kuid astronoomia-alastest olid mõned lausa tänapäevased, nagu Ericus Engmani „De luna non habitabili“, kus väideti, et Kuu pole elamiskõlblik, kuna seal pole vett ega õhku. Väitekirjades oli juttu ka Jupiteri kuudest, astronoomilisest refraktsioonist, Maa kujust (loomulikult!), komeetidest ja nende mõjust Maale. Celsius uskus nimelt, et komeedid võivad põhjustada nii üleujutusi kui hiiglaslikke põlenguid. Ta arvas ka, et mõni komeet võib meilt Kuu ära viia.

Mitu väitekirja oli tähtkujudest. Neis oli juttu nii tähtkujude mütoloogiast kui ka tähtedest, mis olid heledamad kui 6.5 tähesuurust. Jäära tähtkujus näiteks sisaldas kataloog 70 tähte. Seal toodi ära Flamsteedi kataloogi tähed, lisaks veel Ptolemaiiose, Tycho Brahe ja Heveliuse vaatlused. Ka Maraldi käsikirjaline kataloog, mille Celsius oli hankinud, oli lisatud. Iga tähe kohta anti number vastavas kataloogis, nimi või Bayeri tähistus, deklinatsioon ja otsetõus. Ja ka Celsius enda või siis Hjorteri vaatlused. See kõik oli tegelikult ettevalmistus, sest Celsius planeeris uude observatooriumisse ühe olulise tööna ulatusliku tähekataloogi koostamise. Võib-olla kõige olulisem on selles väitekirjas tähtede heleduse määramise meetod – ühejalase pikksilma ette paigutatud kaks läbipaistvat klaasplaati vähendasid Celsius järgi tähe heledust ühe tähesuuruse võrra. Kaheteistkümnes tähesuurus määrati teleskoobis nähtava nõrgima tähe heleduse järgi. Siirius muutus nähtamatuks 24 klaasplaadi tagant. Selle meetodiga muidugi Flamsteedi määratud heledused muutusid – Flamsteedi 4<sup>m</sup> oli Celsius 5<sup>m</sup>, 7<sup>m</sup> muutus 10<sup>m</sup>-ks jne.

### **Observatooriumi ehitamine**

Juba Erik Benzelius noorem ja Erik Burman olid soovinud observatooriumi Uppsala ülikooli juurde ja selles suunas ka tegutsenud. Aga alles Celsius suutis unistuse täide viia. Tõsi, oma majale oli ta peale ehitanud torni, kust astronoomilisi vaatlusi teha sai, kuid see oli rohkem amatööri tegevus. Oma reisidelt oli ta akadeemia rahade eest muretsenud kolmejalase kvadranti ja jalase kiikri. Maupertuis oli talle meridiaanikaare mõõmisekspeditsiooni lõpetamise puhul kinkinud väikese kvadranti.

Celsius ergutab Linköpingi gümnaasiumi ostma kvadranti, et elavdada sealseid astronoomiaõpinguid. Saanud teada, et akadeemia müüs 1738.aasta kevadel kinnisvara,



### *Celsiuse observatoorium*

saades selle eest 18000 taalrit, kirjutas Celsius akadeemiaale kirja, kus väitis, et juba 1723.aastal avaldas riigipäev soovi ehitada osa mahapõlenud Uppsala lossist tähetorniks. Aga kuna vahendeid selleks ei antud, siis sumbus ettevõtmine. Nüüd tuletas Celsius seda otsust meelde. Konsistorium arutas asja ja otsustas, et Celsius võib saada 9000 taalrit, kui ta observatooriumi ehitamiseks puudujääva summa kusagilt mujalt hangib. Rahasaamise tingimuseks seati ka see, et Celsius enam kunagi observatooriumi jaoks raha küsima ei tule. See ähvardus kaua ei pidanud, sest üsna peatselt oli müügis professor Refteliuse maja, milleks konsistorium andis Celsiuse palvel 8000 taalrit – lisaks varem kokkulepitud summale! Nüüd pöördus Celsius õueintendandi Carl Hårlemani poole, et see projekteeriks Refteliuse maja ümberehituse tähetorniks. Ja 12. aprillil 1739 sõlmis Celsius ehituslepingu ehitusmeister Körneriga. Celsius tegutses väga energiliselt vajalike rahasummade leidmisel ja tähetorni vajalikkuse propageerimisel. Ta andis välja brošüüri „Rootsi astronoomiaobservatooriumi kasulikkusest“, kus tõi välja observatooriumi neli tähtsat ülesannet. Esiteks oli see navigatsioonikunsti tähtsuse rõhutamine, eriti Rootsile kui mereriigile. Aga see kunst toetub astronoomiale, lisas ta. Teiseks planeeris ta observatooriumi osavõttu riigi kaardi koostamisest, mida riigipäev oli juba 1734.a. otsustanud. Kolmandaks rõhutas ta riigi ajateenistuse parandamise tähtsust koos

kalendrireformiga, sest paljud riigid olid juba üle läinud gregoriuse kalendri. Ja neljandaks arvas Celsius, et observatoorium on kasulik üldise õpetatuse koha pealt, rääkimata observatooriumis tehtavatest ilmavaatlustest.

Vahepeal oli Celsius muretsenud korraliku teleskoobiga varustatud kaheteistjalase sektori ja Grahami pendelkella. 1742.a. suvel saabus 36-jalane teleskoop ja järgmise aasta alguses andis Daniel Ekström üle enda valmistatud transiitteleskoobi, mis oli viie jala pikkune, varustatud mikromeetri ja täpse loega. Juba 1741.aasta suvel hakkas Celsius kolima uude observatooriumisse.

Arveraamat näitab, et Celsius kulutas observatooriumi tarvis 31 007 taalrit ja 28 ööri riigiraha, millele lisas 2551 taalrit ja 19 ööri enda raha (selle maksis konsistoorium ta emale ja õele tagasi 1748.a.).

Kuigi observatooriumi rajamine oli suur samm Rootsi astronoomia arendamisel, polnud see maja sobilik vaatlusteks, sest ta asus rahutu Svartbäckis tänava ääres, tal puudus vaba vaade lõunasse, sest loss, toomkirik ning ülikooli hooned olid ees. Ka Celsiusse truud kaaslane Hjorter kaebas kuus aastat pärast Celsiusse surma, et ta pole saanud vaadelda Wargentini komeeti, kuna hooned olid ees (tegelikult oli see Swift-Tuttle'i komeet).

### **Kuninglik teadusselts**

Enne oma suurt reisi oli Celsius kuningliku teadusseltsi sekretärina palju hoolt pühendanud seltsi heale käekäigule, otsides võimalusi maksta seltsi sekretärile töö eest palka ja välja anda seltsi ajakirja. Ta oli isegi oma reisi edasi lükanud, et saaks seltsi 1729. aasta Acta välja antud. Viimasel koosolekul enne reisi teatas ta, et ei saa enam sekretäri kohuseid täita ja soovitas enda asemele professor Klingenziernat. Kuid sellel mehel puudus huvi ja energia seltsiga tegeleda, mida näitab asjaolu, et 1732.aastal toimus vaid üks koosolek, järgmisel aastal viis ja siis ei toimunud enam koosolekuid ega antud välja Acta literariat.

Seega ei jäänud Celsiusel pärast ekspeditsioonilt tagasi pöördumist muud üle, kui selts uuesti ellu äratada. Ta kirjutas Benzeliusele, et Acta väljaandmine seekord hilineb, sest kaastöid polnud üldse laekunud. Celsiusse töökoormus seltsis veidi kahanes, sest magister Olof Hjorter asus tööle seltsi amanuensisenä.

Celsius tegi 1738. aasta koosolekul ettepaneku pöörduda seltsi aupresidenti krahv Gustaf

Bonde poole, et see koosoleku kokku kutsuks seltsi edasise tegevuse ja arengu arutamiseks. Krahv Bonde kutsuski seltsi liikmed endale koju, et kahe päeva jooksul arutada seltsi tegevuse elavdamist. Mitme muu probleemi kõrval käsitleti kapten Triewaldi ettepanekut trükkida edaspidi seltsi Acta rootsi keeles (senini oli see olnud vaid ladina keeles). Kapten põhjendas oma ettepanekut sellega, et Kuninglik selts Inglismaal avaldab oma töid ka inglise keeles. Piiskop Benzelius oli selle ettepaneku vastu, sest tema arvates rootsi keelt nii palju mujal maailmas ei tunta. Selle peale tegi Triewald uue ettepaneku, et olgu Acta pealegi ladina keeles, aga selle kõrvale tuleks asutada rootsikeelne teadusajakiri. Kuigi selts seda ettepanekut tagasi ei lükanud, ei tulnud teise ajakirja asutamisest midagi välja, sest varsti asutati Rootsi teaduste akadeemia, kes hakkas oma töid niikuinii välja andma. Ka ei õnnestunud saada Acta ilmumisele privilegieeritud seisundit.

Triewaldi ettepanekul oli siiski mingi mõju, sest 1741.aastal Celsius kordas seda – anda välja rootsikeelset ajakirja taani vastava ajakirja eeskujul. Ettepanek võeti vastu ja Celsiuse onu Olof Celsius asus selle toimetajaks. Kahjuks ilmus seda ajakirja vaid 1742. aastal.

Triewald oli seltsi koosolekul Bonde juures teinud veel ühe ettepaneku – et Stockholmis elavad seltsi liikmed moodustaksid seltsi osakonna Stockholmis. See ettepanek läks ellu ja Triewald, Linné, von Höpken, Bielke, Alströmer ja Cederhielm tulid 2. juunil 1739 kokku, et asutada hoopis Rootsi teaduste akadeemia.

## **Kalendrireform**

Ekspeditsioonilt tagasipöördunud Celsius oli täis energiat ja muudele kohustustustele lisaks hakkas ta tegelema kalendrireformiga. Seejuures oli Celsius alati hoidnud gregoriuse kalendrist eemale ja tema ettepanek puudutas vaid distingilaada toimumise aegade arvestamist. Siinkohal tuleb ilmselt selgitada, mis need laadad olid ja mida need rootslastele tähendasid. Alustada tuleb kaugemalt – *disad* oli Põhjamaa mütoloogias rühm naisvaime või isegi jumalaid, kellel oli palju ülesandeid, näiteks kangelaste Valhallasse juhatamine ja suguvõsa eest hoolitsemine. *Disting* oli keskajal veebruarikuu alguses vanas Uppsalas kokkukutsutud nõupidamine, ja kuna siis inimesed olid koos, peeti üksiti ka laata. Selle kogunemisega on tihedalt seotud nn *disablot*, see on siis ohvrite toomine *disadele* (*blot* on rootsi keeles ohver). Komme on säilinud tänaseni.

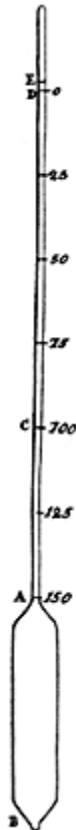
## Mõnede temperatuuriskaalade ümberarvutamise valemid

	Celsiuse skaalast	Celsiuse skaalasse
Fahrenheit	$[F]=[F] \times 9/5 + 32$	$[F]=([F] - 32) \times 5/9$
Kelvin	$[K]=[C]+273.15$	$[C]=[K]-273.15$
Rankine	$[Ra]=([C]+273.15) \times 9/5$	$[C]=([Ra]-491.67) \times 5/9$
Delisle	$[De]=(100-[C]) \times 3/2$	$[C]=100-[De] \times 2/3$
Newton	$[N]=[C] \times 33/100$	$[C]=N \times 100/33$
Réaumur	$[R]=[C] \times 4/5$	$[C]=[R] \times 5/4$
Rømer	$[Rø]=[C] \times 21/40 + 7.5$	$[C]=([Rø]-7.5) \times 40/21$

Seega on *distingi* toimumise aja väljarehkendamine väga oluline, sest päris vanal ajal peeti seda veebruari lõpus või märtsi alguses. Olaus Magnus oli sisse toonud reegli, et esimene noorkuu, mis on 6. ja 7. jaanuari vahel pärast kella 12 öösel, oli *distingikuu* alguseks ja *distingi* pühitseti järgneva täiskuu ajal. Paganlikul ajal algas aasta talvisel pööripäeval ja jõulusid pühitseti siis (vrld. rootsi jul) ja jõulukuu algus määrati pööripäevale lähima täiskuu järgi. Sellele järgnev kuu oli *distingikuu*. Kuid kristlus paigutas jõulud 25. detsembrile ja jõulukuu algas lunatsiooniga, kus täiskuu oli 25. detsembril või hiljem. Kui aga täiskuu juhtus 24. detsembrile enne päikese loojumist, siis jõulukuu algas järgmisel lunatsioonil. Selle reegli kehtestas Celsiuse vanaisa Magnus Celsius, kuid seda kõik kalendritegijad ei aktsepteerinud. Nii juhtus, et 1730. aastal, kui täiskuu oli jõuluõhtul, oli Burmani ja Celsiuse kalendrites *disting* veebruaris, Birger Vasseniuse kalendris aga jaanuaris. Segaduse vältimiseks soovitas Celsius tagasi pöörduda vana reegli juurde – kui Kolmekuningapäeval on Kuu taevas kas vana või noor, siis see kuu on jõulukuu. Celsiuse ettepanekut kaalus akadeemiline konsistoorium ja leidis, et seda ei lükata tagasi, kuid kasutusele ka ei võeta, sest see ajab segamini kõik liikuvad kiriklikud pühad. Celsius vastas sellele otsusele „memoriaaliga“, kus soovitas liikuvaid pühi rehkendada astronoomilisel viisil, nagu tehakse seda Saksamaal ja Taanis. Kuigi konsistoorium tahtis selle memoriaali paigutada arhiivi koos Celsiuse eelmise ettepanekuga, suutis Celsius oma sõbra piiskop Benzeliuse kaudu võita preesterkond enda poole ja 30. jaanuaril 1739 käskis kuningas Fredrik I arvutada *distingi* ja Ülestõusmispühi Celsiuse reegli kohaselt.

See reform tähendas tegelikult kogu kalendrirehkenduse sassiajamist – üks ootamatu tulemus oli see, et Ülestõusmispühad lähenesid jõuludele. Asi kippus käest ära minema, nii et kuningas nimetas Klingenstierna ja Celsiuse otsima tekkinud olukorrast väljapääsu. Selle asemel, et minna üle gregoriuse kalendrile, soovitasid need kaks professorit kaaluda

kaht kalendriüendust. Üks neist, juliuse kalendri baasil, oleks teinud kõik kirikupühad liikuvaks ja teine esitas täielikult uue kalendri, kus jaanuar oleks alanud talvisel pöörpäeval ja veebruar siis, kui Päike läheks Veevalaja tähtkuju jne. Mingit lisaaastat poleks ja päevade arv aastas rehkendataks astronoomiliste päikesetabelite alusel. Tegelikult oli mõlema süsteemi taga Celsius ja alles pärast Celsiuse surma sai Klengenstierna esitleda end Wargentini toetajana gregoriuse kalendri kasutuselevõtmisel.



*Celsiuse originaaltermomeeter*

## **Termomeeter**

Tänapäevase termomeetri kasutusevõtmisel on olnud palju raskusi. Kõigepealt muidugi see, millist vedelikku kasutada. Arvatakse, et Huygens oli esimene, kes soovitas vee keemispunkti üheks fikseeritud punktiks, kuid veel ei teatud selle sõltuvust õhurõhust. Järgmise olulise sammu tegi Newton, kes alguses pakkus linaõli, kuid siis elavhõbedat ja tema termomeetril oli kaks fikseeritud punkti: üks vee jäätumine ja teine inimese kehatemperatuur, millele ta andis väärtuseks 12 kraadi. Siis oleks vee keemispunkt olnud 34 kraadi.

Esimene, kes konstrueeris täielikult teadusliku termomeetri 1724.aastal, oli saksa füüsik Daniel Gabriel Fahrenheit. Algul kasutas ta alkoholi, kuid siis läks üle elavhõbedale. Oluline oli tema puhul see, et ta otsustas kasutada nii vee jäätumis- kui keemispunkti ja ta teadis, et keemispunkt sõltub õhurõhust. Kui Fahrenheit elas Amsterdams, siis olid nad Carl Linnéga suured sõbrad. Ja nii sai Linné tuttavaks termomeetriprobleemiga.

### Mõned olulised punktid erinevates skaalades

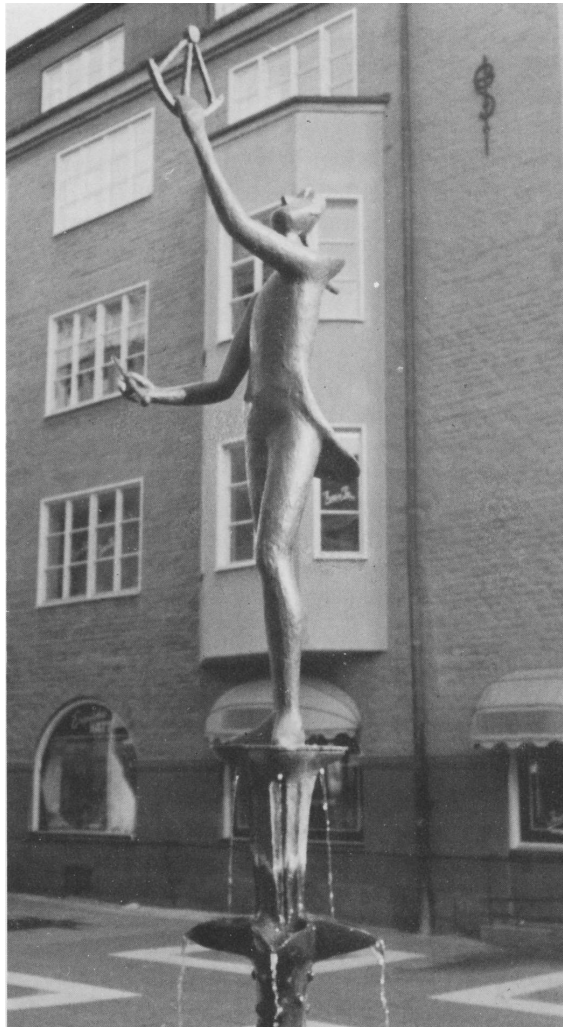
	Kelvin (K)	Celsius (°C)	Fahrenheit (°F)
Absoluutne null (definitsiooni kohaselt)	0	-273.15	-459.67
Vedela lämmastiku keemispunkt	77.4	-195.8	-320.3
Kuiva jää sublimatsioonipunkt	195.1	-78	-108.4
Celsiuse ja Fahrenheidi skaalade lõikepunkt	233.15	-40	-40
Puhta jää sulamispunkt	273.1499	-0.0001	31.99982
Vee kolmikpunkt (definitsiooni kohaselt)	273.16	0.01	32.018
Inimese kehatemperatuur (keskmistatud)	310	37.0	98.6
Vee keemispunkt 1 atm juures	373.1339	99.9839	211.971

Üldse kirjeldati 18. sajandil mitmeid temperatuuriskaalasid. Esimene, kes teadaolevalt tuli sajakraadise skaala peale, oli Renaldini Paduast 1694.a. Sajakraadise skaalaga termomeetri valmistas ka Johan Backman Stockholmist 1716.a. Ka Delisle valmistas 1724.a. termomeetri, mille nullpunkt oli vee keemistemperatuuril. Ta siiski muutis skaala nii, et 150 kraadi juures oli vee jäätumine ja vee keemine toimus 0 kraadi juures. Réaumur alustas 1730. aastal termomeetri konstrueerimist, mille nullpunkt oli vee jäätumistemperatuuril ja vee keemispunkt 80 kraadi juures, sest tema termomeetris põhjustas temperatuuri muutumine ühe kraadi võrra vedeliku ruumala muutumise ühe tuhandiku võrra.

Oma välisreisil oli Celsius tutvunud paljude looduseuurijatega, kes tegelesid termomeetriprobleemiga ja kellest olulisemad olid vast Le Monnier ja Delisle. Võib-olla nendega peetud kirjavahetus sai otsustavaks, et Celsius hakkas ise termomeetri loomisega seotud katseid tegema, uurides eriti vee keemispunkti sõltuvust õhurõhust. Nii andis ta teaduste akadeemiale 14. juulil 1742 üle oma töö uuest termomeetrist, mis ilmus



juba samal aastal. Selles paneb ta ette võtta temperatuuri mõõtmise skaalal kaks kindlat punkti – 0 kraadi vee keemisel (õhurõhu 751.2 mm Hg juures) ja 100 kraadi vee jäätumisel.



*Celsiuse monument Uppsalas Celsiuse väljakul (Knut Erik Lindbergi skulptuur)*

Olof Hjorteri vaatluspäevikus on kirjas, et 1747.a. ilmus välja Ekströmi sajakraadine termomeeter, kus kindlad punktid olid paigas tänapäevaselt. Observatooriumi vaatluspäevikust tuleb veel välja, et samal aastal hakati kasutama Strömersi termomeetrit, mis oli samasuguse konstruktsiooniga kui Ekströmi oma. Jääb mulje, et Uppsalas oli veel keegi termomeetrite konstruktor ning eksperimentaator ja selleks meheks oli Carl Linné! Tema Amsterdams 1737.a. ilmunud raamatu tiitellehe vinjetil oli putto hoidmas 100-kraadist termomeetrit, mille nullpunkt oli arvatavasti vee külmumispunkt! Veel enam, skaala pildil laienes kuni miinus 100-ni. Meil oli juba juttu, et Linné oli Amsterdams

tutvunud Fahrenheitiga ja ilmselt sealt sai alguse tema huvi termomeetriga seotud probleemide vastu. Kui ta oli tagasi Uppsalas ja tagasi Inglismaalt end täiendamast oli ka instrumentide meister Ekström, siis laskis Linné meistril endale teha sajakraadise skaalaga termomeetri, kus nullpunkt oli vee jäätumispunkt. Esimene termomeeter läks katki teel Stockholmist Uppsalasse. Ekström kohusetundliku ja pedantse mehena tegi kohe teise, kuid see võttis aega. Konsistoriumi koosolekul 2. detsembril 1745 (Celsius oli siis juba surnud) esitles Linné oma termomeetrit ja nõudis selle eest konsistoriumilt raha, mille ta ka sai. Observatoorium tellis endale sellise termomeetri, mis läks kasutusse kui Ekströmi termomeeter. Observatooriumi direktor Strömer tegi endale ka samasuguse – sellest siis mitu nime samale instrumendile.

Et see oli Linné, kes skaala ümber pööras, järgneb ka Arago Kogutud teostest ja Encyclopedia Britannicast. Linné ise oma tegu ei rõhutanud ja 1750-st aastast peale räägitakse teaduskirjandusest hoopis rootsi termomeetrist.

Aga miks siiski tänapäeval räägitakse Celsiuse skaalast ja termomeetrist? Üks põhjus on siin 1818.a. avaldatud Berzeliuse keemia õpik, kus ta kirjutab, et Celsius oli esimene, kes varustas termomeetri kahe kindla punktiga: 0 kraadi vee jäätumisel ja 100 kraadi vee keemisel ja jagas selle vahemiku sajaks võrdseks osaks! Berzeliuse autoriteet oli nii suur, et keegi seda pika aja jooksul ei vaidlustanud.

## **Elu lõpuaastad**

Pärast ekspeditsioonilt naasmist tegeles Celsius mitmete astronoomiliste probleemidega, millest olgu nimetatud mitmete päikese ja kuuvarjutuste vaatluste kirjeldamine, Uppsala, Turu, Linköpingi, Torneå ja mõnede muude punktide geograafiliste pikkuste määramine, pooluse kõrguse määramine jne. Geograafilisi pikkusi arvutas Celsius samaaegsete kuuvarjutuste vaatlemisega, näiteks Londonis ja Uppsalas. Kuuvarjutusi pole aga kuigi tihti ja nii läksid käiku Jupiteri kaaslaste varjutuste vaatlemised. Celsiust huvitas eriti geograafilise pikkuse määramine merele, kuid kõikuval laevalael teleskoobiga askeldamine ei tulnud kõne allagi (alles 1736.a. valmistas John Harrison esimese merekõlbliku kronomeetri H1).

Kuid need polnud kaugeltki ainsad teadusprobleemid, sest Celsiuse haare oli laiem. Eespool oli juttu kuusepuu soojuspaisumise uurimisest. Selle uuringu tulemused avaldas ta 1739.a. Hoolikad mõõtmised näitasid, et kuuse soojuspaisumise koefitsient on ca

1/6000. Kui seda oleks arvestatud Maupertuis ekspeditsioonil, oleks Maa poolustelt veel lapikum olnud. Tõsi küll, väga vähe, sest baasjoone pikkus oleks olnud 0,02% pikem.

Lisaka neile probleemidele arutles ta koos Hjorteriiga magnetnõela kõrvalekallete üle virmaliste esinemise ajal. Nad tegid mitmeid katseid George Grahami valmistatud 30 cm pikkuse magnetnõelaga, hoolega jälgides, et ruumis poleks rauast esemeid, neil taskutes võtmeid ega kingadel rauast pandlaid. Nad leidsid, et mida tugevamad on virmalised, seda suurem on magnetnõela kõrvalekalle, järeldades sellest, et virmalised on seotud Maa magnetväljaga. Imetlusväärset on nende vaatlused nii täpsed, et võimaldasid kindlaks teha Maa magnetvälja päevased, mõne nurgaminuti suurused kõrvalekalded. Aga ega see kerge töö polnud, sest Hjorteri sõnade järgi tegi ta 46 nädala jooksul 6638 magnetnõela vaatlust! Sealjuures enamasti külmas ruumis, küünlavalgel ja suurendusklaasi abil.



*Vana Uppsala kirik*

Celsius võrdles rootsi jalga (pikkusühikut) muude samanimeliste ühikutega ja arutles maapinna kerke üle, mis eriti Skandinaavias on põhjustatud tohutute jäämasside sulamisest pärast viimast jääaega - meeter saja aastaga! Celsius nimetas seda vee taganemiseks (vatnets förminskande) ja seletas seda vee auramisega või siis aukudega mere põhjas, kuhu vesi pikapeale kaob. Ka kirjutas ta oma surmaaastal veel töö raskusjõu erinevusest, kui võrrelda pendlite võnkeperioode Londonis ja Uppsalas, seletades seda Newtoni teooria alusel. Lisaks teadustööle oli Celsius professorina konsistooriumi liige. Tollal määrasid nii riigipäeval kui konsistooriumis enamuse 1737. aastal asutatud

Mütsipartei liikmed, kes olid ettevaatliku rahupoliitika pooldajad. See partei oli tekkinud vastukaaluks Kübaraparteile, kes toetasid avantüristlikku sõjaprogrammi. Konsistooriumis kandsid kübaraid siis vaid Anders Celsius, teoloogia professor Olof Celsius, poeesia professor Beronius ja professor Klingenstierna. Seega olid nad suures vähemuses, kuid kuna tegu oli väljapaistvateteadlastega, siis nende sõna maksis, eriti veel, kui nendega hiljem liitus Linné.

1737.a. valisid Smålandist pärit tudengid Celsiuse suure häälteenamusega oma maakondliku ühenduse inspektoriks. Sellised ühendused olid Uppsala ülikoolis juba 1600-ndate aastate algusest samast maakonnast pärit tudengeid ühendavad organisatsioonid. Juhtus aga naljakas lugu, sest ka Jämtland-Medelpadi ühendus valis Celsiuse omale inspektoriks. Sellest tekkis suur pahandus, mille konsistoorium lahendas määrusega, et keegi professor ei tohtinud olla rohkem kui ühe suure või kahe väikese ühenduse inspektoriks valitud, kusjuures otsuses loetleti üles, millised need väikesed ühendused on. Üksiti otsustati, et Jämtland-Medelpadi ühenduse inspektoriks saab loogika professor Ullén, kuigi ta esimestel valimistel Celsiusele kaotas. Sellega polnud asi lõppenud, sest Celsius esitas vastulause, et kuna Smålandi ühendus loeti nüüd suureks, tuleks korraldada uued valimised. Jagelemine käis edasi, kuni 1739.aastal Mütside partei kaotas valimistel ja uueks ülikooli kantsleriks sai krahv Gyllenborg krahv Bonde asemel. Ka see oluline vahetus ei suutnud tüli lõpetada, veel hullem, ka kuninga kiri ei mõjunud. Lõpuks, peaaegu viis aastat hiljem tüli algusest lahendas olukorra kantsleri kuri kiri, mis taastas Jämtland-Medelpadi ühenduse inspektorina Celsiuse (1738-1744).

Celsiuse mõjust ülikoolis kõneleb ka fakt, et teda valiti kaks korda rektor magnificusesks ja ta oli ka filosoofiateaduskonna promootoriks, nii et tema käe all said magistriks 118 tudengit, mis usuti olevat tolle aja rekord.

Celsius suri noorelt, vaid 42-aastaselt, „galopeerivasse tiisikusse“. On alust arvata, et Maupertuis ekspeditsiooni väga rasked tingimused ta tervise õõnestasid. Kui oli selge, et surm on lähedal, saatis Celsiuse lell, toomkiriku praost Olof oma õpilase Bælteri Celsiust surmaks ette valmistama. Nagu niisugustel puhkudel kombeks, rääkis Bælter igavesest elust taevas, mille peale Celsius ütles: „Härra magister, kas teie räägite nii? Mina olen nüüd sellises seisus, et ma saan näha, kas see jutt on õige või mitte.“ Celsius maeti Uppsala vanasse kirikusse oma vanaisa kõrvale.

Celsiuse järgi on nimetatud kraater Kuu lõunapoolkeral ja Rootsi teaduste akadeemia annab 1961.aastast välja väga prestiižset auhinda – Celsiuse nimelist kuldmedalit, mis

antakse saavutuste eest matemaatikas ja füüsikas.

## Tänuavaldused

Olen tänulik abi eest artikli kirjutamisel Tartu ülikooli emeritprofessor Mati Ereltile ja teadur Marju Lepajõe.

## Kasutatud kirjandus

1. Nordenmark, N.V.E., 1936, Anders Celsius, Lychnos, Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B, Uppsala.
2. Stempels, H.C. 2011, Anders Celsius' contributions to meridian arc measurements and the establishment of an astronomical observatory in Uppsala, *Baltic Astronomy*, 20, 179-205.
3. [http://www.uu.se/digitalAssets/75/75997\\_scholarships-scholarship handbook.pdf](http://www.uu.se/digitalAssets/75/75997_scholarships-scholarship handbook.pdf)
4. Viik, T., 2011, La vie mouvementée de P.L. Moreau de Maupertuis, *L'Astronomie*, 44, p. 32-37 (inglise keelest prantsuse keelde tõlkinud S. Héral).
5. Tobé, E., 1986, Fransysk visit i Tornedalen 1736-1737, Tornedalica, Luleå.
6. Outhier, R., 1982, Journal från en resa till Norden år 1736-1737, Tornedalica, Luleå.
7. Maupertuis, P.L.M..de, 1977, Jordens figur, Tornedalica nr.23, Kalix.
8. Wennström, H.-F., 2008, Gradmätningar, lk. 141-155. Ed. Thomas Lundén, "Kartan och verkligheten", YMER, årgång 128.
9. Wennström, H.-F., 2009, P.L.M. de Maupertuis, Orbis Arctoi, no 4.
10. Ideology and Power in the Viking and Middle Ages, Eds. G. Steinsland, J.V. Sigurdsson, J.E. Rekdal and I. Beuermann, Brill, Leiden & Boston, 2011.
11. Beckman, O. Anders Celsius, Acta Universitatis Upsaliensis, *Skrifter rörande Uppsala universitetet. C. Organisation och historia*, 42 pp. Uppsala. ISBN 91-554-5661-8
12. Beckman, O., <http://www.astro.uu.se/history/celsius.pdf>
13. Marsden, B., 1973, The next return of the comet of the Perseid meteors, *Astronomical Journal*, vol. 78, p. 654-662