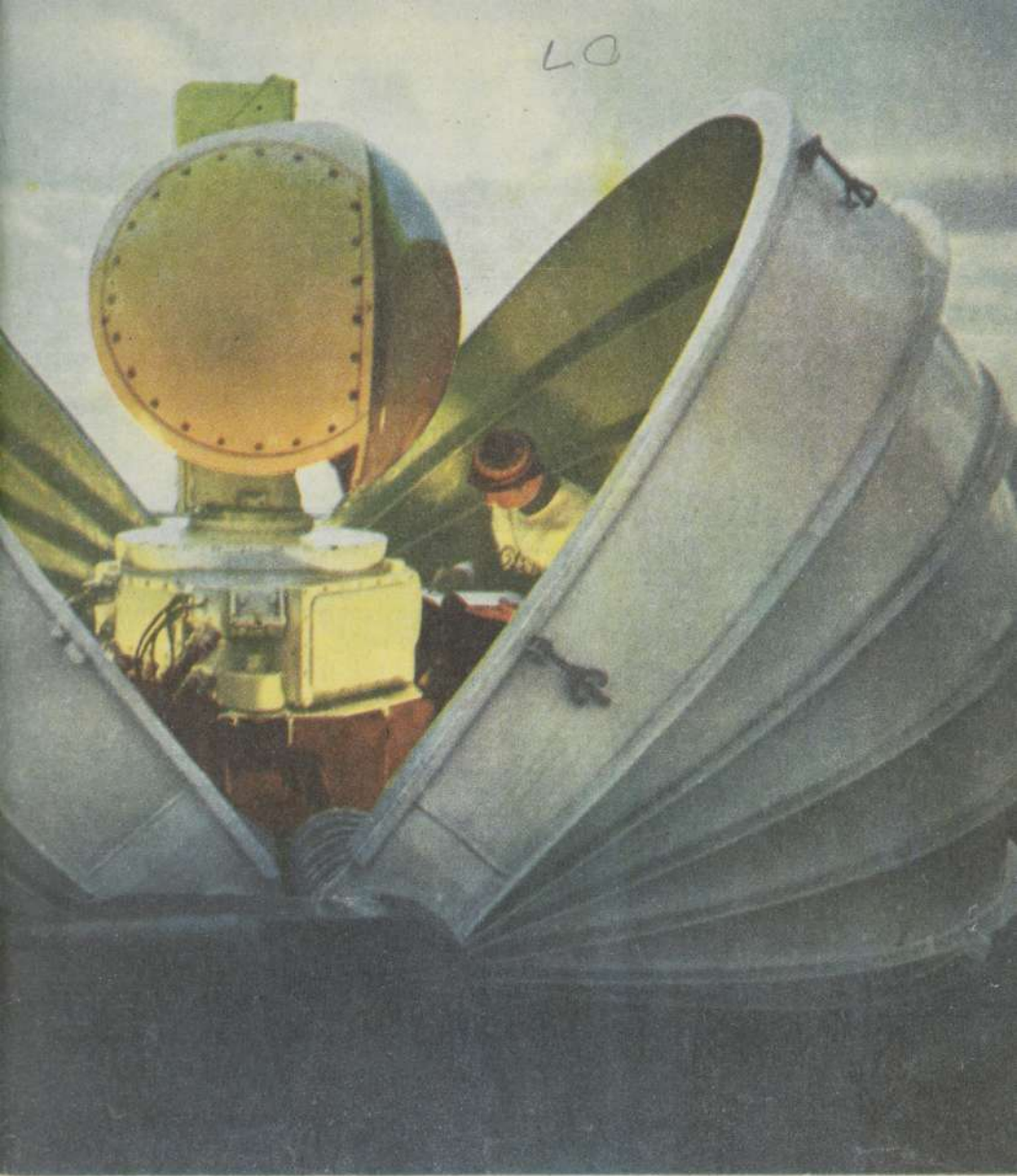
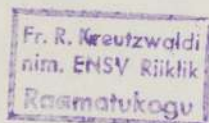




10 • 1970

Horisont



EESTI NSV ÜHINGU „TEADUS“ POPULAARTEADUSLIK
AJAKIRI ● ASUTATUD 1967. A. ● ILMUB ÜKS KORD
KUUS ● EKP KESKKOMITEE KIRJASTUS, TALLINN

Horisont

NR. 10 OKTOOBER 1970

Akadeemik Harald Keres	JUTUAJAMINE	2
Aeg. Ruum. Liikumine	VÄINO UNT	16
Keres. Kosmos. Kord	GUSTAV NAAN	22
Imede Oru saladus	PAUL KEES	27
Kantserogeensed ained ja vähktõve profülaktika	GEORG LOOGNA	29
Kuupeegel	ELMAR VESMAN	35
Teaduse ja tehnika keel	SERGEI ALTŠULER	40
Ühine eesmärk	REIN VESKIMÄE	45
Kaksikspiraal	JAMES D. WATSON	49
Taevaatlas (III)	PEEP KALV	70
„Kosmonaut Vladimir Komarov“		75
Esikaas. Siin määratakse laeva täpne asukoht.		





MA POLE ELUKUTSE VALIKU OSAS KUNAGI MINGEID KALKULATSIOONE TEINUD.

AVASTAMISRÕÕMU TUNDMISEKS EI PRUUGI ALATI ESMAAVASTUSI TEHA.

HARIDUSE PEAMINE VÄÄRTUS PEAKS OLEMA TREENITUD MÖTTE VÄLJAARENDAMINE.

NÄHTUSTE SÜGAVUSSE VIIB MEID TEOORIA, MILLES ON VÄHE EELDUSI, AGA VÄGA LAI RAKENDUSPIIRKOND.

IGAL INIMESEL PEAB OLEMA OMA EETILINE MIINIMUM, LÄVI, MILLEST MADALAMALE TA ÜHESKI OLUKORRAS EI LASKU.

TÖÖD TULEB NII TEHA, ET TEGIJA TUNNEB — SEE ON MINU TÖÖ, MINU VÄÄRILINE.

INIMENE, KES EI OLE ISIKSUS? MIS TA SIIS ON? EI OLE MIDAGI, ON SÜLT.

TOIMETUS PALUS AKADEEMIK HARALD KE-
RESELT NÕUKOGUDE EESTI PREEMIA MÄÄRA-
MISE PUHUL AUDIENTSI. MILLISEID SEIKU,
MÕTTEID JA ARVAMUSI AKADEEMIK KERES
KOHTUMISEL AVALDAS, SELLEST KOKKUVÕT-
LIKULT ALLPOOL.

I TEADUSSE ASTUMINE

MIS TEID
ÕIETI
TEADUSE-
IANULISEKS
TEGI!

Niipalju kui mäletan, lahendasin juba algkoolipõlves omal käel matemaatikaülesandeid. Igaüks neist oli teatud määral probleem. Selle üksipulki lahkamine ja vastuse korralik kirjanepik tähendas millegi teadasaamist.

Teadasaamine paelus ja pakkus naudingut.

Matemaatikas lõpmata väikeste ja lõpmata suurte suurusteni jõudmisel tekkis neile mõistetele loodusteaduslik juurdeminek. Neid suurusi sai võetud looduse objektidena.

Tungida lõpmata väikestesse või suurtesse piirkondadesse (olgugi et mõttes või paberil), vaadata, kuidas kõverjooned ja pinnad seal välja näevad — see oli nagu avastusretk loodusesse endasse. Samuti lõpmatusest juurimine, imaginaarsuurustega opereerimine. Minu jaoks täiesti uus ja ühtlasi kuidagi reaalne maailm...

Alles hiljem, kui ülikoolis õppisin, tehti selgeks, et tegemist on formaalsete konstruktsioonidega.

Arvan, et avastamisrõõmu tundmiseks ei pruugi alati esmaavastusi teha. Ka ammuilma tuntu pakub külluses avastamisrõõmu, kui selle juures ise uurimisvaeva näha ja töö ilusasti vormistada. See viimane on muuseas samuti väga oluline. Sellest õieti kujunevadki teadusliku stiili alged. Stiilselt tehtud uurimistööst tunneb igaüks esteetiliselt naudingut.

Võib-olla oleks mind ka keemia, füüsika ja teised eksaktteaduste alad kütkestanud. Aga need nõudsid raha ja vahendeid. Viimased puudusid. Matemaatika ei maksnud midagi. Sellega siis tuligi tegelda.

MIL MÄÄRAL KODU JA KOOL TEIE KALDUVUSI TOETASID!

Ena soovis, et poeg haritlaseks saaks, võimalikult palju koolis käiks. Muud midagi ei osatudki kodust kaasa anda, sest vanemate haridustase oli oma aja oludest tingituna madal. Eks see huvi oli peamine, mis innustas.

Ka algkool oli niisugune nagu tol ajal ikka. Keskkool on nagu rohkem meelde jäänud. Mulle meeldis matemaatikaõpetaja. Ta esitas ainet küllaltki rangelt ja põhjalikult ega lähtunud positsioonilt: lapsed niikuinii ei taipa, milleks neile sügavusi! Kes tahtis, võis matemaatikas endale tugeva põhja alla saada.

Kõige suurem viga koolis on see, kui õpetaja oma ainet sügavalt ei seleta, arvates, et õpilased temast aru ei saa. Need, kes võiksid aru saada, kaotavad sel puhul väga palju.

Pärnu koolis, kus mina omal ajal õppisin, seda viga ei tehtud. Ja see oli minu õnn.

KUIDAS TEIE HARIDUSTEE EDASI KULGES!

Olen mõnigi kord kuulnud ja lugenud, kuidas noored haridustee jätkamisel, ülikooli astumisel ja teaduskonna valikul kahtlevad ja kõhklevad ega suuda kuidagi otsust langetada.

Minul ei ole niisugust asja iialgi olnud. Ma pole elukutse valiku osas kunagi mingeid kalkulatšioone teinud. Iseenesest mõistetak, et läksin Tartu ülikooli ja matemaatika-loodusteaduskonda.

Raskused olid üksnes majanduslikku laadi. Minu käsitööstist vanemate rahakotile ei olnud suurkooli kulude kandmine jõukohane. Pärnu politseist väljaantud vaesustunnistuse alusel, kui õppeedukus korras oli, maksti mulle ülikoolist stipendiumi, 50 krooni semestris.

Peale selle asutasime üliõpilaste džässorkestri ning käisime üliõpilasorganisatsioonides ja mujalgi mängimas. Sealt laekus samuti elamisraha.

Mis loengutesse puutub, siis neid pidasid oma ala hästi tundvad õppejõud. Meie, tookordsete tudengite hulgas oli eriti hinnatud kadunud professor Jüri Nuut, sel ajal veel matemaatikadotsent. Ta oli õppejõud, kes oma ainet väga hästi ette kandis. Tudengil jäi ikka mulje, et ta dotsent Nuudi suust täit teadust kuulis. Teaduslikult täiesti range ja seejuures väga selge — just niisugust iseloomustust väärib tema loeng.

Teine lugupeetud professor oli Jaan Sarv. Välise olemuse poolest pisut erandlik, aga väga tõsiselt töösse suhtuv, ausameelne ja probleeme sügavalt haarav õppejõud. Tema loenguid oli raske jälgida. Tal polnud Jüri Nuudi lektoriandi. Sellest hoolimata olid tema loengud teaduslikult korrektsed, hästi koostatud (kui tudeng viitsis need ainult läbi uurida).

Soliidse professorina on meelde jäänud Herman Jaakson.

Nemad olid siis matemaatika alal lugupeetavamad õppejõud, kellega minul oli rohkem läbikäimist.

Muidugi, kõige suurem teadusemees oli Ernst Öpik. Tol ajal astronoom-observaator. Aga üliõpilasena ei olnud mul temaga kokkupuutumist. Astronoomiakursus meil üldse nii kaugele ei läinudki, et oleks temani jõudnud.

Professor Taavet Rootsmäe luges ainult üldastronoomiat. Ta oli haruldasetel humaansetel vaadetel, ei teinud liiga isegi kärbsese, üliõpilastest rääkimata. Äärmiselt tagasihoidlik ja viisakas inimene. Mul on nendest õppejõududest head mälestused. Nisugused mälestused peaksid kõigil üliõpilastel olema. Tuleks igati vältida rumalaid konflikte, millele hiljem on halb mõeldagi.

Pean tunnistama, et teaduslikuks tööks mul tudengipõlves mahti ei olnud. Ülikool tuli võimalikult kiiresti lõpetada, et rutem palga peale saada. Nii tegin 4-aastase kursuse 3 aastaga läbi.

Magistritöö oli minu esimene teaduslik uurimus. Aga see valmis juba Tähetornis. Asusin sinna tööle kohe pärast ülikooli lõpetamist. Selles on oma teened professor Jüri Nuudil. Tema miskipärast, soovitas mind Tähetorni assistendi kohale. Praegune akadeemik Aksel Kipper oli siis vanemassistent. Samuti kuulusid Tähetorni koosseisu Ernst Õpik, Taavet Rootsmäe ja Robert Livländer (geodeesia alal). Ainult viis meid siis üldse õligi. Töövõimalused aga seejuures väga head. Suur raamatukogu, vabadust ja aega külluses käes.

Aga ega noore inimese elu ainult töö tähe all veere. Eks noorena sai omajagu lõbustusi maitstud ja pärast ülikooli lõpetamist elatud rõõmsamaidki päevi.

II A ja O

VAHEL VÕIB
KUULDA
VÄIDET, ET
LOLLID
RÜGAGU
TÖÖD TEHA,
TARGAD
SAAVAD
MUIDU LÄBI.

Tühi jutt puha ja kahjulik pealeselle. Tööta ei saavuta keegi midagi. See on vana tõde. Kui mingi idee tekibki ootamatult, tuleb idee realiseerimiseks ikkagi tööd teha.

Alles tõsisel tööl ilmneb, milleks inimene võimeline on. Enne seda, kui võimeid pole tõsiselt proovitud, ei saa võimekuse kohta midagi kindlat öelda. Mehi, kellel ideed peas siia-sinna karglevad, on kõik kohad täis. Kuid ega neist igaühest seepärast veel teaduse edasiviijat saa. Üksnes töös selgub, mis kellestki saab.

Tööd ei tohi aga seejuures absoluutse tegurina näha. See on vana probleem: kas ainult tööga võib teaduses midagi saavutada? Mina arvan, et eil Nii nagu jõumeheks ei saa üksnes treeninguga, kui eeldused puuduvad (harjutatagu kuitahes paljut!), nii ei ole võimalik ka suureks teadusemehheks ja teaduse edasiviivaks saada, kui eeldused puuduvad.

Aga ka eeldustest üksi ei piisa. Nende realiseerimiseks, nagu juba ütlesin, läheb vaja tõsist treeningut.

KAS
INTELLEKTI
TREENIMISEL
SAAB
PIIRDUDA
AINULT
OMA ERI-
ALAL TÖÖ-
TAMISEGA!

Seda laadi treening on kahtlemata väga oluline. Mis jooksjale jooksutreening või tõstjale kangitreening, on teadlasele mõtte-treening. Viimane pole aga lihtsalt oma erialal töötamine. Mõte nõuab laiemas ulatuses treenimist. Muuseas, humanitaarteadustega tegelemine on reaalteadlasele samuti mõtletreening.

Hariduse peamine väärtus peakski olema treenitud mõtte väljaarendamine. Haritud inimene ei ole ju see, kellel entsüklopeedia peas on, nagu seda mõnikord arvatakse. Harilane tähendab õppimise abil mõtlemise kooli ja mõtlemise treeningu läbiteinud inimest.

Praegusel ajal võib tihti ajalehest lugeda, et meie kool on tänapäeva teadusest 50 aastat taga. Mulle näib, et niisuguse kurtmise puhul lähtutakse samast entsüklopeedia-mentaliteedist: miks ikka kõiki uudiseid õpilasele teada ei anfa.

Minu arvates ei ole kooli ülesandeks õpilasest entsüklopeedia uudistrüki vormimine, vaid eeskätt mõtleva inimese kasvatamine, mõtlemise protsessi süvendamine ja mõtlemise igakülgne treenimine. Mõtlemine võib õpetada aga ka pisut vanema materjali najal. Nüüdisaja teadusega võib hiljem lühikese ajaga tutvuda.

Muidugi on hea, kui mõttetreeninguks saab moodsat materjali hankida. Aga kui see mõnesugusel põhjusel otsemaid võimalik pole, kõlbab väga hästi käepärast olev.

Mõtlemiskooli läbiteinud mehe või naise võib ükskõik missugusesse ajastusse asetada, ta loob alati.

**TÄHENDAB
SEE, ET
NEWTON
OLEKS KA
TÄNA-
PÄEVAL
NEWTON!**

Aga muidugi. Üks prantslane kirjutas, et iga tänapäeva üliõpilane on targem kui näiteks Blaise Pascal 17. sajandil. Aga kas see üliõpilane ka niiviisi mõeldas suudab nagu Pascal — see on juba teine küsimus. Kui ta selleks tööpoolest suuteline on, teeks ta tänapäeva tingimustes samuti avastusi, mis oleksid nüüdisajale sama väärtuslikud kui Pascali avastused 17. sajandile.

**TEIE LÕITE
OMA MÖT-
LEMISKOOLI
ISESEISVA
TREENINGU
TULEMU-
SENA!**

Olude sunnil oli see tõesti nii.

**ISESEISVALT
ON MÖTET
KÕIGE
RASKEM
KOOLITADA!**

Tööpoolest, seda pole kerge teha. Tuleb ennast tõhusalt piirata. Enesepiiramist nõuab lõpuks igasugune töö. Ega see polegi mingi vabadus, kui võib kõike teha, mis pähe tuleb. Enesepiiramine ja enesedistsipliin on ikka A ja O, kui inimene tahab kuskile jõuda. Ükskõik mis alal.

Kui aga ringi vaadata, võib märgata, et mõneski kohas esineb minnalaskmise meeleolusid. Kaarel Ird ütles ühes «Edasi» kirjutises väga ilusasti, et sel puhul valitsevad rentniku meeleolu ja moonaka mentaliteet.

Rentniku meeleolu — võimalikult kiiresti ja võimalikult kergesti hästi palju kätte saada. Tulgu pärast kas või veeuputus.

Moonaka mentaliteet — mõisa köis, las lohiseb.

Millest on selline nähtus tingitud, ei oska ütelda. See on väga keerukas sotsiaalne probleem. Aga et ta olemas on, selle vastu ei saa keegi vaielda.

Seesuguse mentaliteedi mõju võib teinekord isegi ülikoolis märkata. Kui TRÜ dekaan Anatoli Mitt pensionile läks, ütles ta, et ei mõista enam mõningaid noori. Nad tulevad ülikooli paberit saama, tundmata õppimise vastu sügavamalt huvi.

Kuid see nähtus ei ole sugugi üldine. Meie ülikoolis leidub küllalt noori, kes tõsiselt teaduse poole pürgivad, saavad väga hästi aru, mis on teadus ja kuidas sinna minna ning teevad tõsist tööd. Seepärast ei maksa kergetäeliselt üldistusi teha.

Ainult et logardid, edvistajad ja tühikargajad kipuvad mõnikord kangesti silma paistma... Pärast suuri murranguid tekib ikka teatav tõusiklus. Kultuuriline sügavus ei kujune nii kiiresti. Küllap see kõik on kasvuraskus.

Meil on väga palju, väga häid ja väärtuslikke inimesi, kes teadust ja kultuuri tõsiselt edasi viivad. Just nemad peaksid rohkem tooni andma.

III RELATIIVSUSTEORIA

**PROFESSOR
KERES,
ÕELGE,
PALUN, MIS
TEID AJEN-
DAS RELA-
TIIVSUS-
TEORIAS
UURIMA?**

Esimene impulss tuli vist professor Jüri Nuudilt. Ta oli niisugune oma eeskujuga noori tööle ergutav, väga soliidne ja ilusa esinemisega teadlane. Siis sattus Tähetornis minu kätte Hermann Weyli raamat relatiivsusteooriast. See oli väga hästi kirjutatud, lugesin seda kui ilukirjanduslikku teost.

Noorele teadusemehele on ülimalt tähtis, kui ta saab mõnda teaduslikku raamatut lugeda, mis on stiilselt ja esteetiliselt kirja pandud. Selline teos paelub eriti ja ahvatleb kangesti kaasa töötama. Weyli raamat nõnda mõjuski. Täna veel mees.

Nii ma sellesse teooriasse süvenesin. Ja mida rohkem uurisin, seda enam hakkas meeldima. See provotseeriski aina edasi uurima.

Proovisin ka ise mõnda väikest ülesannet lahendada. Tuli välja! Pärast märkas, et teised olid enne mind sellega hakkama saanud. Aga mis tollest. Avastamisrõõm ju oli. Samuti andis iseseisev lahendamise vaksavõrra tarkust juurde.

Nüüd olen üle 30 aasta peamiselt ainult relatiivsusteooria valdkonnas töötanud.

**NIIPEA KUI
EINSTEIN OLI
RELATIIVSUS-
TEORIA
LOONUD,
TUNNISTASID
PALJUD
INIMESED
SELLE ÜLE
MÕISTUSE
KÄIVAKS
VAIMUSÜN-
NITUSEKS.**

Et relatiivsusteooria sisusse tungimine valmistab tõsiseid raskusi mitte ainult vähikule, vaid ka eriteadlasele, seda võib tänapäevalgi märgata. Iga uurija on sellest omamoodi aru saanud ja seda ka omamoodi tõlgendanud. Pole siis midagi imestada, et noor teadusemees raskusi kohtab, kui isegi vanad spetsialistid ei saa omavahel ühist keelt kätte.

Seda teooriat ei ole tänapäevani veel suudetud lõplikult lahti mõtestada. Sellepärast tuleb pioneeritööd relatiivsusteooria põllul veel päris palju teha. Kui teooria oleks lõplikult lahti mõtestatud ja selgeks tehtud, poleks praegust olukorda, mil nimekad teadlased asuvad diametraalsetel seisukohtadel, üksteist mõistmata.

Jah, imelik küll, teooria on ligi 60 aastat vana, aga uurida on seal veel küll ja küll.

**TEIE OLETE
SELLESSE
UURIMIS-
TÖÖSSE
ANDNUD
OMA ELUST
30 AASTAT.
KA SEE
PEAKS PROB-
LEEMIDE
TÖSIDUSEST
TUNNISTUST
ANDMA!**

Paljud uurijad lähevad kergema vastupanu feed. Nad näevad suuui raskusi (hindaja võimete seisukohast vaadates) ning hakkavad teooriat täiendama ja parandama. Aeg olevat edasi läinud, vaja teooriat kaasaegsemaks muuta!

Tähendab, kui ei saa ülesandega hakkama, siis modifitseeri. Nii-sugune mees oleks kui maletaja, kes mati olukorrast pääsemiseks võtab abiks malereeglites tundmata käigud. Matist ta pääseks, aga male lakkaks olemast male. Nii need parandatud ja modifitseeritud teooriad sünnivadki.

Enne kui teooriat parandama hakata, tuleb välja selgitada juba olemasoleva teooria olemus ja mõte, võimalused ja rakendatavuse piirkond üldse. Enne ei maksa edasi minna, sellel poleks siis mingit kindlat vundamenti all.

Seepärast olengi oma töödes ikka veel Einsteini originaalide juures ja katsun kõigepealt nendest jagu saada. Ennatliku modifitseerimisega võib hõlpsasti kergema vastupanu teele sattuda.

Uus teooria tekib ikkagi alles siis, kui vana on ammendatud. Muidugi, mõnikord leidub valedel ettekujutustel läbilõõnud pseudoteooriaid, millel pole loodusteadusega midagi ühist. Need teooriad aga, mis loodust tõeliselt kirjeldavad, ükskõik kui jämedalt, jäävad püsima. Nad elavad edasi uute täpsemate teooriate raamides ja nende olemus ning rakendatavuse piirid on täpselt teada.

Arvan nii, et ega antiikajal inimene kui mõtleja halvemini ei mõelnud kui tänapäeval. Tunda mõttesügavusi, jälgida, kuidas inimese mõte on liikunud ning asju näinud, süstematiseerinud ja kirja pannud — seda tasub antiikaja õpetlastelt uurida ja õppida.

Minevikule ülalt alla vaatamine on rumaluse tundemärk. Ka vanasti mõtlesid inimesed sügavalt, kuigi faktiline materjal, eesmärgid ja arusaamad olid teised (see on iseasi).

Nii on ka vanade teooriatega. Sealtki võib ideid saada. Kui mõnda praegust ultramoodsat ideed vaadata, võib teinegi kord, kui huvitav see ka on, mõnda mõõdaniku mõtlejat ja teooriat ära tunda.

On põhjust arvata, et isegi kiviaja inimene ei jäänud oma mõtlemisvõime poolest nüüdisaegsest inimesest eriti palju maha. Tule avastamine ja ratta leiutamine olid oma aja tingimustes kohutavalt suured saavutused.

**MILLISTES
SUUNDADES
PRAEGU
ÜLDSE
OTSINGUD
KÄIVAD
RELATIIVSUS-
TEORIA
VALD-
KONNAS!**

Teooria on mitmes suunas arenenud. Domineerib matemaatiline suund. Kuid paljud arvutused on formaalset laadi. Kõiki arvutus-tulemusi pole võimalik eksperimendiga seostada, sest arvutatud efektid on kaduvvähikesed ja asuvad väljaspool eksperimendi ulatust.

Siis kosmoloogiline aspekt. Üldrelatiivsusteooria tulemusi püütakse rakendada (võib-olla ka päris edukalt, seda näitab tulevik) niisuguste nähtuste juures, nagu näiteks fantastilised kosmilised plahvatused ja energia muundumised.

On olemas ka füüsikaline suund, kus katsutakse relatiivsusteooriat seostada sellega, mis meil kindlalt teada on, s. t. Newtoni teooriaga.

Newtoni teooria on Einsteini teooriale esimene lähend. Side-
meid Newtoni ja Einsteini teooria vahel pole aga tänapäevani kül-
lalt klaaritud. Mille poolest mõlemad teooriad teineteisega sarna-
nevad, see pole veel piisavalt välja toodud.

See ongi uurimissuund, kus mina töotan.

MIKS TE NII- SUGUSE SUUNA VALISITE!

See suund nõuab esiteks Newtoni teooria käsitlemist üldisemal
kujul, kui see traditsiooniks on saanud.

Einsteini teooria meetodite rakendamine Newtoni teoorias on
vaid probleemi üks pool. Newtoni teooria tuleb tõlkida Einsteini
teooria keelde.

Teine pool — esitada Einsteini teooria omakorda jälle võrrelda-
valt Newtoni teooriaga.

Kui me need kaks ülesannet täidame, tekivad huvitavad paral-
leelid. Selgub, kuidas Einsteini teooria on Newtoni teooria üldis-
tus, kuidas Einsteini teooria mõistetele ja kujunditele Newtoni
teoorias vasteid leida ja seega need lahti mõtestada.

Minu arvates on see üks perspektiivikas tee Einsteini teooria
mõistmiseks ja lahtimõtestamiseks. Sellega tegelengi.

Relatiivsusteooria arengus on see füüsikaline haru kõige tagasi-
hoidlikum.

Teinekord võivad peateest eemal asuvad rajad isegi perspektii-
vikad olla. Ka peavool ei lähe ju alati kõige otsemat teed, vaid
eksleb siia-sinna, nagu teaduses ikka.

Kus päris läbipääs on, ega seda tea keegi täpselt juhatada.
Mõnigi kord peitub läbipääs just kõrvalises paigas. Meie siin
Tartus otsimegi läbipääsu ühest niisugusest suurest voolust natuke
kõrvalisemas nurgas.

OLETAME, ET LÄBI- PÄÄS ÕNNESTUB. MILLISEID PERSPEK- TIIVE SEE AVAB!

Kõigepealt võiksime siis Einsteini teooriat täielikumalt mõista.
Võiksime selle võrrandeid lugeda ega pruugiks enam interpre-
teerimisra.kustega maadelda. Praegu aga võib juhtuda, et võrrand
on küll olemas, aga selle tähendust ei tea keegi. Võib ainult kaud-
selt mõistatada.

Näiteks põhiline küsimus: mis on gravitatsioonivälja energia.
Samuti alles lahtine.

Kõiki seda laadi asju saaks siis lahendada ja mõista.

Oleks ka selge, kuidas võrrandeid üldse rakendada saab, et need
midagi ütleksid (ega oleks puhtformaalsed arvutused).

Valmistab suurt esteetilist naudingut, kui saad teooria loogili-
selt laitmatult üles ehitada, nii et põhiprintsiipide arv oleks mini-
maalne, aga haaratavate nähtuste hulk maksimaalne. Nii avaneb
looduse arhitektuur kogu oma ilus.

Siis on ka näha, kas ja kus on vaja minna edasi.

Praegu paistab, et gravitatsiooniteooria alal ei ole muudatusteks
veel tarvidust. Eksperiment on alles järe, Einsteini teooria pee-
nemaid efekte pole veel kätte saadud. Ja kuni seda pole, ei ole
ka mõtet edasi minna.

Lihtsaid gravitatsiooniteooriaid aga, mis mõningaid jämedamaid efekte ära seletavad, liigub külluses ja neid meisterdatakse järjest juurde. Kuid neil kõigil on üks viga, mida juba Einstein ette heitis. Neil ei ole seda loogilist terviklikkust ja struktuuri, nagu Einstein teoorial. Mingit nähtust võib ju lihtsa interpolatsioonivalemiga ära seletada, aga see ei ole veel teooria, mis kedagi rahuldab. See ei vii meid nähtuste sügavusse.

Nähtuste sügavusse viib teooria, kus on vähe eeldusi, aga väga lai rakenduspiirkond. Nähtuste vastastikust põimumist ja sügavat olemust märkame alles seal, kus teooria rajaneb arvult vähestel põhiprintsiipidel, mis aga paljusid nähtusi haaravad. Einstein teooria ongi selline — printsiibid minimaalsed, aga see-eest laialt haaravad.

Niisugune teooria on muidugi keerukas. Aga raskuste kõrvaldamine teooria pinnapealsemaks muutmisega ei ole mingi tee teaduses.

IV INIMENE PEAB INIMENE OLEMA

KAS TE VÕITE ÕEL- DA, MILLE PÕHJAL TE INIMEST HINDATE!

Vastus on lihtne. Inimene peab inimene olema. Õeldu tähenduse võib igaüks ise lahti mõtestada. Selles on koogu küsimuse tuum.

Indiviid võib ka nii elada, et ta inimese väärtiline ei ole. Temast ei saa siis ka mõtlejat ega miskit. Aga inimese spetsiifika seisneb tema mõtlemisvõimes. Kui inimene on inimene, realiseerib ta seda spetsiifikat esmajoones ega lasku igasuguse nivoo. Ka siis, kui ta üksi on. Nägin kord karikatuuri, millel kujutati sea peaga meest ühes väikeses ruumis, kus inimene üksi käib, ja allkiri oli järgmine: «Hier bin ich Schwein, hier darf ich es sein». Vaat' kui indiviid veel sellel tasemel on, pole talt inimest.

Igal inimesel peab olema oma eetilise miinimum, lävi, millest madalamale ta üheski olukorras ei lasku. Kellel seda ei ole, selles ei ole veel seismist inimest, kui ülespuhvitud ta väliselt ka oleks. Niisuguste indiviidide olemasolust annavad muuseas märku ümberlõkatud prügikastid, purukspektud pudelid, rüüstatud puud jne. Avalikkuse ees on neil ühed käitumisreeqlid, üksi olles aga teised.

Teine nõue. Tuleb vaimseid väärtusi tundma õppida.

Inimene peab tundma inimeseväärikust (mille poolest ta loomast kõrgem on). Kui jõutakse sinnamaani, on juba suur samm astatud. Siin oleneb palju perekonnast. Kuidas vanemad ees, nii laps järele... Pedagoogika põhiülesanded lahendatakse perekonnas. Koolil ja üldsusel on juba raske perekonna praaki ümber kasvatada.

Üks väga oluline kriteerium inimese hindamisel on tööarmastus. Iga inimene peab tööd armastama, olgu ta noor või vana. Kui esineb aga niisugune nähtus, et inimene enam tööd ei taha teha ja otsib ainult mugavat elu (töö on talle ainult elatusvahendite hankimiseks), siis on kuskil midagi juba viltu.

Selles suhtes on noorte töölesuunamised ja töömalevad väga progressiivsed üritused. Seejuures ei ole aga sugugi ükskõik, kas noor õpib tööd tegema või tööd vusserdama.

Töökasvatuse eesmärgiks ei tohiks olla kvantiteet ja rubla, vaid kvaliteet ja suhtumine. Kui ehitusmalevaid näiteks üksnes selle-

pärast välja saata, et aidata plaani täita ja abitöid teha, siis nad küll tööarmastuse kasvatamise eesmäärke ei realiseeri.

Tööd tuleb teha nii, et tegija tunneb — see on minu töö, minu vääriline. Et kui keegi küsib, kes selle töö tegi, siis ei pea tegija häbi tundma.

KUI TEIL OLEKS VÕIMALUS OMA KAAS- TÖÖTAJAJD UUESTI VALIDA, MIDA TE TEEKSITE!

Mina endale paremaid noori kaastöötajateks ei soovi kui need, kes praegu selles sektoris töötavad, mida ma juhatan Füüsika ja Astronoomia Instituudis. Neist igaüks on omast kohast tubli. Kui nende hulgas viibid, muutud ka ise nooreks.

Sektori koosolekul saan alati hea meeolu, tunnen end värskena ja rõõmsana. Soovin, et kõigil kolleegidel oleksid niisugused noored kaastöötajad kui mul.

Meie sektoris on kolm iseseisvat töörühma: tahke keha, elementaarosakeste ja gravitatsiooni rühm. Gravitatsiooni rühma valin ise töötajaid. Teistesse valivad vastavate rühmade juhatajad. Tahke keha rühma juhatab akadeemik Karl Rebane, elementaarosakeste rühma Harry Oiglane. Nead valivad oma kriteeriumide alusel. Aga too valik on siamaani niisugune, et ka minul ei ole selle kohta midagi öelda olnud.

Kui kollektiivis on kord juba kujunenud teatav õhkkond, kohaneb sellega uustulnuk üsna kiiresti. Kes ei kohane, läheb minema. Niisuguseid juhtumeid on ka olnud. Alles jääb kena kollektiiv.

IGAS KOL- LEKTIIVIS KEHTIVAD OMAD KRI- TEERIJUMID. MILLISED NEED TEIL ON!

Meie kollektiivi iseloomustab kõrge töökultuur ja kvalifikatsioon, peale selle väga elavad vaimsed huvid üldse.

Sektori koosolekul arutleme teinekord otsestest teaduslikest probleemidest üsna kaugelseisvaid küsimusi — küll poliitika, kunsti, kirjanduse jm. aladelt. See arendab kollektiivi iga liiget.

Üldse on teadlasele väga tähtis tegelda ka vaimse elu muudes sfäärides. Selles on suur vahe, kas oled ainult kõrvaltvaataja või proovid ise midagi ära teha (näiteks kunstis või kirjanduses). Viimasel juhul elate ikkagi alasse teistmoodi sisse ja oskate ka teiste tööd rohkem hinnata.

Õhekülgus ei ole kunagi hea. Tekivad arusaamatused teistel aladel töötajatega, teistimõtlejatega jne. Need viivad alati pahanusteni.

KAS TE PEATE VAJA- LIKUKS, ET TEADLANE ISIKSUS OLEKS.

Inimene, kes ei ole isiksus? Mis ta siis on? Ei ole midagi, on sült. Iga inimene peab olema isiksus.

Muidugi peab teadlane olema isiksus ja nimelt niisugune, kelle järgi igaüks tahaks joonduda. Teadus on üks osa kõrgemast vaimsest tegevusest ja kui sinna satub inimene, kes teistel aladel ja eluviisidelt ei ole inimese vääriline, ta lihtsalt diskrediteerib oma elukutset.

Isiksus pole seejuures mingi statistiline keskmine. Tal on oma nägu ja erilised jooned. Aga mitte ükskõik missugused jooned, vaid sellised, millel on oma inimlik väärtus. Ühele inimesele võivad need jooned meeldida, teisele mitte — see on iseasi.

Isiksusel peab olema oma vaimne pale, oma arusaamine ühest või teisest vaimuelu nähtusest ja omad seisukohad nende suhtes. Kui ta näiteks mõne kunstiteose ees seisab, ei kuula ta ainult teiste ütlemissi (ega korda igal pool ainult teistelt kuuldu). Tal on ikkagi oma veendumus selle teose suhtes ja seda väljendab ta ise.

Niisugused jooned kuuluvad minu arvates isiksuse juurde. Aga need ei teki iseenesest. Mahatma Gandhi ütleb ühes oma raamatust, et ei ole mitte igal mehel südametunnistust, kellel see ühtelugu keelel seisab. Südametunnistus hakkab alles siis rääkima, kui on vastav eeltreening enesekasvatamise näol olemas.

Nii võib öelda ka isiksuse vaimsete omaduste kohta. Isiksus vajab eeltreeningut. Siia kuulubki üldine kultuuriline kasvatus — mõtte-treening, maitsetreening jm. See tähendabki isiksuse kasvatamist.

Väga harva juhtub aga seda, et inimene suudab ennast ise üles töötada. Tal peavad olema ikka omad eeskujud.

Jutt ja seletamine — ega see palju ei aita. Sõna kuritarvitamist on viimasel ajal ühel ja teisel korral esinenud. Ja see on ilmselt teinud inimese sõna vastu võrdlemisi tuimaks. Aga isiklik eeskuju — see jääb.

Alguses võib tekkida ühe isiksuse ümber väike ringkond. Siis selle ringkonna ümber jälle oma ringkond jne. Niiviisi arenevadki väikesed kultuurikolled ja nende baasil ühiskondlik kultuur.

MILLISED ON TEIE LÄHEMAD KAVAD!

Tuleb viia lõpule uurimistöö, mis mul praegu pooleli on ja mille eest mulle Nõukogude Eesti preemia anti. Nimelt Einsteini teooria lahtimõtestamine Newtoni teooria baasil. Kui sellega valmis saan, olen täiesti rahul.

VESTLES JUHAN KIVI

Aeg. Ruum.

Liikumine.

VÄINO UNT, FÜSIKA-MATEMAATIKAKANDIDAAT

NATURE AND NATURE'S LAWS LAY
HID BY NIGHT: GOD SAID, LET NEW-
TON BE! AND ALL WAS LIGHT.¹

A. POPE

IT DID NOT LAST: THE DEVIL HOW-
LING HO, LET EINSTEIN BE, RESTORED
THE STATUS QUO.²

J. SAPIRO

Alljärgnevas püüame jõuda nende mõtete maailma, mis seostuvad akadeemik Harald Kerese tööpõlluga. Seejärel tutvume ideedega, millel rajanevad Kerese enda äsja Nõukogude Eesti pree-mia vääriliseks tunnistatud teaduslikud tööd. Neis on juttu ruumi- ja ajatausta valikust füüsikaliste nähtuste kirjeldamisel üldrelatiivsusteoorias.

Esimesel pilgul tunduvad aja, ruumi, koha ja liikumise mõisted meile kõigile igapäevasest kogemusest hästi tuttavana. Mingit erilist uurimist ei näi siin nagu vaja minevat.

Aga ometi ei ole need asjad sugugi nii lihtsad. 20. sajandi füüsika on aja ja ruumi mõisteid niivõrd muutnud, et need on omandanud hoopis teise näo kui meie igapäevases kogemuses. Seda seetõttu, et tavalise inimese igapäevase ko-

gemuse maailm moodustab ainult väikese osa maailmast, mida praegu füüsika kirjeldab.

Üldrelatiivsusteoorias seostuvad aja ja ruumi omadused lahutamatu füüsikaliste protsessidega. Nende protsesside mõistmiseks peame oskama neist eraldada aeg-ruumilist tausta.

Nimetatud ülesande lahendamisel üleskerkivad probleeme üritamegi selgitada, toetudes aja ja ruumi mõistete arengu põgusale ajaloolisele ülevaatele. Ent kuidas võib üldse areneda mõiste?

KOHA MÕISTEST

Esimesel pilgul tundub koha mõiste lihtsana. Kodu ümbruses võime vaevata minna mistahes kohta: tööle, koju, kooli jne. Kõik need kohad on määratud oma asendiga teiste tuttavate kohtade suhtes. Täbaram on lugu eksimisel metsa. Või võtame ulgumerel viibiva laeva. Ükski koht ei erine seal teisest, igast küljest ümbritseb laeva ühetaoline vee-pind. Kuid ka merel saab iga laeva asukohta igal ajahetkel fikseerida pikkus- ja laiuskraadiga.

¹ Olid loodus ja looduseadused pimedas öös rüpes peidus. Jumal ütles: «Saagu Newton!», ja valgus kõige jaoks leidis.

² Aga see pole viimane kord, kui saatamisosistab: «Sool! Saagu nüüd Einstein ja taas-tagu status quo!»





KOLLEEGID... GUSTAV NAAN, HARALD KERES.

SIIA TEEMEGI UUE TÄHETORNI... TÖRAVERE KÖRGENDIKUL
20 AASTAT TAGASI. KESKEL AKADEEMIK HARALD KERES.



Astume nüüd mõtteliste konstruktsioonide valdkonda. Oletame, et maailmaruumis eksisteerib üksainus taevakeha – veekera koos sellel ujuvate laevadega. Algul võib mõne laeva meeskond otsida maad, mille abil oma asukohta määrata. Aga mida teha, kui ühtki mandrit ei ole õnnestunud leida?... Ilmselt kaotab absoluutse asukoha mõiste oma mõtte. Laeva meeskond võib rääkida vaid oma asukohast teise laeva suhtes. Absoluutse asukoha kindlaksmääramine veekeral pole seotud enam tehniliste raskustega, vaid on põhimõtteliselt võimatu. Koha mõiste on muutunud suhteliseks, relatiivseks.

Tõsi küll, algul võib iga veesõiduki meeskond end pidada maailma keskpunktiks. Kui aga mõnel laeval on arukaid mehi, kes mõistavad, et teised laevad ei erine põhimõtteliselt nende omast, siis varem või hiljem maailma keskpunkti ideest loobutakse.

Nüüd lähemale teadusele. Asendame oma arutluskäikudes veekera maailmaruumiga ja laevad taevakehadega. Samuti nagu asukohal veekeral, pole ka kohal maailmaruumis absoluutset tähen-dust. Veelgi enam: tänapäeva teaduse valguses on ka kiirus ja kiirendus suhtelised mõisted. Kuid kiiruse ja kiirenduse mõistete kujunemine suhtelisteks pole niisama lihtne kui koha mõiste suhteliseks muutmise. Selle protsessiga kaasnevad aja ja ruumi mõistete muutumine.

GALILEI RELATIIVSUSPRINTSIIP JA NEWTONI ABSOLUUTNE RUUM

Kiiruse relatiivsuse avastas Galilei, kes kirjeldas nähtusi liikuva laeva kajutis ja väitis, et laeva ühtlane liikumine ei avalda neile nähtustele mingit mõju. Kajuti aknast välja vaatamata pole võimalik öelda, millises suunas me liigume.

Üks Galilei näidetest. Laeva nina poole on sama kerge hüpata kui ahtri suunas, kuigi selle aja jooksul, mil hüppaja on õhus, liigub laev edasi (ühel juhul hüppe suunas, teisel juhul sellele vastupidiselt). Analoogilisi näiteid on Galileil rohkesti. Kirjelduse värvikuse poolest meenutab Galilei töö pigem ilukirjanduslikku teost kui teaduslikku

tööd: laeva kajutis lendavad liblikad, akvaariumides ujuvad kalad.

Käsitluse abstraktsemal tasemel võib looduspähtlusi kahes eri kajutis lugeda samaväärseteks ainult siis, kui neid kirjeldavad samad seadused. Mehaanika seadused on rangelt formuleeritud Newtoni töödes. Newtoni seadused on ühesugused kõikides inertsiaalsüsteemides – üksteise suhtes ühtlaselt ja sirgjooneliselt liikuvates taustsüsteemides. Siit näib tulenevat loogiline järeldus selle kohta, et kiirus on suhteline mõiste: ühes inertsiaalsüsteemis on mingi keha kiirusel üks väärtus, teises teine väärtus, inertsiaalsüsteemid ise on aga kõik samaväärsed. Newton ei tunnista siiski kiirust relatiivseks. Ta väidab, et üks inertsiaalsüsteemidest, mis küll ei erine teistest, on absoluutse tähendusega; ta määrab absoluutse, tõelise ruumi.

Kõik oma kuulsad arvutused tegi Newton suhtelises ruumis. Teisiti polnud see mõeldavgi, sest igasugused vahendid absoluutse ruumi kindlaksmääramiseks puudusid.

Milleks oli Newtonil üldse vaja absoluutset ruumi? Nii mõnigi uurija nägi absoluutse ruumi mõiste sissetoomises Newtoni loogilist ebajärjekindlust. Einstein ei aga väimustatud Newtoni geniaalsusest: absoluutse ruumi mõiste võimaldas Newtonil selgesti eraldada tema poolt lahendatud ja lahendamata küsimused, jättes viimased järeltulevatele põlvetele. Asi on järgnevas. Kui minna inertsiaalsüsteemi suhtes kiirendusega liikuvasse süsteemi, tekivad inertsjõud. Me tunneme neid auto järsul pidurdamisel või pöördel. Või paneme ämbri koos veega pöörlema. Inertsjõudude mõjul veepind kõverdub. Tekib järgmine küsimus: kui gravitatsioonijõu allikaks on massid, mis on siis inertsjõu allikaks? Newton vastab, et absoluutne ruum. Absoluutse ruumi suhtes kiirendusega liikumisel tekivad inertsjõud. Kuidas kõik täpselt toimub, seda Newton lähemalt ei analüüsi. Kuid põhimõttelisi raskusi tekitav probleem oli nüüd vähemalt küllalt selgesti eraldatud ülejäänud probleemidest ja Newton võis rahulikult tegelda arvutustega oma suhtelises ruumis. Absoluutse ruumi ja inertsjõudude

probleemi lahendas (vähemalt osaliselt) hiljem Einstein. Kuid enne seda tekkis korraks tõsine lootus absoluutse ruumi katseliseks avastamiseks.

ERIRELATIIVSUSTEORIA

Möödunud sajandil leiti elektromagnetilise välja võrrandid. Nendes esineb valguse kiirus. Kuid valguse kiirus peab ju eri inertsiaalsüsteemides olema erisugune. Seega on ka välja võrrandid eri inertsiaalsüsteemides erisugused ja elektromagnetiliste nähtuste abil on võimalik inertsiaalsüsteeme üksteisest eristada. Nii võib üles leida ka Newtoni absoluutse ruumi. Sellised olid teoreetilised kaalutlused, mis põhinesid Newtoni oletusel, et ajavahemikud ja ruumilised kaugused jäävad kõigis suhtelistes ruumides samasugusteks kui absoluutse ruumis. Seejärel korraldati väga täpsed katsed kiiruse muutumise määramiseks. Kuna Maa tiirleb ümber Päikese, siis pole võimalik, et ta kogu aeg oleks absoluutse ruumi suhtes liikumatu.

Vastupidiselt ootustele olid katsete tulemused negatiivsed: valguse kiiruse muutust avastada ei õnnestunud. Millega seda seletada? Oma tõlgenduse neile katsetele andis Einstein. Ta oletas, et mingit absoluutset ruumi pole olemas, elektromagnetilised nähtused kulgevad samuti kui mehaanilised nähtusedki kõikides inertsiaalsüsteemides ühtmoodi (erirelatiivsusprintsip), valguse kiiruse numbriline väärtus on kõikides inertsiaalsüsteemides sama. Nendest eeldustest järgnes, et ruumilised kaugused ja ajavahemikud samade sündmuste vahel on eri inertsiaalsüsteemides erisugused. Sellest aga omakorda järeldus, et üleminekul ühest inertsiaalsüsteemist teise Newtoni mehaanika seadused ei säilita enam oma kuju. Tuli modifitseerida Newtoni seadusi.

Nii sündis erirelatiivsussteoria, mille ennustatud uued nähtused on leidnud laialdast katselist kinnitust, näiteks tuumaenergia kasutamise võimalus. Teoreetiline järeldus selle kohta, et aeg kulgeb eri inertsiaalsüsteemides erisuguselt, on leidnud otsese eksperimentaalse kinnituse. Leidub kindla elueaga osakesi, s. o. teatud aja möödudes pärast tekkimist need lagunevad.

Otsesed mõõtmised on näidanud, et mida kiiremini need osakesed meie suhtes liiguvad, seda pikem on meie kella järgi nende eluiga. Osakesega kaasaliikuv kell annab tema elueaks aga alati sama aja. Veel üks erirelatiivsussteoria väide, mida vajame edaspidi: ükski keha ega signaal ei saa liikuda valguse kiirusest suurema kiirusega.

EKVIVALENTSUSE PRINTSIIP JA ÜLD-RELATIIVSUSPRINTSIIP

Pärast erirelatiivsussteoria loomist 1905. a. ei jäänud Einstein oma maailmapildiga rahule. Kui absoluutset ruumi pole olemas, mida kujutavad endast siis inertsjõud? Miks me võime kasutada ainult inertsiaalsüsteeme, mitte aga nende suhtes kiirendusega liikuvaid süsteeme? 1908. a. tuli Einsteinil õnnelik mõte: väga väikeses piirkonnas pole inerts- ja gravitatsioonijõudude vahel põhimõttelist erinevust. Juba Galilei päevist teatakse, et õhutakistuse puudumisel langevad kõik vabad kehad gravitatsiooniväljas ühtmoodi. Täpselt samuti liiguvad kehad inertsjõudude toimele. See võtab meilt võimaluse laboratooriumisest vaatluste põhjal eristada inertsjõudusid gravitatsioonijõududest. Asume mõttes Galilei laevast kosmose-laeva. Olgu üks neist maapinnal, teine aga liikugu kaugel Maast kiirendusega (joon. 1). Raketisest vaatluste põhjal pole võimalik öelda, kumma juhuga on tegemist. Täpselt samuti pole Maa külgetõmbejõust vabanemiseks ja kaaluta oleku saavutamiseks vaja minna mitte väljapoole Maa gravitatsioonivälja, vaid piisab, kui olla siin vaba langemise olekus. On ju kosmonaut kaaluta olekus mitte ainult siis, kui ta on väga kaugel Maast, vaid ka tiireldes Maa gravitatsiooniväljas orbiidil ümber Maa. Tänu sellele, et inerts- ja gravitatsioonijõud on eristamatud, ei saa me enam määrata süsteemi absoluutset kiirendust. Tähendab, ka looduseadused peavad olema sellised, et nad on ühesuguse kujuga mistahes taustsüsteemides (üldrelatiivsusprintsip). Einstein asubki vastavate väljavõrrandite otsimisele.

Ülalmainitu polnud ainus põhjus uue gravitatsiooniteooria otsimiseks. New-

toni gravitatsiooniteooria vajas muutmist veel teisel põhjusel. Selle teooria seisukohast levib ühe massi mõju teisele ruumis silmapilkselt. See on vastuolus erirelatiivsusteooriaga. Einstein otsis gravitatsiooniteooriat, mis poleks vastuolus uute füüsikaliste printsiipidega. 1912. a. jõudis ta järeldusele, et aeg-ruum peab olema kõver ja 1915. a. leidis võrrandid, mis määravad selle kõveruse olenevalt masside jaotusest ja liikumisest ruumis. Oli tekkinud uus teooria – üldrelatiivsusteooria.

NÄHTUSTE KIRJELDAMISE RUUMILISEST TAUSTAST JA SELLE VALIKUL TEKIVATEST RASKUSTEST

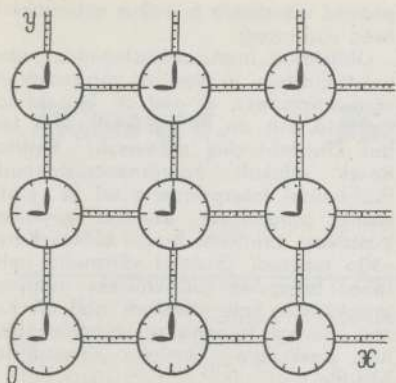
Ülal oli juttu ruumi ja aja omaduste muutumisest. Nüüd täpsustame, mida selle all tuleb mõista. Alustame tasasest ruumist. Nähtuste täpseks matemaatiliseks kirjeldamiseks kasutame jäikadest mõõtvarrastest ning üht ja sedasama aega näitavatest kelladest koosnevat taustsüsteemi³. Lihtsuse mõttes jätame ruumi kolmanda mõõtme vaatlusest välja (joon. 2). Nüüd võime iga sündmuse asukoha ja toimumise aega kirjeldada kolme numbriga (koordinaadiga) – tema kaugusega varrastest OX ja OY ning sündmuse asukohas oleva kella näiduga. Olgu veel täpselt teine sama suur sõrestik. Paneme selle meie taustsüsteemis liikuma ja vaatleme, milline on tema asend mingil kindlal ajahetkel. Newton väidab, et kui vardad on paralleelsed, siis teatud ajahetkel need sõrestikud kattuvad. Einstein aga näitab, et liikuv sõrestik on liikumise suunas kokku surutud. Üks ja seesama võre omandab olenevalt erisugusest liikumiskiirusest erisuguse kuju, võrede poolt määratud ruumilised kaugused pole enam absoluutse tähendusega. Sedasama saab näidata kellade ja aja suhtes.

Läheme kõvera ruumi juurde. Siin on olukord veelgi keerukam, ja edasi piirdume näitliku pildiga meie veekeral. Vaikse ilmaga võib iga laev enda külge kinnitada joonisel 2 kujutatud sõrestiku.

³ Tegelikud kellad ja vardad võib asendada mõtteliste. Oluline on see, et meil oleks mingi meetod, mille abil saab vajaduse korral kindlaks määrata varraste ja kellade näitu iga sündmuse jaoks.

Nimetame seda edaspidi koordinaatvõrguks. See võimaldab nummerdada laeva lähemas ümbruses kõik veepinna punktid. Mida aga teha tormisel merel? Nüüd jääks jäik koordinaatvõrk kohati õhku, kohati vee alla. Selleks et tormisel merel täpselt nummerdada kõiki veepinna punkte, peame ehitama venivast ainest võrgu, mille paneme jäljendama lainete kuju. Venitades mõne koha pealt joonisel 2 kujutatud vardaid ja surudes neid teistest kohast kokku, saame võrgustikuga katta veepinna ka tormisel merel. Kuid nüüd pole asukoha koordinaatidel enam otsest kauguse ehk meetrilist tähendust. Einstein on korduvalt rõhutanud, et selle asjaolu mõistmine valmistas talle üldrelatiivsusteooria loomise käigus kõige rohkem raskusi. Kuid koordinaatide meetrilise tähenduse kadumine on suhteliselt väike häda. Geomeetria vahendid võimaldavad ka moonutatud võrgu korral leida tegeliku kauguse, s. o. sellise kauguse, mille saaksime jäiga mõõdupuuga mõõtmisel. Suurem häda on selles, et venitamisel võrgu punktid liiguvad üksteise suhtes. Erirelatiivsusteoorias on aga teada, et mingi lõigu pikkus on selle lõigu liikumiskiirusest. Venitades koordinaatvõrku erisugusel viisil, saame kahe punkti vahelise kauguse jaoks erisuguseid tulemusi. See teeb üldrelatiivsusteoorias saadud tulemuste tõlgendamise nii mõnigi kord üpris raskeks, sest üldrelatiivsusteooria väljavõrrandid on ühtmoodi kehtivad mistahes koordinaatvõrgu korral. Ruumilise tausta valikuga analoogilised raskused tekivad ka aja-ga.

Mõni sõna sellest, kuidas neid raskusi vältida. Alustame jällegi analoogiast veekeraga. Nõrga lainetuse korral on koordinaatvõrgu deformatsioonid ebaolulised ja me võime anda koordinaatidele täpselt sama tõlgenduse kui tasase veepinna korral. Sama olukord kehtib relatiivsusteoorias, kui ruumi kõverus on väike. Kõrgis üldrelatiivsusteooria õpikuis arvatatakse valguskiire paindumise Päikesest möödumisel ja Merkuuri periheli nihe, unustades täiesti, et kõveras ruumis pole koordinaatidel otsest meetrilist tähendust. Seejuures saadakse praktiliselt õige tulemus, sest Päike kõ-



JOON. 1.

verdad, ruumi väga vähe. Tugevate gravitatsiooniväljade korral on olukord hoopis teine. On tehtud küllaltki palju arvutusi, kus näiliselt leitakse uusi füüsikalisi efekte, tegelikult aga on tegu vaid ruumiliseks taustaks oleva koordinaatvõrgu salakavala venitamise-ga. Siin eksisid mitte ainult algajad, vaid ka kogenud teadlased, kaasa arvatud Einstein ise oma 1921. a. Princetonis peetud loengutes. Toome näite võimalike moonutuste suuruse iseloomustamiseks. Vaatleme tähte, mille mass võrdub Päikese massiga ja läbimõõt on natuke alla 3 km. Jälgime sellele tähele langevat massi. Unustades seiga, et koordinaatidel pole meetrilist tähendust, saaksime järgmise pildi. Langeva massi kiirus alguses kasvab, siis aga hakkab vähenema ja muutub tähe pinnale jõudes nulliks. Nii arutlesid minevikus mõnedki tuntud teadlased. Tegelikult toimub langeva keha kiiruse ühtlane kasv.

Eriti keerukas on eraldada neid efekte, mis on tingitud liikuva koordinaatvõrgu lühenemisest. Tõlgenduse ühesus näib siin hoopis puuduvat. Ainus võimalus ühesuse saavutamiseks on säärase taustsüsteemide leidmine, mis teistega võrreldes jäävad eelistatud olukorda. Märgime veel, et Einsteini võrranditele on leitud ka selliseid lahendeid, mida ei ole õnnestunud üldsegi lahti mõtestada. Ka tervet rida põhimõttealisi küsimusi, näiteks gravitatsioonivälja energia küsimust, pole võimalik lahendada ilma eelistaustsüsteemi valikuta.

Edasi peatume nendel Keresel töodel, mis on seotud eelistaustsüsteemide valiku ja rakendamisega.

ÜLDISTATUD INERTSIAALSÜSTEEMIDEST

Keres loobus joonisel 2 kujutatud taustsüsteemi sobitamisest kõverale ruumile selle sobiva deformeerimise teel. Selle asemel konstrueeris ta põhimõtte-liselt uut tüüpi taustsüsteemi, mis on moodustatud teatud tingimusi rahuldavatest vabalt langevatest partiklitest ja nendega seotud kelladest. Niisugust taustsüsteemi nimetab Keres üldistatud inertsiaalsüsteemiks.

Üldistatud inertsiaalsüsteemide alu-

seks pole tasasele ruumile omase taustsüsteemi mingi meelevaldne deformatsioon, vaid need süsteemid põhinevad kindlatel füüsikalistel seadustel: vabade osakeste liikumise seadustel.

Üldistatud inertsiaalsüsteemide jaoks töötas Keres välja üksikasjalise matemaatilise teooria, nendes süsteemides on antud mitmete mehaaniliste ja elektrodünaamiliste suuruste definitsioonid.

Üldistatud inertsiaalsüsteemides saab formuleerida ka Newtoni teooriat. Kui Newton ise kirjeldab gravitatsioonivälja jõuväljana jäikadest varrastest moodustatud ruumis, siis Keres võtab ka Newtoni teoorias aluseks vabalt langevatest partiklitest moodustatud ruumilise tausta. See ruumiline taust ei ole enam jäik. Selliselt formuleeritud Newtoni teoorias kaob löhe inerts- ja gravitatsioonijõudude vahel, mis võimaldab rahulikult kõrvale heita absoluutse ruumi juba Newtoni teoorias: nii inerts- kui gravitatsioonijõude võib saada samade võrrandite lahendina. Kuid veelgi olulisem on asjaolu, et tänu Newtoni teooria uuele formuleeringule õnnestus teha Einsteini relativistlikud ja Newtoni mitterelativistlikud gravitatsiooniväljad omavahel võrreldavaks kuिताhes tugevate gravitatsiooniväljade korral. See aitab tunduvalt kaasa üldrelatiivsusteooria paremale mõistmisele.

VASTAVUSE PRINTSIIP ÜLDRELATIIVSUSTEORIAS

Üldistatud inertsiaalsüsteemides õnnestus Keresel formuleerida vastavuse printsiip – piirprotsess, mille käigus toimub üleminek üldrelatiivsusteoorialt Newtoni teooriale. Kui teised uurijad püüdsid vastavates töodes näidata, et Einsteini teooria mitterelativistlikuks piirjuhiks on Newtoni teooria (in.uitivselt võib see nii tunduda), siis tänu uuele meetodile ja suuremale matemaatilisele rangusele sai Keres erineva tulemuse: lisaks Newtoni gravitatsiooniväljadele sisaldavad Einsteini võrrandid mitterelativistliku piirjuhuna veel pööriselisi gravitatsioonivälju. Kas sellised pööriselised gravitatsiooniväljad eksisteerivad looduses või on mõningad Einsteini võrranditega kirjeldatavad nähtused tegelikkuses realiseerimata, seda

peavad otsustama tulevikus astronoomilised vaatlused.

Üldistatud inertsiaalsüsteemides osutuvad Einsteini ja Newtoni võrrandid niivõrd sarnasteks, et neil on ühiseid lahendeid, mis on Keres poolt kõik leitud. Ühislahendite olemasolu kasutas Keres edukalt koordinaatsüsteemide füüsikalisel interpreteerimisel ja relativistlike paranduste ühesuse uurimisel. Vastavuse printsiibi baasil töötas Keres välja meetodi Einsteini võrrandite mistahes lahendite füüsikaliseks interpreteerimiseks. Selle meetodi abil on Keres andnud tõlgenduse mitmele suurt huvi pakkuvale Einsteini võrrandi lahendile.

PERSPEKTIIVIDEST

Üheks raskusi tekitavaks probleemiks üldrelatiivsusteoorias on gravitatsioonivälja energia avaldis. Üle viiekümne aasta on paljude maade teadlased selle probleemi lõpliku lahendamise kallal asjatult vaeva näinud. Ehk annavad üldistatud inertsiaalsüsteemid siiaigi oma panuse.

Mõni sõna lõpetuseks. Kaua aega piirdusid üldrelatiivsusteooria praktilised rakendused (peale kosmoloogia) nõrkade kvaasistaatiliste gravitatsiooniväljadega, kus Newtoni gravitatsiooniteooria on väga heaks lähenduseks tegelikkusele ja kus üldrelatiivsusteooria annab vaid väga väikesi täiendavaid parandusi. Viimase 6...7 aasta jooksul on aga kosmoses avastatud füüsikalisi protsesse, mis kulgevad väga tugevates gravitatsiooniväljades. Tänu neile eralduvad näiteks energiad, mis on kümneid kordi suuremad, kui seda suudaksid põhimõtteliselt anda tuumaprotsessid. Neid uusi nähtusi saab seletada üksnes üldrelatiivsusteooria alusel. Tugevate gravitatsiooniväljade korral annavad end aga eriti teravalt tunda üldrelatiivsusteooria põhilised raskused – koordinaatsüsteemide valik ja arvutustulemuste füüsikaline interpreteatsioon. Seetõttu kasvab füüsikaliste protsesside aja- ja ruumitausta valikuga seotud küsimuste uurimise tähtsus edaspidi kahtlemata veelgi. Oleme veendunud, et Keres suudab siin ka edaspidi veel mõndagi huvitavat pakkuda.

GUSTAV NAAN, AKADEEMIK

MINA: KORDA SIIN KÜLL EI OLE.
H. KERES: SIIN EI OLE ÜLDSE MIDAGI. KORRALAGEDUST, SEDAGI EI OLE!

Kahekõnest konverentsi vaheajal

Nii oli lugu tähtsa konverentsiga aastat kümme tagasi. Kuidas on aga üldse, muude maailmaasjade ja maailma endaga? Kord? Korralagedus? Või ei ole korralagedustki?

„Kord peab olema!“ Kõigist endast-mõistetavatest asjadest on see meile peaaegu et kõige endastmõistetavam. Kord peab olema – ja kõikjal: saunas, perekonnas, universumis.

Kuid mis on kord?

Olime akadeemik Harald Keresega jälle ühel konverentsil, seekord Kiievis. Puutusime jälle kokku korra mõistega. Väga aktiivne kutsumata külaliste rühm nõudis sõna, et ümber lükata Einsteini

relatiivsusteooria ja tõestada gravitatsioonilise *perpetuum mobile* võimalikkust. „Ei tule kõne allagi,“ arvasid konverentsi orgkomitee liikmed. „Ei saa konverentsist ometi tsirkust teha. Kord peab olema!“ – „Mis? Meile ei anta sõna? Summutate kriitikat, kaitsete pehkinud reaktsioonilist teooriat! Kohe helistame Moskvasse. Kord peab olema!“ Lõpuks otsustati nõnda, et rühma pealik saab sõna 15 minutiks, ent tema sõnavõtte absoluutselt ei reageerita, nagu seda ei oleks üldse olnud. Sest... kord peab olema.

Niisiis kolm erinevat seisukohta küsimuses, mis on kord.

Sellel konverentsil (1964) tegi H. Keres kaks ettekannet ja üks neist tungis väga põnevasse valdkonda, puudutades lõpmatuse probleemi. Newtoni kosmoloogia üheks nõrgaks punktiks on gravitatsiooniline paradoks: me peame kas tegema väga spetsiaalse oletuse masside jaotuse kohta lõpmatus ruumis või leppima sellega, et Newtoni teooria valemid ei anna mingit mõistlikku vastust masside poolt tekitatava jõuvalja kohta. H. Keres juhtis tähelepanu asjaolule, et paradoksi võimalikuks põhjuseks on metodoloogiliselt väär lähene mine: rakendatakse korraga kahte erinevat matemaatilise lõpmatuse mõistet. Universumit vaadeldakse kui aktuaalselt lõpmatut süsteemi (lõpmatu hulk galaktikaid), kuid sellele rakendatakse Newtoni teooria matemaatilist aparatuuri, kus on tegemist hoopis teist liiki lõpmatusega, potentsiaalse lõpmatusega. H. Keres näitas: paradoks ei teki, kui rakendada järjekindlalt näiteks potentsiaalse lõpmatuse mõistet.

Püüaksin järgnevalt anda teatava ettekujutuse, kuidõrd põnevate probleemidega on tegemist antud valdkonnas. Kõige põnevamaks ongi võib-olla just korra probleem.

Väljaspool matemaatikat on korra mõiste üsna ähmane ja see võimaldabki täiesti vastupidiseid arusaamisi korra kohta. Matemaatikas defineeritakse kõik mõisted väga rangelt. Kahjuks ei anna mõne sellise definitsiooni tsiteerimine peaaegu midagi, on vaja tervet mõistete süsteemi. Kui küsite tavaliselt matemaatikult, mis on kord, eelistab ta arvatavasti teist terminit – järjestus, ja ütleb, et see on teatav suhe (relatsioon) hulga elementide vahel: $a \leq b$. Kui nüüd küsida, mida see tähendab, ütleb ta, et seda relatsiooni võib sõnada edasi anda nii: „a eelneb b-le“ või „a ei ole suurem kui b“ või „a on osa b-st“. Kuid see kirjeldus ei tee asja olemust kuigi palju selgemaks. Olemus on selles, et relatsioon allub teatavatele aksioomidele (näiteks reflekstiivsuse, transitiivsuse ja antisümmeetriisuse aksioomile). Seejärel kaob teil arvatavasti isu küsida veel midagi, sest te juba aimate, et reflekstiivsust tuleb omakorda seletada veel mõne niisama aru-

saamatu mõiste kaudu jne. Ent siiski, pidagem meeles, et kord tähendab teatava suhte kehtimist süsteemi osade (elementide) vahel, ja arusaamatused tekivad siis, kui see suhe ei ole vajaliku täpsusega fikseeritud.

Millele aga tugineb meie kaljukindel usk, et „kord peab olema?“ Vastus, vähemalt osaline – see usk on ennast enamasti hiilgavalt õigustanud, ka kosmoloogilistes küsimustes. Võib-olla oli esimeseks psühholoogiliselt väga veenvaks argumentiks tähistaevas, selle rangelt korrapärane näiv liikumine. Tähepanelikumad vaatlused aga näitasid juba aastatuhandeid tagasi, et mõned üksikud tähed-hulkurid (tegelikult planeedid) moodustavad erandi ja liiguvad väga korrapäraselt. Astronoomia arengu lähtepunktiks oli julge hüpotees, et tegelikult alluvad ka need liikumised väga rangele, väga täiuslikule korrale. Ja kuna kõige täiuslikumaks peeti ringikujulist liikumist, siis oletati, et planeetide trajektorid on just sellised. Oletus osutus lõppkokkuvõttes õigeks.

Kas ei või juhtuda siiski nii, et ühel ilusal päeval puutume kosmoses või mujal kokku olukorraga, kus „korda ei ole“?

Matemaatika viimaste aastate hiilgavad saavutused heidavad kuigipalju valgust vaadeldavale superprobleemile.

Tänapäeva matemaatika aluseks on hulgateooria¹. Hulgateooria aluseks jälle teatav aksioomide süsteem. Nende aksioomide seas on üks säärane, mis n.-ö. vastutab korra eest meie maailmas. Eesti keeles nimetatakse seda tavaliselt järjestuse aksioomiks, kuid teiste keelte eeskujul võiks nimetada ka valiku aksioomiks (аксиома выбора; axiom of choice; axiome du choix; Auswahlaxiom; postulato della scelta).

Aksioomi saab formuleerida mitmeti. Kas või nii. Teil on mitu hulka, näiteks 10, 20 ja 30 õuna. Aksioom väidab, et igast hulgast saab valida ühe elemendi (õuna) ja moodustada neist uue hulga (kolmest õunast koosnev hulk). Muidugi, niikaua kui on tegemist hulkadega,

¹ Esialgselt tutvumiseks võiks soovitada head populaarteaduslikku raamatut: N. Vilenkin. Jutustusi hulkadest. Tõlkinud B. Kabur. „Valgus“, Tallinn 1968.

mille elementide arv on lõplik, ei teki mingit probleemi, väide on triviaalne. Kuid valiku aksiom väidab, et protseduur on kehtiv ka lõpmata hulga lõpmatute hulkade suhtes! Ja siin on juba äärmiselt tõsine probleem, sest esiteks ei tarvitse see, mis kehtib lõpliku suhtes, sugugi kehtida lõpmatu suhtes, ja teiseks on valiku aksiomil väga fundamentaalsed maailmavaatelised järelmõtted. Piltlikult öeldes, aksiom, nagu juba mainitud, vastutab korra eest meie maailmas. Veidi täpsemalt: valiku aksiom ja kaks järgmist väidet on täiesti ekvipollentsed (samaväärsed). Esiteks, mistahes lõpmatu hulk on järjestatav. Et kõik eksisteeriv eksisteerib hulkadena, see tähendab, et kõikjal on olemas mingisugune, kas või väga „lahja“, aga siiski kord. Teiseks, mingit „suvuvat üleminekut“ lõpliku ja lõpmatu vahel ei saa olla, neid eraldab kuristik (see on nn. kontinuumi probleem). Neist kolmest väitest võib igaüht võtta aksiomina, ülejäänud kaks muutuvad siis teoreemideks.

Umbes pool sajandit kestnud intensiivseid uurimusi valiku aksiomi olemuse väljaselgitamiseks kroonis mõni aasta tagasi üpris omapärane tulemus. Noorel ameerika matemaatikul Paul Cohenil õnnestus tõestada valiku aksiomi sõltumatus teistest hulgateooria aksiomidest.

Mida see õieti tähendab? Keegi ei oska veel midagi costs. Kuid tõestus võib tähendada enneolematu teadusliku revolutsiooni algust, millega võrreldes isegi Koperniku revolutsioon, mitte-eukleidilise geomeetria või kvantmehaanika loomine tundusid üsna tagasihoidlikena.

Tekkinu meenutab olukorda, mis oli geomeetrias seoses viienda postulaadiga. Valiku aksiomi sõltumatus teistest tähendab, et peale „tavalise“ (Eukleides) geomeetria on veel mitmed teised, ja vähemalt osa neist kirjeldab maailma niisama hästi või isegi täpsemalt kui see, mida peeti ainuvõimalikuks. Valiku aksiomi sõltumatus võib tähendada, et peale „tavalise“ matemaatika, mis tugineb valiku aksiomile ja mida oleme pidanud ainuvõimalikuks, on olemas, õigemini luuakse, hoo-

pis teistsugune matemaatika, mida meil on vähemalt niisama raske ette kujutada kui mitte-eukleidilist geomeetria 150 aastat tagasi. See äärmiselt ebataoline „mitte-kantorlik“ matemaatika võiks kirjeldada reaalsust niisama hästi või isegi täpsemalt kui tävaline.

Ei ole päris võimatu, et oleme juba astunud kontakti mõningate selliste situatsioonidega. Ülitugevate gravitatsiooniväljade uurimine viib väga patoloogiliste järelmusteni (aeg on nii vähe teistsis, midagi on korrald ära põhjuslikkuse ja jäävusseadustega jne.). Järsku tuleb nende patoloogiate mõistmiseks rakendada uut matemaatikat? Aeg on ju tüüpiline järjestatud hulk (selle hulga elementideks on „hetked“). Järsku on olemas mittejärjestatav korralageduslik aeg?

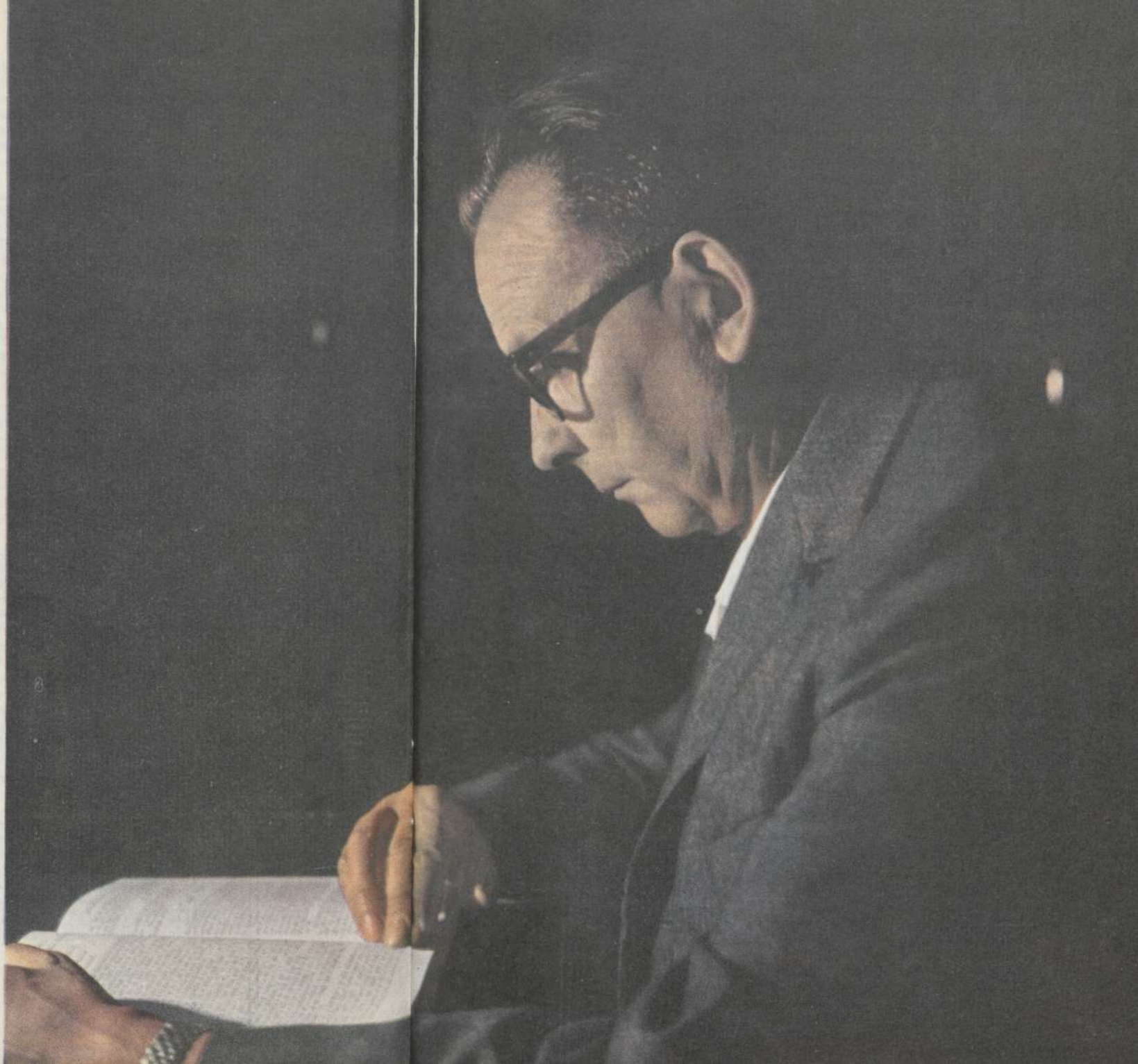
Lühidalt, ei ole sugugi võimatu, et seisame võimsa maailmavaatelse revolutsiooni lävel, mis kõigutab põhjalikult meie kaljukindlat usku, et „kord peab olema“.

Igal juhul tuleb lõpmatusega olla äärmiselt ettevaatlik. Nagu näitab akadeemik H. Keres uurimus, võib isegi lõpmatuse eri liikide segajamine olla karistatav – vaatamata sellele, et tänapäeva matemaatikas peetakse aktuaalset lõpmatust n.-ö. potentsiaalse lõpmatuse aluseks.

Tõid, mille eest Keres sai vabariigi preemia, on hästi iseloomustanud V. Unt. Mina omalt poolt lisaksin, et kolleeg Keresel on „hea muusikiline kuulmine“ ka sügavalt maailmavaatelistes probleemides.

Ja veel üht asja tahaksin öelda. Kõik tänava premeeritud tööd (peale ühe) on kollektiivsed. See vastab tänapäeva stiilile. Üha raskem on olulisi tulemusi saada individuaalselt. Ühinen siiski N. Wieneriga, et kaugeltki kõik probleemid ei ole lahendatavad massirünnakutega, alati jäävad ka säärased, mis tuleb lahendada üksikult, aeglase, rahuliku mõtlemisega, mida ei saa asendada mingisugune jõudude ja vahendite kuhjamine. H. Keres töö on tänava ainuke premeeritud individuaalne uurimus ja kuulub seda laadi mitte just eriti levinud, ent siiski väga vajalike kapitaalsete uurimuste valdkonda.

VALEMITEGA ÜKSI
(AKADEEMIK HARALD
KERES OMA TÖÖKABINE-
TIS. BORIS MURRU FOTO).



Eriteadlaste arvamuste järgi elas aastal 1000 meie planeedil 280 miljonit inimest, 1969. aastal aga, ÜRO statistilise aruande põhjal, oli maakera elanike arv jõudnud kasvada 3,552 miljardini. Järelikult suurenes inimkond aastail 1000–1969 keskmiselt umbes 3,4 miljoni võrra aastas. See arv ei peegelda muidugi tegelikkust, sest näiteks aastail 1965–1969 oli aasta keskmine iive umbes 63 miljonit ning 12 kuu jooksul 1968. aasta juunist 1969. aasta juunini juba 69 miljonit inimest.

Rahvastiku järjekindel ja kiire suurenemine nagu joovastab mõningaid spetsialiste ja sunnib nende sule alt tulema suurenumbrilisi tulevikuprognose. ÜRO demograafide arvates ulatub aastatuhande vahetumisel Maa inimasukate arv 7 miljardini või isegi pisut üle selle. See annaks meie sajandi ülejäänud aastate keskmiseks rahvastikuiibeks rohkem kui 115 miljonit. Teised eksperdid on tagasihoidlikumad ja pakuvad välja arvu 5,5 miljardit, millega aastate keskmine juurdekasv oleks „ainult“ umbes 66 miljonit (vähem isegi, kui oli 1968.–1969. a. iive). libe vähenemist põhjustavat sotsiaalsete ja majanduslike tegurite toime, mis aeglustab rahvastiku kasvutempot.

Lugedes maakera pindalaks 510 miljonit ruutkilomeetrit, tuleb meie planeedi igale ruutkilomeetrile praegu umbes 7 inimest, igale niisama suurele maismaa osale (kokku 149 miljonit ruutkilomeetrit) aga alla 24 inimese. Laias laastus vastab see meie vabariigi elanikkonna tihedusele (1969. aasta andmetel 29,1 inimest ruutkilomeetril).

Järgmise aastatuhande algul langeks Maa pinna igale ruutkilomeetrile umbes 11...14 inimest ja maismaal umbes 37...47 inimest. Mõned inglise eriteadlased püüavad prognoosida veel kaugemat tulevikku. Nende arvates ulatuv aastaks 3000 emakese Maa asukate arv 442 miljardini (maismaa igal ruutkilomeetril 3000 inimest; võrdluseks: Hollandis tuleb praegu iga ruutkilomeetri kohta 369 ja Jaapanis 276 elanik-

ku) ja aastaks 5000 astronoomilise arvuni – $9496 \cdot 10^3$ miljardit (juba üle 63 miljoni inimese maismaa iga ruutkilomeetri kohta ehk üle 60 inimese iga ruutmeetri kohta).

Mõtlemapanev arv. Kuid maakera elanike arvukuse prognoosimine võib tunduvalt viltu vedada – seda on varemgi juhtunud. Inglise majandusmees Gregory King avaldas 1696. aastal teose, mille andmetele tuginedes peaks Inglismaal praegu elama ainult 8 miljonit inimest, mitte aga umbes seitse korda rohkem kui tegelikkuses! Usume, et inimkond on edaspidi küllalt arukas oma iibeprobleemi lahendamisel.

PIKA ELUEA EKSTRAKT

Rotid kasvavad tavaliselt ainult oma elu kolme esimese kuu jooksul. Kuid selgub, et seda loodusseadust saab muuta, lisades rottide toidusse vetika *chlorella* ekstrakti. Sel juhul kestab nende näriliste kasv kuni kümnenda elukuuni. Ovalise vetika ekstrakti sisalduvas keskkonnas kasvatatud piimhappebakterid paljunevad harilikust kaheksa korda kiiremini. Võib-olla sisaldab *chlorella* mingisugust kasvustimulaatorit, mis sekkub organismi vananemist kiirendavasse rakkude jagunemisprotsessi. Mõnede õpetlaste arvates võib inimese eluiga pikeneda 15...20 aasta võrra, kui *chlorella* muudetakse tema toidu alaliseks koostisosaks.

KAS VANEMATE VANUS

mõjustab nende laste vaimseid võimeid? Arvud, mida said sellele küsimusele vastust otsides I. Aleksahhin ja N. Tkatchenko, on peaaegu sensatsioonimaigulised. Uuritud rohkem kui viiesaja väljapaistva teadlase, poliitika-, tehnika- ja kunstitegelase elulugu, leidsid uurijad, et 4,5 protsendi talentide sündimisel olid nende isad 20...24 aasta, 14,3 protsendil 25...29 aasta vanused. Maksimaalse arvu üliandekaid andis aga järgmine kombinatsioon: 27-aastane ema ja 38-aastane isa.

IMEDE ORU SALADUS

Imede Org asub Prantsuse Alpides 2600 m kõrgusel, üsna Tende'i mäekitsuse lähedal. Sajandi jooksul on arheoloogid siin avastanud rohkem kui 45 000 kaljujoonist. Kuid enne Michel de Roisini, tuntud esiajaloo uurijat, ei olnud keegi suutnud usutavalt seletada nende tähendust ja päritolu.

Michel de Roisin korraldas Imede Orgu viis ekspeditsiooni ja alles pärast viimast, 1966. a. augustis toimunud uurimisretke leidis lahenduse probleemile, mida ta oli uurinud juba kümme aastat.

Tollal avastasid ekspeditsiooni liikmed iga päev uusi kaljujooniseid, millel oli kujutatud hārgi, päikesi, madusid, skorpion, põlluharijaid koos algeliste atradega, šamaane jne. Ent jooniste mitmekesisusele vaatamata on Imede Oru šeddöövriks nn. «höimupealik». See meistriteos paikneb teistest eraldi. Pealik seisab, tema rinnale on raiutud hārja pea kujutis ja pähe näib olevat asetatud mõök.

1950-ndail aastail, kui Michel de Roisin hakkas huvi tundma Imede Oru kaljujooniste vastu, ei osanud ta veel öelda, kas need pärinevad pronksiajast või Gallia vallutamise ajajärgust. Kuigi Imede Orgu tunti juba 15. sajandil, olid teated tema kohta üsnä napid ja sageli vasturääkivad.

1460. a. kirjutab Touraine'ist pärit reisiija Pierre de Montmort Imede Oru kohta oma naisele järgmised read: «See on pörgulik paik, kõikjal on kaljudesse raiutud kuradite ja tuhandete deemonite kujutised.»

Kaks sajandit hiljem, 1650. aastal, kirjutab itaalia ajaloolane Giofreddo

oma «Mereäärsefe Alpide ajaloos»: «... Eelmainitud järvi nimetatakse «imede järvedeks» sellepärast, et seal leidub külatajate imestuseks ja hämmelduseks mitut värvi tasaseid ja siledaks lihvitut kaljusid, millesse on raiutud ohjeldamatu fantaasiaga igasuguseid jooniseid, mis kujutavad küll neljajalgseid, küll linde ning kalu, põllutöö- ning sõjariistu, ajaloolisi ning muinasjutulisi sündmusi...»

Pärast Giofreddot langeb Imede Org ligikaudu 250 aastaks peaaegu täielikku unustusse. Ja alles 1885. a. taasavastab Imede Oru inglase Clarence Bicknell. Oma erialalt polnud ta arheoloog, vaid hoopis botaanik ja maalikunstnik. Bicknell tundis suurt huvi Itaalia vastu ja nii asuski ta elama Bordigherasse Liguuria rannikul.

Aastail 1881—1885 teeb Bicknell suviti peaaegu iga päev pikki matku Tende'i mäekitsuse ümbrusse. Alguses katvates ta siit kaasa viia ainult floora näidiseid ja mõned maastikupildid. Ent siis hülgab ta oma herbaariumid ja molberti. Teda haarab uus paeluv ülesanne — Imede Org.

Alates 1885. aastast (kuni oma surmani 1918. aastal) loobub Bicknell kõigest muust ja pühendab end täielikult Imede Oru kaljude raidkirjade ning jooniste kopeerimisele. Ta joonistab, fotografeerib, valmistab mäluaäze. Tänu temale säilitatakse praegu Genua ülikoolis ja Bicknelli-nimelises muuseumis Bordigheras ligemale 15 000 Imede Orust pärineva joonise koopiat.

Michel de Roisin organiseeris esimese ekspeditsiooni Imede Orgu 1962. aastal. Pärast teist ekspeditsiooni jõudis M. de Roisin järeldusele, et ükski seni käibel olnud seletustest jooniste päritolu kohta pole veenev.

Näiteks arvasid itaalia uurijad Maurice Louis ja Giuseppe Isetti, et Imede Oru joonised on primitiivse kirja elemendid. Nad põhjendasid oma oletust järgmiselt: «... kõikidel rahvastel on kiri tekkinud joonistest: esemeid, loomi, inimesi, stseeene kujutatakse kord-korralt aina stiliseeritumalt ja neist saavad aja jooksul ideogrammid, mis esemete või mingite ideede kujutamiseks üksteisega seostatakse. Mont Bégo nõlvadel asetsevad kaljupildid näitavad, et me oleme siin ühe kirjakeele hälli juures...»

Michel de Roisin ütleb selle arutluse kohta, et hüpotees on kahlemata teravmeelne, kuid kahjuks sunnivad faktid sellest loobuma. Nimelt pole Imede Oru jooniste ja ideogramme vahel vähi- matki sarnasust. Imede Oru joonised asetsevad laialipaisatult, nende paigutuses ei ilmne mingit seaduspärasust.

Itaalia ajaloolane Nino Lamboglia arvas, et need joonised pärinevad pronksiajast ja on Mont Bégole pühendatud kultuse tunnismärgid. Pealegi olevat Mont Bégo nimetuse ja Püreenees austatud jumaluse Baigorix' nime vahel kindel analoogia. Ja lõpuks asetsevad joonised, välja arvatud mõned kaugemad rühmad, ringikujuliselt Mont Bégo ümber.

Michel de Roisin kummutab ka selle vaate. Ta märgib, et kuna ta orgu hästi tunneb, ei saa N. Lamboglia seletust õigeks pidada. Kui Mont Bégo peeti tõepoolest jumaluseks, kuidas siis seletada asjaolu, et just siinsetesse kaljude- se graveeriti nii palju teise jumaluse — Päikese pilte. Ja kuidas seletada seda, et Imede Oru joonistega sarnaseid on olemas ka Itaalias, Val Camonicas, mis asub ju väidetavast Bégo mõjusfäärist 200 km kaugusel?

Michel de Roisin nõustub, et osa jooniseid pärineb pronksiajast, kuid suurem hulk näib põlvnevat hilisemast aja- järgust. Näiteks on ühel kaljuseinal kju- tatud terve rida ilmselt rooma tüüpi mõöku. Võib väita, et enamik Imede Oru kaljujoonistest pärineb meie ajaarvamise kahest esimesest sajandist.

Pärast jooniste dateerimist püstitas Michel de Roisin hüpoteesi, et need joonised on meie ajaarvamise esimestel sajanditel viljeldud kultuse tunnustajateks. Hüpoteesi tõestamiseks tuli aga koguda dokumentaalset materjali mitte Mont Bégo nõlvadel, vaid Itaalia ja Lõuna- Prantsusmaa raamatukogudes.

Michel de Roisini hämmastas Mithra kultuse mõju 1. sajandi Euroopas. Tek- kinud Indias, levis Mithra kultus kiiresti Väike-Aasiasse, sealt Kreekasse ja Ita- liasse, jõudes ka Galliassa. Primitiivsete usundite tuntud uurija Franz Cumont kir- jutab, et Mithra kultus levis kaubateid mööda Rhône'i orgu, ulatudes kuni Genfini välja. Selle järgi võib leida pal-

judes kohtades Prantsusmaal. Katkematu templite rida ühendab Vahemere kal- daid germaanlaste aladega.

Imede Org asub nimelt sellel teel. Seega on alust arvata, et Mithra kultus levis ka siia.

Ent kõigest hoolimata hoidsid kalju- joonised visalt oma saladust. Joonistest tähtsaim — «hõimupealik» — jäi endi- selt täielikuks mõistatuseks.

Alles viienda ekspeditsiooni ajal väl- gatas Roisinil idee: «Härja pea sümbö- liseerib pealiku peale voolanud härja verd. Mis puutub mõõgasse, siis pole see üldsegi koljusse torgatud, vaid asetseb lihtsalt pea peal.»

Roisinile meenus kombetalitus, mille pidi läbi tegema igaüks, kes pühitseti Mithrale. Protseduuri kirjeldab meie aja- arvamise esimesest sajandist Caius Tul- lius Africanus, kes ise selle läbi tegi: «Veidi aega pärast pimeduse saabumist eemaldati mult valge rüü; mind pandi ohvrialtarina kasutatavale kivile pikali. Tõrvikute valgel nägin, kuidas minu kohal lasti alla raske võre. Selle impro- viseeritud silla peale talutati härg. Pur- purse niudevõõga kaetud preester astus mõõka käes hoides looma juurde. Ma kuulsin ammutist. Nagu märja pesu raske koorem purskus veri mu rinnale, läks kurku ja mattis hinge. Siis nägin, kuidas mu näole lähendati punaseks- aetud rauda ja peagi tundsin laubal talumatut valu. Kaotasin teadvuse.»

Lugedes seda teksti, saab kõik sel- geks. Hõimu pealik on pühitsetu, kes tegi läbi vere ja tulega toimunud pu- hastuse.

Imede Org on niisiis avar looduslik tempel, mis kunagi oli pühendatud Mith- rale. Kaljujooniste desifreerimiseks on nüüd olemas kood: Mithra rituaal. Michel de Roisin kavatses veel uurida ja süstematiseerida tuhandeid tuntud jooniseid ning paralleelselt jätkata uusi otsinguid. Imede Org nõuab veel mit- meid ekspeditsioone, enne kui lõplikult ja päriselt hakkame mõistma neid ini- mesi, kes ligikaudu kaks tuhat aastat tagasi jäädvustasid kujutisi Mont Bégo kaliuseintesse.

AJAKIRJA «SCIENCE ET VIE» PÕHJAL
PAUL KEES



Kantsero- geensed ained ja vähktõve profülaktika

GEORG LOOGNA,
MEDITSIINIKANDIDAAT

Edusammud vähktõve ja teiste pahaloomuliste kasvaja diagnostika ja ravimise alal on suured, ent haigestumine ja suremus nendesse haigustesse ikkagi veel kõrge. Palju jõupingutusi ja kulusi on nõudnud ravivahendite otsimine ja katsetamine. Vähktõve profülaktikale on suhteliselt vähem tähelepanu pöördutud. Kuid mitmete kasvajakvormide sagenemise tendents, eriti tööstuslikult arenenud maades ja ravitulemuste mitteküldalane efektiivsus sunnivad üha innukamalt tõhusamaid profülaktilisi vahendeid otsima ja kasutama. Üheks olulisemaks meditsiiniliseks abinõuks on kasvajaheelsete seisundite ja algavate vähivormide varane avastamine ja väljaravimine. Sel eesmärgil rakendatakse laialdaselt profülaktilisi läbivaatusi elanikkonna hulgas. Selleks asutati tänavu Vabariikliku Tallinna Onkoloogia Dispanseri juures spetsiaalne profülaktika osakond – üks esimesi omataolisi Nõukogude Liidus. Kuid veel olulisem oleks vältida nende tegurite toimet, mis võivad põhjustada kasvaja arenemist inimorganismis. Siin pörkame kokku onkoloogiale ühe peamise probleemiga – kasvaja tekkepõhjustega. Kuigi me teame neist praegu märksa rohkem kui

näiteks 50 aastat tagasi, on siin ikka veel palju lahendamata ja keerulisi küsimusi.

Möödunud sajandi lõpul, enne kui Robert Koch tuberkuloosipisiku ja Louis Pasteur marutauditekitaja avastasid, oli nakkushaiguste ja paljude muude põletikuliste protsesside tekkimise põhjus mõistatus. Alles siis selgus, et ümbritsevas keskkonnas ja inimese organismis leidub miljoneid tõvestavaid mikroobe, mis teatavatel tingimustel võivad põhjustada ühe või teise haiguse teket. Sellest ajast peale hakati avastama ka tahusaid ravi- ja profülaktilisi abinõusid nakkuslike protsesside vastu. Seejuures osutusid profülaktilised võtted mõnikord efektiivseks isegi siis, kui haiguse põhjust veel ei teatudki (näiteks kaitsepookimine röugete vastu). Profülaktika üldpõhimõte seisib selles, et vältida või viia miinimumini kontakt tõvestavate agensitega (mõjuritega).

Nakkushaigused ja teised põletikud on tänapäevani kõige sagedasemad haiguslikud protsessid. Need võivad tabada mistahes elundit või kudet ja neil on tohutul hulgal füüsikalisi, keemilisi ja eriti bioloogilisi põhjusi (viirused, mikroobid, parasiidid jm.). Põhjusest ja

protsessi asukohast olenevalt on haiguste iseloom ja tunnused äärmiselt mitmekesised, kuid põletiku bioloogiline olemus on kõikidel juhtudel ühelaadne. Kasvajaline protsess on olemuselt teistsugune, kuid ka sellel leidub mitmeid ühiseid jooni nakkushaiguste ja muude põletikkudega. Nii kehtib praegu vähktõve polüetioloogiline teooria, mille kohaselt selle haiguse põhjuseks võivad olla väga mitmesugused bioloogilised, füüsikalised ja keemilised tegurid. Viimaste hulka kuuluvad kantserogeensed ehk vähkitekivad ained, mille varal võib eksperimentaalselt kasvajaile esile kutsuda ja nende arenemist kõige varasemast staadiumist peale jälgida. Kuid nagu edaspidisest nähtub, on võitlus nende ainete tekkimise vastu ja kokupuute vältimine nendega üheks realseks vähktõve profülaktika mooduseks, vähemalt selle mõningate vormide osas. Seda tõestavad statistilised andmed, eksperimentaalsed ja epidemioloogilised uurimised. Tänu profülaktikale on nüüd juba ajalukku läinud mitmed kutsekasvaja. Nii esines Inglismaal 18. sajandil korstnapühkijatel nahavähki, mida põhjustas naha saastumine kiviisotahma ja -pigiga. 1933. a. eraldatigi kivisöetõrvast esimene puhas kantserogeenne aine – 3,4-bensopüreen. Aniliinvärvide valmistajail täheldati sagedast haigestumust kusepõievähki, mida profülaktiliste abinõude rakendamisega võib vältida. Röntgenikiirte kasutuselevõtmisel, kui ei tuntud veel nende vähkitekivat toimet, arenes röntgenoloogidel nahavähk. Nüüd on see ekraa-

nide, pliid sisaldavate põlled ja kinaste abil täiesti ärahoitav.

Kantserogeensed ained on väga erineva päritoluga ja mingit seaduspärast seost nende struktuuri ja vähkitekivate omaduste vahel ei ole sedastatud. Siiski eristatakse mitmeid keemiliste ainete rühmi, mille koostise ja kantserogeense aktiivsuse vahel on teatav vastavus.

Praegu tuntakse ligi 500 kantserogeenset ühendit, kuid neid on kahtlemata palju rohkem. On isoleeritud ja sünteesitud umbes 50 puhast kantserogeeni, mis vastava katsekorralduse juures ühtesid või teisi kasvajaile tingimata esile kutsuvad. Teiselt poolt tuntakse rohkesti segaühendeid (õlid, tõrvad, fenoolid), mis võivad sisaldada mitmesuguseid kantserogeneene. Kõige enam uuritud ja laialdaselt esineva kantserogeenide rühma moodustavad polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud (eriti 3,4-bensopüreen), mida iseloomustab fenantreeniahela olemasolu. On tähelepanuväärne, et viimane kuulub ka paljude bioloogiliselt aktiivsete ühendite koostisse, nagu steriinid, kortikosteroidid, suguhormoonid jt. Ülemääraselt organismi viidavad hormoonid, samuti organismis eneses tekkivad endokriinse tasakaalu häired võivadki esile kutsuda kasvaja arenemist, eeskätt suguelundis ja piimanäärmes.

On kindlaks tehtud, et üsna väikesed erinevused kantserogeenide struktuuris võivad tunduvalt muuta nende vähkitekivateid omadusi. Näiteks on krüseen minimaalselt toimiv, 3,4-bensopüreen tugev ja 9,10-dimetüül-1,2-bensantratsiin

NIKOLAI BLOHHIN, Ülemaailmse Vähktõvevastase Liidu president, Moskva Eksperimentaalse ja Kliinilise Onkoloogia Instituudi direktor:

Mitte ükski vähktõve viirusteooria pooldaja ei eita praegu kantserogeenside keemilisi ja kiirgusagente, rikutud hormonaalse bilansi osatähtsust pahaloomuliste kasvaja tekkimisel.

ARNOLD GRAFFI, Saksa Demokraatliku Vabariigi Teaduste Akadeemia Onkoloogia Instituudi direktor:

Me teame hästi, et mõningad keemilised ained ja füüsikalised ärritajad võivad olla vähktõve põhjuseks. Pidevalt kasvavad koormused inimorganismile, välistegurite

väga tugev kantserogeen. Piisab aga näiteks metüülradikaali CH_3 ümberpaigutamist või ühe süsiniku aatomi asendamist väävlil või lämmastikuga, ja kantserogeensus väheneb või kaob hoopis. See väga tähtis asjaolu võimaldab teatavaid saadusi dekantserogeniseerida (vähkitekivatest omadustest vabastada), ilma et nende tehnilised omadused oluliselt muutuksid. Seda võib saavutada näiteks mõningate põlevkivisaaduste mõjustamisel ultraviolettkiirtega, kõrgepingelagutega või tehnoloogilise protsessi muutmise teel.

Kantserogeenselt aktiivsed on aromaatset amiinid, asoühendid (nende hulgas mõned värvid); uretaanid, fluoreenid, mitmed alküleerivate omadustega ühendid, mille struktuurseteks elementideks on epoksiidid, etüleenimiinid, ipriididerivaadid jt. Kutsevähki on täheldatud isikutel, kes pikemat aega puutusid kokku arseeni, krooni ja berülliumiga. Katseloomadel on saadud kasvajaid ka elavhõbedaga, koobalti-, nikli- ja tsingisooladega, samuti süsiniktetrakloriidi, dultsiini, tanniinhappega. Asbesti, kvartslüüa, metallide, polümeeride ja muude võõrkehade viimisel kudedesse vallandub seal kasvajaoline protsess. Isegi puhta külma vee süstimine rottidele naha alla mitme kuu vältel põhjustab sarkoomi tekkimist. Loomulikult pole vesi kantserogeensete omadustega, vaid kasvaja tekkimist põhjustab krooniline termiline ja mehaaniline ärritus. Tuleb veel nimetada kokantserogeenseid aineid, mis ise vähktõbe ei tekita (näiteks tärpentin, krotoniõli, mõned rasvhapped jt.), kuid vallandavad ja kiirendavad kantserogeeni põh-

justatud kasvajaolist protsessi. Kui süstida uinutit uretaani katseloomadele, tekivad neil kopsus kasvaja. Kuid isegi pikajärgelisel nahale määrimisel ei põhjusta uretaan kasvajaolist protsessi arenemist sellel kohal. Kui aga pärast lühiajalist uretaaniga mõjustamist määrada nahka krotoniõliga, siis moodustuvad sel kohal kiiresti kasvaja. Kahjuks ei tea me veel kaugeltki kõiki tegelikult elus esinevaid võimalikke kombinatsioone ja see teeb vähktõve tekkepõhjuste uurimise eriti raskeks. Pealegi võivad kokantserogeensed ained olla ka ise mõningal määral vähkitekivate omadustega.

Katseloomadele manustatakse kantserogeene mitmel viisil (nahale, naha alla, kopsu, makku jne.) tahkel kujul või vedelas olekus. Nii soodustavad iga liiki tolmut kantserogeenide ladestumist kudedesse, õlid lahustavad neid, pindaktiivsed ained hõlbustavad kantserogeenide tungimist rakkudesse. Katsetingimusi varieerides saadakse väga erinevaid tulemusi. Näiteks tekitavad kantserogeensed süsivesinikud kasvajaid nende toime piirkonnas – nahal ja kopsus vähi, nahaaluses koes aga sarkoomi. Teised ained vallandavad kasvajaolist protsessi ainult manustamise kohast kaugemal asuvates elundites. Näiteks tekitavad suu kaudu antud või nahale määratud ortoaminoasotoluool ja para-dimetüülaminoasobensool ehk võikollane hiirtel, rottidel ja koertel maksakasvaja. Oravatele ja merisigadele need aga ei mõju. Seega on kantserogeeneid mitte üksnes organo-, vaid ka liigispetsiifilised. Järelikult võivad loomadele kantserogeenselt mõjuvad ained olla inimesele ohutud ja ümberpöörduvad.

summaarse mõju suurenemine (ma pean silmas nikotiini ja tööstusettevõtete ning transpordivahendite heitgaasides sisalduva bensopüreeni mõju hingamisteedele) tekitavad mõtte, et vähktõbi, sarkoom, leukoosid tekivad just nimelt nende välis-tegurite toimel.

WILLIAM HARDNER, USA teadlane:

Paljud uurijad on jõudnud järeldusele, et vähktõve juhtumeist on 85 protsenti tingitud ümbritseva keskkonna mõjutustest. Ma arvan, et see on siiski vaid oletus. Kuid kopsu- ja kusepõievähi juhtude sagenemine on kahtlemata seotud ümbritseva

Kantserogeense ohu hindamisel on veel see iseärasus, et erinevalt mürgistest ainetest (plii, vingugaas jt.) ei ole nende suhtes mingit lubatavat piirnormi. Isegi kantserogeenide kõige tühisemad ühekordsed annused võivad aja jooksul materiaalse või funktsionaalse kuhjumise tõttu kasvavalise protsessi vallandada.

Kuidas ja missugustes materjalides kantserogeenseid aineid avastatakse ja millised raskused siin esinevad? Tõrva-des, õlides ja tööstuslikus tolmus saab kantserogeensete süsivesinike olemasolu ja hulka määrata selle järgi, et ultraviolettkiirtes tekib siniroheline fluorestsents. Kuid füüsikalisi ja keemilisi meetodeid tuntakse alles vähe, need on keerukad ja aeganõudvad analüüsid. Pealegi tuleb ette, et analüüsides põhjal ei leidu uuritavas materjalis üht või teist kantserogeeni, kuid loomadele manustamisel saadakse siiski kasvaja. See tõttu on määrav ikkagi bioloogiline proov. Tuleb katsetada sadadel ja tuhandetel eri soost ja liigist loomadel, manustades uuritavat ainet mitmesugusel viisil, erisugustes annustes ja erisuguse aja vältel. Silmaga nähtava kasvaja väljaarenemiseks kulub mõnikord poolteist aastat ja rohkemgi. Kasvaja tõelise iseloomu hindamiseks tuleb teha veel keerukaid mikroskoopilisi uurimisi. See kõik teeb kantserogeensuse uurimise aeganõudvaks, töömahukaks ja kulukaks. Seetõttu ei ole otstarbekas uurida kõiki materjale, vedelikke japrodukte. Seda tehakse valikuliselt, teatavate eelduste põhjal.

Kantserogeensuse määramine toimub katseloomadel ja neid andmeid ei saa vahetult üle kanda inimesele, kuigi põhilised bioloogilised seaduspärasused on kehtivad enamiku loomaliikide kohta. Loomi mõjustatakse standardsetes tingimustes, tavaliselt 1...2 ainega ja harilikult me teame, kus ja millal võib kasvaja tekkimist orienteeruvalt oodata. Inimese organismi võivad aastakümnete vältel mõjustada meile märkamatu ja üheaegselt mitmed kantserogeensed tegurid. Meie seedetrakt, hingamisteed, nahk on lakkamatult nende toimele avatud. Teataval momendil võivad paljud kantserogeensed toimed liituda ja meile praegu teadmata asjaoludel hakkab lõpuks ühes või teises elundis arenema kasvaja.

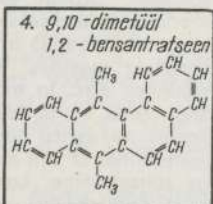
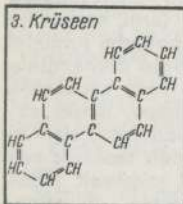
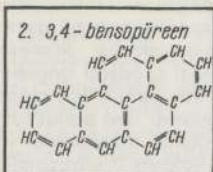
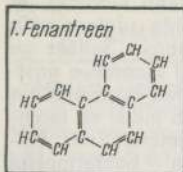
Looduslikke kantserogeene on leitud vähe. Kuid ometi neid esineb. Näiteks kasutavad Lõuna-Aafrika neegrid ravi otstarbel *Senecio* perekonda kuuluvaid taimi. Sealseil elanikel avastatakse sageli maksavähki, mis tavaliselt inimesel väga harva esineb. Katseliselt tehtigi kindlaks, et voolmeristirohu (*Senecio jacobea* L.) alkaloidide manustamine rottidele põhjustab neil maksakasvajate arenemist. Kantserogeenseid nitrosamiine leidub lõhnavas lehtrikus (*Clitocybe suaveolens*), mis on söödav seen. Enamik kantserogeenseid aineid on aga inimese tootmistegevuse tulemus. Järelikult võime me nendest ainetest hoiduda või nendega kokkupuutumise miinimumini viia.

Kantserogeenide üheks peamiseks allikaks on põlevmaavarade – kivisöe,

keskkonna saastumisega. Võimalik, et see on ka mao- ja seedetrakti vähktõve põhjuseks.

ALEKSANDR TŠAKLIN, NSV Liidu Tervishoiuministeeriumi peaonkoloog:

Ma arvan, et enamik inimese kasvajaist tekib mitmete tegurite kompleksse mõju tulemusena, mis ilmneb rakkude paljunemise iseloomu muutumises. Viimaste aastate uuringud keemilise kantserogeneesi ja kasvajate epidemioloogia alal ning elektronarvutustehnika kasutuselevõtt on tõestanud, et mõnede negatiivsete mõjustuste liitumine võib tekitada vähieelset seisundit, mõnigatel juhtudel aga ka vähktõbe.



põlevkivi, nafta, pruunsöe termilise töötlemise ja mittetäieliku põlemise produktid (tahm, suits, nõi). Ka mitmetel meie vabariigis toodetaval põlevkiviproduktidel on füüsikalis-keemilisel teel ja loomkatsetega kindlaks tehtud kantserogeenseid omadusi. Nii sisaldavad kamberahjuõli, generaatoriõli ja tunnelahjuõli ühel või teisel määral 3,4-bensopüreeni ja teisi kantserogeenselt aktiivseid süsivesinikke. Kui neid õlisid määrati hiirte nahale, saadi juba mõne kuu pärast kasvaja. Ühtlasi selgus, et põlevkivi gaasistamise teel 1000°C juures saadud kamberahjuõli sisaldab mõningal määral 3,4-bensopüreeni ja on tugeva kantserogeense toimega. 500°C juures utmisel eralduva tunnelahjuõli 3,4-bensopüreeni sisaldus on kõigest

0,001% ja tema vähkitekitav toime mõdukas. Kui see ei ole vastuolus tootmise huvidega, saab temperatuurirežiimi muutmiseiga mõnede ainete kantserogeensust vähendada. Tehnoloogiliste protsesside automatiseerimise teel, maskide, kinnaste, erirõivaste kasutamisega saab vähendada või täielikult vältida kokkupuutumist mitmesuguste tervisele kahjulike aineteiga.

3,4-bensopüreenil ja teistel selle rühma ühenditel on tugev tuimekasvu stimuleeriv toime. Nähtavasti on see ühenduses nende kantserogeensete omadustega. Ka kasvajaile protsessi üheks kõige iseloomulikumaks jooneks on kantserogeeni toimel vallanduv rakkude intensiivne, pidurdamatu paljunemine. Nii meie vabariigis kui ka mujal on katsetel kindlaks tehtud, et teatavate põlevkivisaadustega võib lumesene arenemise tingimustest olenevalt tõsta taliviljakultuuride saagikust 40...65%. Nende ainete kasutamisel tõusis kartuli enamsaak 50 tsentnerit hektari kohta, kusjuures tärglisesisaldus suurenes kuni 20% võrra. Maisi haljasmassi saak suurenes 30...100%, mõnel juhul veelgi rohkem. See on ökonoomiliselt väga ahvatlev perspektiiv. Kuid väliskeskkonda viidud kantserogeenid võivad üle minna taimsete saaduste koostisse.

Kantserogeenide tekkimiseks ja inimese organismi sattumiseks on veel palju võimalusi. 1959. a. avastasid P. N. Magee ja J. Barnes, et dimetüül-nitrosamiin tekitab katseloomade maksa kasvaja. Nüüd on uuritud ligi 70 N-nitrosoühendi kantserogeensust ning

JOHN HIGGINSON, USA teadlane:

Uute sünteetiliste preparaatide, samuti tehnoloogiliste protsesside muutmine nõuavad kutsehaiguste alal töötavalt arstidelt pidevat valvsust. Et vältida uute kantserogeenide ilmumist, on vaja süstemaatilist kontrolli kõigi tootmisprotsesside üle.

... On alust kinnitada, et viimase 30 aasta jooksul sooritatud keemiliste kantserogeenide uuringud on rajatud ratsionaalsele vundamendile, mis on vajalik nende ainete lõplikuks identifitseerimiseks. Niisuguste uuringute tähtsusest kõnelevad järg-

aktiivsemaid neist kasutatakse laialdaselt eksperimentaalses onkoloogias. Nitrosamiinidel (üldvalem $R-N(NO)-R$) on teiste kantserogeenidega võrreldes mitmeid eeliseid. Nad tekitavad kasvajaid juba paari kuu jooksul väga erinevatel loomaliikidel, ka merisigadel, kellele muud kantserogeenid tavaliselt ei mõju. Need ühendid võivad tekitada erisuguseid kasvajaid paljudes elundites. Ei ole veel küllalt selge, kus ja millisel hulgal leidub nitrosamiine väliskeskkonnas, eriti toiduainetes. Nitrosamiinid võivad tekkida kõikjal, kus nitritid (NO_2) ja sekundaarsed amiinid (üldvalem $R-NH-R$) happelises keskkonnas kokku satuvad. Need võivad moodustada mitmetes tehnoloogilistes protsessides, näiteks suitsutamisel. Jüri Kann Tallinna Polütehnilisest Instituudist tegi kindlaks, et mõnedes suitsutatud kala liikides leidub nitrosamiine kuni 40 mikrogrammi kilogrammi kohta.

Nüüd on aga nitrosamiinide suhtes selgunud uusi asjaolusid, millel võib olla tähtsus mõningate kasvajate profülaktika seisukohast. Seoses lämmastikühendite laialdase kasutamisega põllumajanduses ja toiduainete töötlemisel (näiteks salpeetri lisamine lihasaadustele nende loomuliku värvuse säilitamiseks) satub inimese makku üsna rohkesti nitriteid (NO_2^-) ja nitraate (NO_3^-). Teiselt poolt leidub toiduainetes loomuliku koostisosana sekundaarseid amiine. Viimased esinevad ka mõnede ravimite koostises (efedriin). Kui need kaks komponenti teatavas vahekorras katselooma makku viia, siis sünteesib organism nitrosamiine ja need põhjustavad kasvajate tekkimist mitte ainult maos, vaid ka teistes elundites. Tübingeni ülikooli

hügieeni instituudis tehti kindlaks, et spontaanne nitrosamiinide süntees võib toimuda ka inimese maos. Selleks on eriti soodsad tingimused kroonilise gastriti puhul, kui maomahla happesus on madal. Sel puhul toimub maos ka intensiivne mikroobide vohamine, mis võimaldab nitrosamiinide bakteriaalsel sünteesil. Samuti võivad mitmesugused kroonilised protsessid (eriti seede- ja hingamiseluindeis) olla paljudel juhtudel soodsaks taustaks kasvaja arenemisele vanemas eas. Ja mao- ning kopsuvähk ongi ühed kõige levinumad, ilmselt sa-genemistendentsi näitavad kasvajad. On tõenäoline, et siin etendab teatavat osa ka suitsetamine. Lastel tavaliselt kroonilisi patoloogilisi protsesse ei esine, puudub ka tubakasuitsu kahjustav toime ning neil harilikult mao- ja kopsuvähki ega muid kasvajaid ei teki. Kuid üldiselt esineb ka lastel ja noorukitel nüüd kasvajaid varasemate aegadega võrreldes mõnevõrra sagedamini, mille põhjuseks võib olla väliskeskkonna ja toiduainete intensiivsem saastumine kantserogeensete ainetega.

Kui edaspidised uurimised tõestavad küllaldaselt nitrosamiinide kantserogeenset ohtlikkust, siis võib-olla tuleb teha muudatusi mõnede toiduainete tehnoloogias, piirata nitritite sattumist organismi või kuidagi dekantserogeniseerida nitrosamiine, kui nende moodustumine osutub vältimatuks.

Siin on esitatud ainult mõningaid näiteid keemiliste ainete osast kasvajate tekkes. Kuid pahaloomuliste kasvajate tekkimise põhjusi ja nende arenemist soodustavaid asjaolusid on tõenäoliselt teisigi.

mised arvud: igal aastal sünteesitakse umbes 250 tuhat uut keemilist ühendit, millest 5...10 tuhande juures tuleb kontrollida nende kantserogeensust.

ROBERT M. TAYLOR, Ülemaailmse Vähktõvevastase Liidu peasekretär:

On vaja suitsetavate vanemate tähelepanu pöörata sellele, et nende lapsed naku-tuvad sellest harjumusest. Suitsetamine vähendab eluiga umbes 8 aasta võrra ja seetõttu soodustavad lapsevanemad oma laste eluea lühenemist.

Seyferti galaktikateks nimetatakse selliseid spiraalseid galaktikaid, millel on täiesti helesinine tuum, kust purskuvad välja suured gaasimassid kiirusega mõni tuhat kilomeetrit sekundis. Neid galaktikaid kohtab väga harva ja uurida on õnnestunud neist vaid mõningaid.

Nõukogude astronoomid E. Dibai, G. Zaitsev ja V. Ljutõi vaatlesid kaheksat Seyferti galaktikat. Kasutades saadud vaatlusandmeid, tõstsid E. Dibai ja A. Zasov esile kaht nende galaktikate eripära.

Selgus, et mõned tuuma omadused, nagu näiteks heledus, sõltuvad galaktika heledusest ja massist. Kuna nende galaktikate heledus ja mass muutuvas aeglaselt, võib järeldada, et aktiivsus on seal peaaegu ühesugune selle aja jooksul, mil spiraalne galaktika on veel Seyferti tüüpi. Arusaadavalt ei välista see väikese amplituudiga toimuvaid muutusi tuumas.

Teine omapära on seotud galaktika värvusega. Arvati, et galaktika keskosa on sinisem normaalsete galaktikate vastavast osast vaid seetõttu, et Seyferti galaktikas asub helesinine tuum. Vaatlused näitasid, et Seyferti galaktikad jäävad normaalsetest galaktikatest sinisemaks ka siis, kui kõrvale jätta nende erisinine tuum. Sinist kiirgust registreeriti veel umbes $\frac{1}{3}$ raadiuse kaugusel galaktika keskpunktist. Kiirguse põhjus pole veel teada, kuid tõenäoline on, et see pole seotud tähtedega. Võib-olla on sinise valguse esile kutsunud Seyferti galaktika keskosas olev kuum gaas, mida leidub seal kümneid kordi rohkem kui normaalsete galaktikate vastavas piirkonnas.

LÖUNAPOOLUS SAHAARAS?

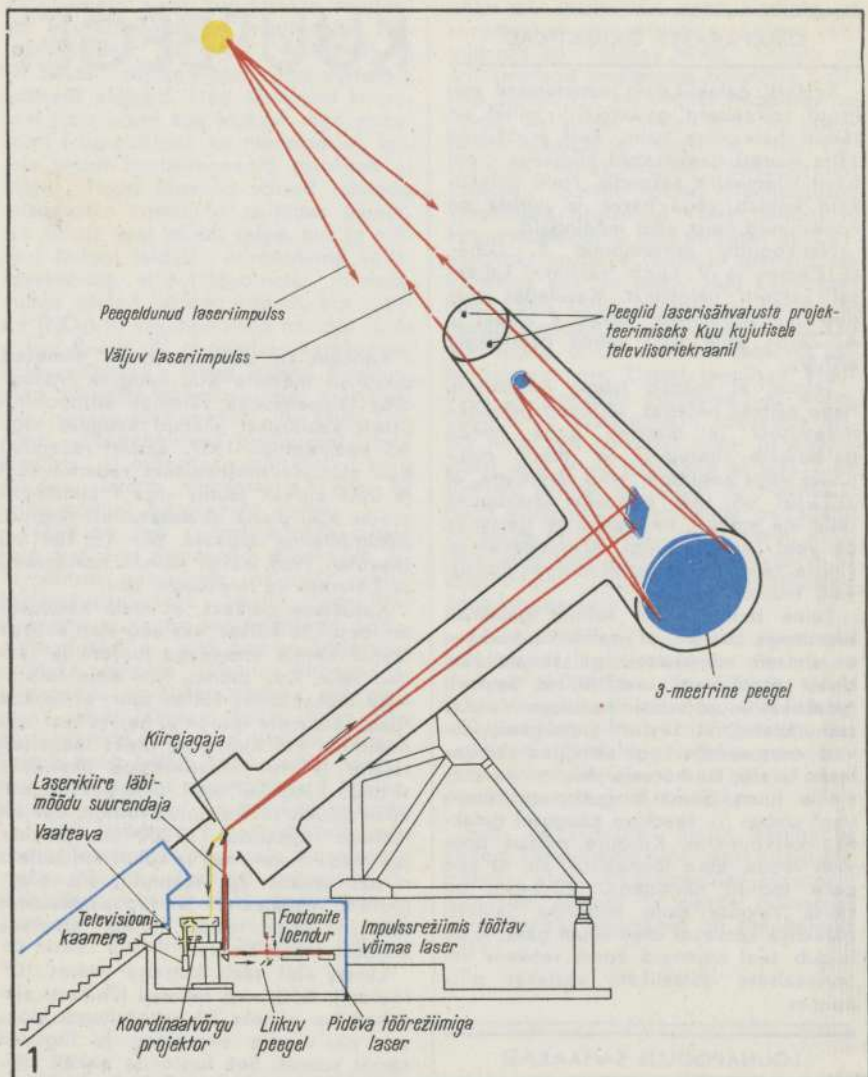
Sahaaras leiti jääliustiku jälgi. See olevat katnud kõrbe nelisada miljonit aastat tagasi. Niisuguse järelduse tegid teadlased rahvusvahelisel geoloogilisel ekspeditsioonil, mille organiseeris Alžeeria geoloogia instituut. Avastus kinnitab hüpoteesi, et siin asus kunagi Maa lõunapoolus.

KUUPEEGEL

Rohkem kui 2000 aastat on inimesed püüdnud määrata Kuu kaugust. Metoodika täienemisega vähenes astronoomilistest vaatlustest saadud kauguse viga 3,5 kilomeetrini. 1957. aastast rakendati Kuu kauguse määramiseks radartechnikat ja üsna kiiresti jõudis viga 1 kilomeetri piirini. Kuu pinna ebatasasustest tingitud põhimõtteline täpsuse piir (± 180 m) saavutati 1965. aastal võimsa rubiinlaseri ja 2,6-meetrise teleskoobi abil.

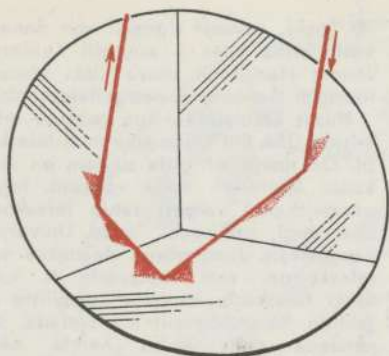
Kujutleme hetkeks, et meie käsutuses on footonite allikas, mis aeg-ajalt kiirgab teatud kindla energiaga footoni ja saadab selle Kuu suunas. Kui meie tulistamise täpsus oleks küllalt suur, et tabada Kuud, kui meie footon ei hajuks teel ega neelduks, kui Kuu pind oleks ideaalselt tasane ja risti Maad—Kuud ühendava sirgega ning kui meil õnnestuks uuesti kinni püüda ja ära tunda footon, mis on läbinud ligikaudu 770 000 km pikkuse tee Maa—Kuu—Maa ja kulutanud selleks reisiks umbes 2,5 sekundit, siis oleks footoni väljalennu ja tagasisaabumise vahelist aega teades lihtne arvutada kaugust Maast Kuuni.

Laseri abil saab korraga umbes 10^{20} footonit. Kõik nad tekivad lühikese ajavahemiku, näiteks 50 nanosekundi jooksul, on võrdse energiaga ja liiguvad samas suunas. See footonite pakett sihitakse Kuule teleskoobi abil. Teel osa footoneid hajub, osa neeldub ja vaid tühi hulk neist (võib-olla kümmekond) jõuab pärast viletsalt peeglit — Kuu pinnalt — peegeldumist tagasi teleskoopi, mis suunab nad laseriga kõrvoolevasse loendurisse. Footonite äratundmiseks lastakse tagasi peegeldunud osakesed läbi filtri, mis on läbipaistev vaid kindla

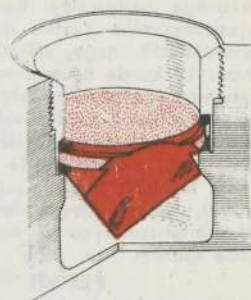


JOON 1. KUU KAUGUSE MÕOTMISE SKEEM.

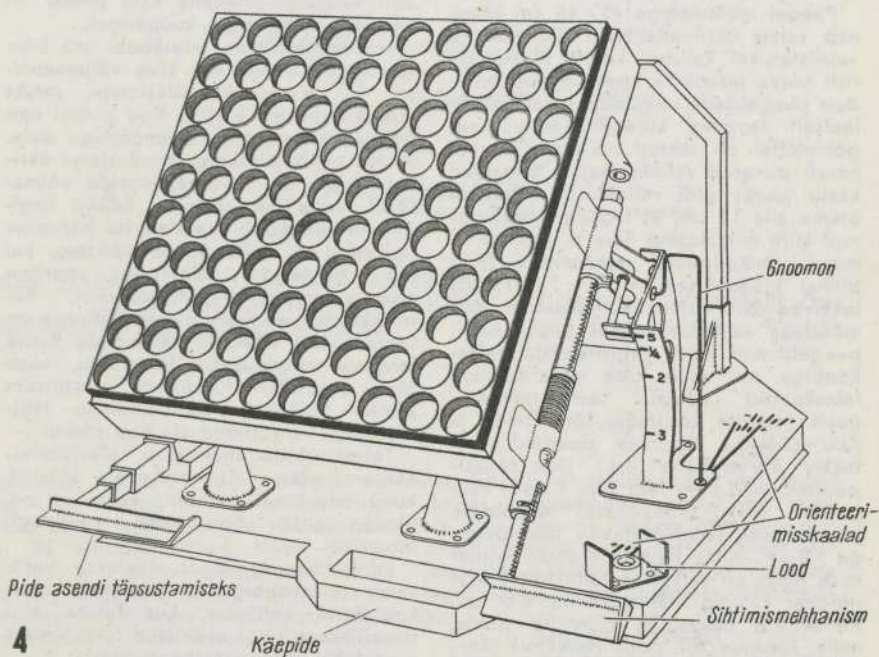
JOON 2. REFLEKTORI TÖÖPÕHIMÖTE. IGAL KOLMEST RISTI OLEVAST PINNAST ON PEEGLDUMISNURK VÖRDNE LANGEMISNURGAGA. PÄRAST KOLMEKORDSET PEEGLDUMIST ON PEEGLDUNUD KIIR PARALLEELNE LANGENUD KIIREGA. IGA REFLEKTOR KUJUTAB ENDAST HOOLIKALT POLEERITUD KUUBI ÄRALÕIGATUD NURKA, MILLE TAHKUEL TOIMUB TÄIELIK SISEPEEGLDUMINE. REFLEKTORI MATERJALIKS ON RÄNIÜHEND.



2



3



JOON. 3. REFLEKTORI ASETUS PESAS. TIHENDITE ÜLESANNE ON VÄHENDADA VIBRATSIOONI KAHJULIKKU MÖJU KOSMOSELAEVA STARDI AJAL JA HILJEM LEEVENDADA TERMILISE PAISUMISE MÖJU.

JOON. 4. KUU-PEEGLI SKEMAATILINE ÜLEVAADE. KUNA PEEGEL ASETATI KUU EKVAATORI LÄHEDALE 23° IDA POOLE MAA KOHAL ASUVAST PUNKTIST, SIIS KALLUTATI PEEGLIT 23° VÕRRA HORIZONTAALSIIHIST. GNOOMONI VARI AITAS PEEGLIT IDA-LÄÄNE SIIHIS ORIENTEERIDA.

energiaga footoneile (s. o. kindla lainepikkusega valgusele). Kuid teleskoopi tagasisaabumine kestab mitte enam 50 nanosekundit, nagu väljasaatmine, vaid umbes 10 korda kauem, sest üks tagasisaabunud foton peegeldus Kuu mäeharjalt, teine kõrvalasuvalt orult, mistõttu nende teed olid isesugused. See põhjustabki põhimõttelise täpsuse piiri ± 180 m. Iseasi, kui Kuul asub tehispeegel, mille peegeldamisvõime on teda ümbritseva pinna omast kuni 100 korda suurem.

PEEGEL

20. juulil 1969 paigaldaski Edwin Aldrin peegli Kuu pinnale.

Peegel mõõtetega 45×45 cm koosneb sajast üksikreflektorist. Reflektorite valmistamisel kasutati kolme üksteisega risti oleva tasapinna ammu tuntud omandust peegeldada valguskiir tagasi paralleelselt langeva kiiriga. Samasugusel põhimõttel on tehtud näiteks liiklusvahendi punased reflektorklaasid. Etteantud kaalu juures pidi reflektorite läbimõõt olema alla 12 cm, et tagada peegeldunud kiire minimaalne nihe ja viia miinimumini temperatuuri muutumisest (Kuu pinnal kõigub see $-170 \dots +130^\circ\text{C}$) tekkivad deformatsioonid. Suurema läbimõõduga reflektori puhul tuleks Kuult peegeldunud kiirt registreerida teleskoobiga, mis asub kiire välja saatnud teleskoobist eemal, sest mitmesuguste tegurite koosmõju tõttu (Maa ja Kuu suhteline liikumine, peegeldumisel tekkiv kõrvalekalle jmt.) jääb tagasi-pegeldunud kiire telg kuni 1,5 km kaugusele väljasaatmiskohast. Küllaldase intensiivsuse tagab reflektor läbimõõduga 3,8 cm. Kuna ka temperatuuri kõikumise mõju on väiksema reflektori korral nõrgem, valitigi läbimõõduks 3,8 cm. Reflektorid paigaldati silindrite põhja, mille sügavus oli pool reflektori läbimõõtu. See vähendas veelgi temperatuuri kõikumise mõju. Pikeaalisuse kindlustamiseks loobuti peegeldavate tahkude katmisest metalliga, tuginedes üksnes täielikule sisepegeldusele.

MÕOTMISEST

«Apollo 11» Kuule laskumise ajaks olid mitmed USA observatooriumid valmis välja saatma laserimpulsi ja registreerima peegeldust. Seda alustati

20. juulil, esimest signaali aga õnnestus vastu võtta alles 1. augustil Kalifornias Mount Hamiltonil asuva Licki observatooriumi 3-meetrise peegelteleskoobiga.

Niisiis kasutatakse Kuu kauguse mõõtmiseks USA üht kõige suuremat teleskoopi. On ilmne, et mida suurem on teleskoobi apertuur¹, seda rohkem tagasi-pegeldunud valgust satub teleskoopi. See ongi põhjuseks, miks Universumi kaugustesse tungimiseks vajatakse suuri teleskoope, sest teatavasti ei suuda ükski teleskoop kaugele kosmiliste objektide näivmõõtmeid suurendada, suurendada saab ainult nende näivat heledust. Samuti pole ühegi teleskoobi abil võimalik eraldada Kuu pinnal nii väikest objekti nagu kuupeegel.

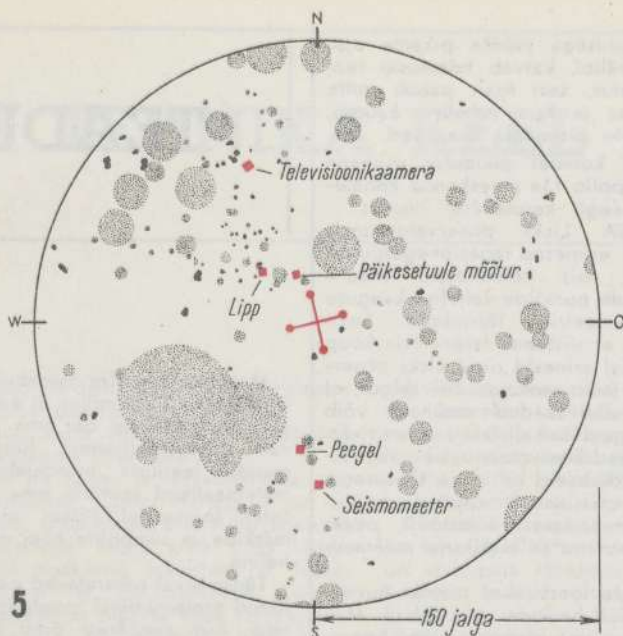
Vähem ilmne on teleskoobi osa kiire suunamisel Kuule. Kui kiire väljasaatmisel ei rakendataks teleskoopi, satuks laserikiir hajumise tõttu Kuu pinnal umbes 500-kilomeetrise läbimõõduga alale. Seega peab teleskoop kindlustama üksikute footonite lennutrajektoride võimalikult range paralleelsuse. Sellest tingitult on teleskoobi kasutamisel hajumine ligikaudu nii mitu korda väiksem, kui mitu korda on teleskoobi apertuur suurem laserikiire läbimõõdust. Kui teleskoobi apertuuri suurendamisega on teoreetiliselt võimalik vähendada Kuule langeva valgussamba läbimõõtu, saab Maa atmosfääri turbulents praktiliseks piiriks ligikaudu 2-kilomeetrise läbimõõduga valgustatud ala Kuu pinnal.

Teleskoobiga ühendatud televisiooni-ekraanil näeme Kuu selle ala kujutist, kuhu teleskoop parajasti suunatud on. Ekraan aitab operaatorit kuupeegli tabamisel.

Peegeldunud valgus võetakse vastu sama teleskoobiga ja juhitakse teleskoobitorni keldrisse, kus filtri abil lainepikkuse järgi eraldatud laserivalgus suunatakse footonite loendurisse.

Footon, liikudes kiirusega 299792,5 km/s, kulutab teekonnaks Kuule ja tagasi 2,5 sekundi ümber. Vastavalt sellele lihitatakse 2,5 sekundit pärast laserimpulsi väljasaatmist vahetult üksteise järel sisse 12 footonite loendurit. Igaüks neist on valmis loendama ainult lühikest aega,

¹ Nurk äärmiste kiirte vahel, mis võivad veel läbida optilist süsteemi.



JOON. 5. «EAGLE'I» LASKUMISKOHA SKEEM.

RISTIGA ON TÄHISTATUD «EAGLE'I» LASKUMISKOHT, KRAATRID ON TUMEHALLID, SUURED KIVID MUSTAD.

mida saab muuta 0,25...2 mikrosekundini. Kõigi loendurite tundlikkuse kestus kokku oleks niisiis 3...24 mikrosekundit. 24 mikrosekundiga läbib valgus 7,2 km, 3 mikrosekundiga aga ainult 900 m. Mõõtmise täpsus sõltub üksiku loenduri tundlikkuse kestusest, olles seda suurem, mida lühem viimane on. Esimese loenduri sisselülitamise momendi valikuks peab mõõtmiste alguses olema Maa ja Kuu vaheline kaugus teada vähemalt 7-km täpsusega, hiljem võib siis mõõtmise käigus saada järk-järgult täpsema tulemuse. Ettekujutuse mõõtmistega seotud raskustest annavad võimalikult kaks arvu: laser kiirgab Kuu suunas välja 10^{20} footonit, neist jõuab tagasi ja satub loendurisse umbes 25. Kuult peegeldunud päikese kiirgus annab seejuu-

res juhuslikke impulsse kõikides loendurites ja ainult üks loendur registreerib kuni 3 korda rohkem footoneid kui teised. Selle loenduri sisselülitamise järjenumber annabki võimaluse määrata tagasipeegeldunud footonite saabumisaja.

MILLEKS PEEGEL?

Peegli asetamisega Kuule saab mõõta kaugust meie kaaslaseni kuni 15-sentimeetrise täpsusega, s. o. suhtelise veaga $5 \cdot 10^{-8} \%$.

Sellise muinasjutulise täpsusega üksikmõõtmise tulemusena saadud Maa ja Kuu vaheline kaugus mingil ajahetkel on teaduse jaoks iseenesest väheväärtuslik tulemus. Seeria mõõtmisi, näiteks ööpäeva kestel, võib aga juba mõndagi huvitavat jutustada. Kui õnnestub eel-

toodud täpsusega mõõta pikema aja-
vahemiku vältel, kasvab tulemuste tea-
duslik väärtus, sest huvi pakub mitte
niivõrd Maa ja Kuu vaheline kaugus,
kuivõrd selle pisimadki muutused.

Huvitava kombel puudutas esimene
tulemus «Apollo 11» meeskonna kohale-
asetatud peegli kasutamisel hoopis...
Maad. USA Licki observatooriumis
registreeriti esimesed tagasipeegeldused
kuupeegli, mis võimaldasid Maa—
Kuu vastavate punktide vahelise kauguse
määrata 9-meetrise täpsusega. Seal-
juures leiti, et süsteemi laser—teleskoop
koordinaadid erinesid pisut Licki obser-
vatooriumi jaoks antutest. Nii selgus, et
kuupeegli abil saadud andmeid võib
kasutada geofüüsikalisteks uurimisteks.
Näiteks saadakse maapealse vaatlus-
jaama koordinaadid nii suure täpsusega,
et paari spetsiaalselt rajatud mõõte-
jaama mõneastasest koostööst peaks
piisama mandrite triivi kiiruse määrami-
seks.

Maa kohta loodetakse muidki huvita-
vaid andmeid hankida. Muudab ju Maa
põhjapoolus oma asukohta väga keeru-
kal viisil, liikudes aastas umbes 60 m
ligikaudu elliptilist teed mööda. Põhju-
seks arvatakse olevat masside ümberpaigutamine kas atmosfääris või siis maa-
kooses. Viimasel juhul peaksid maavä-
rismised ja põhjapooluse liikumine
omavahel seotud olema ning põhjapoo-
luse asukoha täpne määramine kuu-
peegli abil võib rikastada meie teadmisi
maavärinjustest ja võib-olla lubab neid
isegi ennustada. Esimest korda saab
täpselt uurida Maa pöörlemise ebaüht-
lust.

Kuupeegli hangitakse täpseid and-
meid nii Kuu orbitaalse liikumise kui ka
pöörlemise kohta, mis omakorda aitab
määrata Kuu massi jaotust. Värske
teadmiste valgusel loodetakse mõista-
tada Kuu minevikku.

Lõpuks tahetakse Kuud nagu Newtoni
aegadelgi kasutada gravitatsiooniteo-
riate proovikohana. On alust arvata, et
Universumi paisumise tõttu gravitatsi-
oonikonstant aeglaselt väheneb. Kuu
liikumise jälgimine pikema aja vältel
peaks näitama gravitatsioonikonstandi
tegelikku muutumist.

Alakirja «Scientific American» põhjal
ELMAR VESMAN

TEADUSE

Matemaatikavallas tuntakse hulgaliselt
teaduslikke töid, milles ei kasutata sõnu,
sest matemaatikal on oma keel. Erine-
valt loodusteadlastest, füüsikutest või
muude teaduste esindajatest ei vaja
matemaatikud seetõttu oma rahvusvahe-
listel foorumitel tõlke: matemaatiliste
märkide ja sümbolite keel on rahvusva-
heline.

Tänapäeval rakendavad paljud teadus-
harud matemaatilisi meetodeid ja mõis-
teid. Just seepärast ongi matemaatika
keel muutumas teaduse keeleks. Paraku
on matemaatika abil väljendatavad mõis-
ted liialt abstraktsed. Nii võib mõni kat-
se, mis kirjeldab igapäevaseid nähtusi ja
esemeid, masinate detaile, tarberiis-
tu jms., anda ootamatult veidraid tule-
musi. Seda kasutas hiljuti osavalt üks
teaduslik-fantastiline ajakiri, mis tõi oma
veergudel ära järgmise katkendi nn.
21. sajandi dialoogidest.

Lektor: «Kujutlege nelja monotsükli-
list agregaat, mis kulgevad piki ekvi-
distantseid trajektore...»

Tõlk-robot: «Kujutlege ... ee... nel-
ja ratast...»

Suhtudes ülaltoodud näitesse veidi
tõsisemalt, näeme, et robot oskas mate-
maatiku sõnade tähenduse edasi anda
hämmastavalt lühidalt, täpselt ja, mis
peaasi, väga lihtsalt. Mehaanilise mäluga
tõlkeaparaat sai sellega hakkama, sest
matemaatilised mõisted on lühikesed ja
ranged. Robotist tõlk oleks sattunud (ja
satume ka meie, erialaste tekstide
reaalsed lugejad) hoopis raskemasse
olukorda, püüdes võõrkeelde tõlkida
või «oma sõnadeqa» edasi anda füüsi-
kute, keemikute jt. rohkearvuliste teoo-
riate, hüpoteeside jms. tähendust. Ruumi-

JA TEHNIKA KEEL

puudusel piirdume ainult ühe spetsiaalse
teadusliku ajakirja tsiteerimisega.

Läinud aasta algul olid tolle ajakirja
ühes kirjutises järgmised read:

«Väli on kõrge ja teravapiiriline, he-
mispondiilium sügav. Harjaplaad on ti-
henenud, ümar-täisnurkne. Kilbi sisepind
granuleeritud. Septa pikk ning kitsas.
Lukujätk massiivne, lukuplaad lai. Trans-
versaarium lai, keskpaindega. Tõusev
aparaat esineb pika ja kitsa kiilukujulise
peaplaadina, mis tagumises otsas harg-
neb kaheks. Küljekilbid kulgevad tõusva
aparaadiga peaaegu täisnurgi, kusjuures
nad võivad olla kergelt paindunud. Las-
kuv aparaat hõlmab kogu ruumi tõusva
aparaadi ja granuleeritud äärega piira-
tud süvendi vahel.

**Alumisel kilbil on kahe paari avavate
lihaste jälgend. Lofofoor on skisolo-
fuusne...»**

Lugege ülaltoodud katkend ette, jättes
rasvaselt trükitud lõigu ära. Teie kuula-
jad, kes nad ka ei oleks, ei suuda ära
arvata, millest antud katkendis räägitak-
se. Võite kuulda arvamusi, et tegemist
on Veenuse imeelukaga või mittemaise
päritoluga liiklusevahendi detailidega.
Mõtte keegi, ka salapärase objekti uurija
ise, ei oskaks pidada seda fossiilse mol-
luski kivistunud koja kirjelduseks.

Ent tõlk-robot peab otsekohe taipama,
millest oli kõnealuses kirjutises juttu.
Roboti mälus fikseeritakse selleks termi-
ni «hemispondiilium», «lofofoor», «ski-
solofuusne» ja kümned tuhandet teised
kõikides teaduse ja tehnika valdkonda-
des kasutatavad erimõisted. Kuid ka ro-
boti ette kerkivad peaaegu ületamatud
raskused, kui ta kuuleb või loeb tehnika
sõnavarast ülevõetud suhteliselt kergesti

mõistatavaid termineid «lukujätk», «tõu-
sev aparaat», «peaplaad», «granuleeri-
tud äär» jm., mis aqa antud juhul on
hoopis teistsuguse tähendusega kui
artiklis, milles kirjeldatakse näiteks uut
kaevandusmasinat.

Tänapäeva teaduse ja tehnika keeles
on tuhandeid kattuvaid termineid, millel
on erisugune tähendus mitte ainult nii
kaugetes teadusharudes, nagu paleonto-
loogia ja tehnika, vaid ka üksteisele
lähedastes distsipliinides. Ühe sõna mit-
mesugune tähendus pole 21. sajandi
robottõlgile ainsaks raskuseks. Teadus-
likke termineid võetakse üle mitte ainult
teistest teadusharudest, vaid ka teistest
keeltest. Erialane oskussõna *benziin* pä-
rineb Prantsusmaalt. Kuid olgu märgitud,
et prantsuse keeles mõistetakse nime-
tuse *benzine* all enamasti nafta fraktsi-
ooni, mis meil on tuntud benseenina.
Säärane olukord võib tekitada hulganisti
arusaamatusi tõlkimisel prantsuse keelest
vene (samuti ka eesti) keelde või vastu-
pidi. Toome veel ühe näite. Ühendriiki-
des on *benziini* nimetuseks *gasolene*,
«vanal heal» Inglismaal aga *petrol*.
Petrooleumi nimi USA-s nagu vene kee-
leski *kerosene*, kuid Suurbritannias kasu-
takse terminit *paraffine*.

Robotist tõlk talletab oma mälusead-
messe, tavalised tõlkijad aga peavad
teadma peast, et termin *süttiv* (tuleoht-
lik) on inglise keelde tulnud samuti
prantsuse keelest, sõnast *flamme* —
leek. Kuid Briti kaubad saavad tuleoht-
likkuse korral pealdise «*Inflammable*»,
mis sõnasõnaliselt tõlkes tähendab umb-
kaudu vastupidist, s. o. «mittesüttiv». Nii
tekkiski New Yorgi sadamas ränk
tulekahju, sest Inglismaalt saabunud

kaubakastidel ettevaatusele kohustavast märkusest «Inflammable!» saadi valesti aru, a-rvati, et tegemist on mittesüttiva kaubaga.

Üks ja seesama tehiskiud, mis Ameerikas on tuntud *orlon'i* nime all, Albionil tituleeritud *curitel'iks*, kannab Jaapanis nimetust *cashmilon*. Nõukogude Liidus kasutatakse sama materjali nimetamiseks terminit *nitroon*. Seda ei tohi hetkekski unustada tõlkijad ja insenerid, kes loevad Ameerika, Inglise või Jaapani teaduslikke artikleid, mis kõik ilmuvad ingliskeelsetes ajakirjades. Sellele lisandub veel kodumaine teaduslik informatsioon — artiklid vene ja rahvuskeeltes.

Kuid ka ühe riigi piires, kas või näiteks meil Nõukogudemaal, kannavad mitmesugused esemed ja ained erisuguseid nimetusi. Nii esineb lihtne keemiline ühend, mida lühidalt märgitakse valemiga $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, meie teaduslikus kirjanduses ja õpikuis mitme nimetuse all: kaltsiumnitraat, lämmastikhapu kaltsium (vananenud nimetus), kaltsiumsalpeeter, lubisalpeeter, norra salpeeter. Esimesel pilgul on antud olukorrast väljapääsu leida lihtne: pruugib vaid kohustada kõiki alati tähistama lämmastiknitraati (kaltsiumsalpeetrit jne.) keemilise valemiga $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, mis ei vaja muuhulgas ka tõlkimist võrrekeltesse.

Paraku veendume varsti, et valemid ei päästa alati keerukast olukorrast. Peale selle ei austata mitmesuguste nimedega ainuüksi keemilisi ühendeid. Aastaid taqasi Ühendriikides korraldatud uurimus näitas, et mitmesuguseid masinate ja aparatuuride ühtesid ja samu detaile tähistatakse mitmete erisuguste terminitega. Kurioosne tõsiasi: tavalisel seibil on näiteks 57 eri nimetust! Sellise segaduse tulemused ei andnud end kaua oodata. Teise maailmasõja ajal avastati ühes USA lennuväebaasis Panama kanali tsoonis, et kaugpommitajatele ei jätkunud teatavaid varuosi. Sõjaväebaasi lattu esitatud nõudmisele vastati, et vajalikke detaile laos ei ole. Kui puuduvad varuosad lõpuks Ühendriikidest kohale jõudsid, selgus, et neid samu detaile oli laos külluses, kuid formularitesse olid nad kantud hoopis teise nimetuse all.

Parem ei ole olukord ka teaduse rindel. Piirdume üheainsa näitega. Hiljuti ajakirjanduses avaldatud geoloogia keele (terminite) probleemidele pühendatud artiklis kirjutatakse: «Geoloogia keele iseloomulikuks omaduseks on sõnade mitmetähenduslikkus, mis tuleneb sellest, et spetsialistide (antud juhul geoloogide) keel on oma sõnavara laenanud kõnekeelt. Päägaugu igal geoloogia oskusal on vene keeles näiteks kakskolm tähendust, erandjuhtudel koguni kuni kuus vastet.»

Eeltoodus peitub sügav mõte: polüseemia (sõna mitmetähenduslikkus, s. o. ühel sõnal on mitu erisugust tähendust) on teaduslik-tehniline keel pärinud «loomulikult» keelelt. Kõikides keeltes on rohkesti sünonüüme, s. o. sõnu, mis on sarnase või liigilähedase tähendusega. Need ja mitmed muud keelte «puudused» annavad keeltele nende omapära, kõla, varjundirikkuse, väljenduslikkuse jm., mis võimaldab küllaldaselt arenenud keeles edasi anda kõiki mõtte- või tundevarjundeid. Ainult antud keelele omaste idioomide olemasolu, mis tõlkijatele muide valmistab tihti täiendavaid raskusi, annab sellele keelele kordumatu ilu. Ilukirjanduslike teoste tõlkimise aastasadade pikkused kogemused on näidanud, et alati saab valida emakeelseid analoogilisi sõnaühendeid, mis suudavad edasi anda iga väljendi mõtte.

Alles hiljuti oldi arvamisel, et teaduslik-tehnilisi tekste on võrratult lihtsam tõlkida kui ilukirjandust, sest teaduse keel on täpne ja lakooniline. Teaduse keelt süüdistati seetõttu kuivuses, kuid samal ajal hinnati vaieldamatult muid eeliseid, ja kordame: eelkõige täpsust, täpsust ja veel kord täpsust. Ülaltnodud näited, mille arvu oleskime võinud mitmekordistada, tõendavad, et teaduslik-tehnilise keele enneolematu täpsus vajab vähemalt... täpsustamist.

Uurides üksikute sõnade ja väljendite arenemist, selgub, et keel on valinud rohketest variantidest sobiva mitte vähem hoolikalt kui luuletaja või romaani kirjanik oma loomingus. Just seetõttu on keel samasuqune rahvusliku kultuuri lahutamatu osa nagu ilukirjanduski.

Teaduse keelel on samuti pikk ajalugu, kuid tema normaalne ja järkjärguline

arenemine on viimaste aastate ning aastakümnetega häirunud. Teaduslik-tehnilise informatsiooni kiire kasv, teaduse ja tehnika progress on viinud selleni, et teaduse ja tehnika keel rikastub igal aastal loendamatu terminite ja väljenditega. Aasta jooksul lisandub sellesse uusi mõisteid märksa rohkem kui kõnekeelde aastakümnetega.

Tuleb arvestada veel üht asjaolu. Shakespeari ja Puškini loomingus kasutatud sõnade hulka loendatakse kümnete tuhandetega. Igapäevases elus saame lahedasti hakkama mõne tuhande sõna ja väljendiga. Orgaanilisi ühendeid on käesoleval ajal teada umbes kolm miljonit, kusjuures ühe aasta jooksul sünteesitakse keskmiselt 50 000 uut ühendit juurde. Igaüht tuleb aga mingil viisil tähistada, igaühel neist peab olema oma nimi. Nõukoode Liidu tööstustoodangu ning kaupade ja põllumajandussaaduste loetelus on umbes kümme miljonit nimetust. Iga aastaga see loetelu aga pikeneb...

Uusi kaupu, keemilisi ühendeid, asteroide ning elementaarosakesi tuleb samuti kuidagi moodi tähistada. Selleks on kaks võimalust. Ühel juhul, õnneks suhteliselt harva, valitakse uued nimetused juhuslikult. Neid annavad konstruktorid, leidurid ning teadlased uudsetele nähtustele, masinatele jms. esmaavastaja õigusega, nii nagu vanasti «ristiti» meie planeedi saari ja mäetippe ning nagu praegu ristitakse geograafilisi objekte. Kuul. Sellistel juhtudel ei ole teadlaste fantaasia millegagi piiratud. Viimastel aastatel on maailma füüsikud rohkem kirjutanud kvarkide hüpoteesist, märkides seejuures, et terminit *kvark* (ameerika teadlase Nobeli preemia laureaadi Gell-Manni soovitatud) on võimatu ratsionaalselt seletada. Saksa keeles on *kvark* (*Quark*) kohupiim, kuid nimetatud piimasaadusel pole midagi ühist ei tuumafüüsika ega ka hüpoteetiliste elementaarosakestega. Lõpuks selgus, et kvarkide teooria autorit ja uute osakeste ristitsa oli mõjutanud stseen J. Joyce'i romaanist, kus heitunud kangelase pea kohal tiirlesid kajakad, kriisates: «Kvark, kvark!» ning süvendasid veelgi peategelase kokkumist. Kajakate kisa oli ähvardav ja mõistatuslik. Gell-Manni arvates on tema oletatud elementaar-

osakestel hulgaliselt hämmastavaid omadusi ning füüsik, mõjustatuna J. Joyce'i teosest, soovitas osakesi nimetada kvarkideks. Kui kõikidele uutele nähtustele, kaupadele jne. antaks nimetused nii sama meelevaldselt, siis oleks teaduse keel juba ammu muutunud arusaamatuks. Tegelikult moodustatakse rõhuv enamik uusi nimetusi kindlate ja rangete reeglite järgi.

Ülal oli juttu keemiliste valemite lühidusest. Kuid lühivalemid H_2O või toosama $Ca(NO_3)_2$ ei peegelda keerukama ehitusega keemiliste ühendite iseärasusi. Mõningate keemiliste ainete valemid on vägagi komplitseeritud ja pikad (näit. $H_2NCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2NH_2$ — heksametüleendiamiin). Seetõttu rakendatakse keemiliste ühendite nimetamisel samuti rangetl kindlaksmääratud reegleid. Lihtsaimad neist leiavad kasutamist metaani, etaani, butaani, pentaani, heksaani jne. nimetuste moodustamisel, kus sõnade ladinakeelne tüvi näitab küllastatud süsivesiniku aatomite arvu orgaanilise ühendi molekulis. Kuid niisugusel sõnade tuletamisel ei ole võimalused piiramatud. Juba praegu võib keemia terminoloogias kohata mõistet «metaanoksiidetüüldiamidofenüüldiotüülkarbünooldisulfoonhape». Oskussõnade-alase «hiina keele» loomisel ei paista silma üksnes keemikud. Metallurgid on sunnitud üht terasemarkidest märkima sellise tähtede ja arvude reaga: X171110MSA312HPI. Mitmesuguste esemete ja nähtuste tähistamiseks vajalike sõnade puudumine on viinud selleni, et ametlike terminite hulka arvatakse suhtelisel pikad ja põhjalikud kirjeldused. Kuidagiviisi ei saa lühemalt väljendada näiteks järgmisi mõisteid: «turbiini kasuliku tegevuse efektiivne koefitsient pidurdusparameetrite järgi», «horisondi indikaator, mille nullkaugused on viiud ringjoonele». Toodud näited ei ole erandid, neid leidub tänapäeva teaduse ja tehnika keeles tuhandeid.

Enam ei pane imestama, et teaduse keele keerukuse ja isegi saladuslikkuse üle kurdavad mitte ainult pedagoogid, üliõpilased ja insenerid, vaid ka uusi mõisteid loovad teadlased ise. Hiljuti kirjutas Edinburgh'i ülikooli professor Richy Calder: «Üks peamisi teadmiste populariseerimist raskendavaid põhjusi

on terminoloogia. Teadlaste keel on muutunud saladuslikuks. Mõnikord näib mulle, et oskussõnad on tuletatud selleks, et viia nende kasutajaid eksiteele...» Seejuures ei pidanud R. Calder silmas ainult populaarteaduslikke raamatuid ja kirjutisi, vaid teaduslik-tehniliste andmete pruukimist väljaspool kitsast teadlasteringi. «Keelebarjääride» probleem teadlaste rühmituste vahel muutub üha teravamaks. Seni aga need barjäärid aina kasvavad.

Et kas või mingil määral lahendada kerkinud terminoloogia-alast probleemi, töötatakse välja ühtseid reegleid keerukate terminoloogiasüsteemide koostamiseks ja selekteeritakse hoolikalt olemasolevaid oskussõnu.

Autoriteetsetest eriteadlastest koosneva terminoloogiakomisjoni töö tulemused avaldatakse regulaarselt teatmetest — terminite soovitusõnastikena. Seesugused sõnastikud on kutsutud ja seatud abistama teaduslik-tehniliste väljaannete autoreid, erialaste ajakirjade toimetuste töötajaid ning muidugi ka vahetult teaduslik-tehnilise informatsiooni tarbijaid.

Tuleb tunnustada, et terminoloogia-teadmikud ei suuda rahuldada tekkinud vajadusi. Nimetatud sõnastike, eelkõige aga nende koostajate tegevusväli on piiratud.

Olemasolevate sünonüümide hulgast võib välja valida ühe, võib püüda vahetada ebaõnnestunud, ehkki laialt levinud termineid sobivamatega. Nii näiteks soovitab 1968. aastal ilmunud «Oskussõnade soovitusnimestiku» 57. anne, mis käsitleb kvantelektronikat, loobuda terminist «laser» ja asendada see terminiga «kvantgeneraator».

Soovitada on muidugi lihtne, kuid kuidas talitada siis, kui nn. loomulikus keeles ei jätku sõnu kõikide nimetamist nõudvate ja väärivate mõistete tähistamiseks? Mida teha mitmesõnaliste terminite-kirjeldustega? Mis me hakkame peale keemiliste valemitega, mis ühte tekstiritta enam ära ei taha mahtuda? Kuidas kindlustada otstarbekohaseid väljendeid ja nimetusi nähtustele, mis avastatakse tulevikus, ja avastustele ning masinatele, mis luuakse homme, aasta pärast, võib-olla isegi saja aasta pärast?

Huvitava ettepaneku tegi hiljuti Nõukogude teadlane Svadost. Et õpetlase arvamusel järgi ei kõlba ükski tavaliistest keeltest miljonite sobivate terminite moodustamiseks ja veelgi vähem on selleks kohased tehiskeeled (volapük, esperanto jt.), tuleb luua põhimõtteliselt uus keel. Ühtne ülemaailmne teaduse keel peab koosnema sõnadest, mis on võimalikult lühikesed ja kergesti hääldatavad. Viimasele nõudele vastavad hästi sõnad, kus kaas- ja täishäälikud paiknevad vaheldumisi. Uute oskussõnade järgmine tähtis omadus seisneb selles, et igal tähel on oma tähendus, umbes nii, nagu sümbolitel matemaatikas või suurtel tähtedel paljudes lühendites (UNESCO, SECAM). Seejuures on leib vastava tähe tähendus tema asukoha: t sõnas. Näit. «o» sõna algul on hoopis teistsuguse tähendusega, kui «o» teises silbis, kolmanda silbi «o»-l võib olla jälle uus tähendus jne. Tähtis on vaid see, et «o» kõikide terminite esimeses silbis tähistaks vähemalt antud teadusharus üht ja sama mõistet.

Tutvunud põgusalt soovitatava teaduse keele põhimõtetega, püüame nüüd lugeda venekeelset sõna *korova*. Sõna esimene täht «k» tähistab meie näites põllumajandust, esimese silbi «o» loomakasvatust, «r» — piimatoodanguga seotud loomakasvatust, teise silbi «o» oleks emane veis, «v» — täiskasvanud piimaandev loom (et eraldada teda vasikast) ja lõpuks «a», mis näitaks veise-tõugu. Teadlane kinnitab, et ülaltoodud näide on vaid soovitatava rahvusvahelise kodeeritud terminoloogiakeele fingilik illustratsioon. Kuid prof. Svadosti ütluse järgi «saab iga mõiste oma, kogu maailmas ühtmoodi tõlgendatava termini, mis lõpuks ongi kõige tähtsam. Kodeeritud terminoloogiatähestiku alustesse talletatakse reservid ka uute, meile praegu veel tundmatute mõistete ja nähtuste tähistamiseks reaalsete sõnadega.» Iga meelevaldse termini tähenduse saab prof. Svadosti süsteemi abil dešifreerida (või ka koostada) tema koosseisu kuuluvate tähtede abil.

ERGEI ALTSULER
AJAKIRJAST «HTO CCCP»

ÜHINE EESMÄRK

MAA ALL...

Tunked selga tõmmanud, kummisäärikud jalga tirinud ja kiivri pähe pannud, hakkasime maa alla laskuma. Andis minna. Oma kakskümmend kaks meetrit. Horisontaalsuunas tühi asi, aga kat-su vertikaalis liikuda, kui jalge all märg, libe ja järsk trepp.

Kõrval liftikambris liiguvad vagoneid. Täielt üles ja tühjalt alla. Lõpuks leiab jalg maa-aluselt pinnalt kindlat tuge. Jätkame teekonda tuhmidest tuledest valgustatud liipeid mööda. Ütlete, et raudteel käimine keelatud. Siin on teised seadused, ja kuhu sa hing ikka astud, kui ruum kitsas: laiust kõigest 3,3 meetrit.

Varsti läheneb selja tagant suitsuta vedur. Astume pisut kõrvale, otsime seinalt tuge. Veduril istuv mees hoiab „loogapuud“ käes, mis laes olevalt juhtmelt elektrit võttes ümbritsevasse ruumi sädemeid pillub. Sõit läheb lõppjaama, kus transportöörid vagonette täidavad. Sihtkohta aga toimetatakse raudbetooni.

Meil tuleb jalgsi edasi minna. Eeskirjad ei luba siin inimesi vedada.

„Näete, 500 meetrit juba seljataga,“ viitab numbritele seinal teekaslane mäeinsener Anatoli Novikov.

Möödume kompressorist, mis maapinnalt värsket õhku tunnelisse imeb. Veel 700..., 400..., 200 meetrit...

„Trrrahhhh!“ — ja vaikus lõpeb. Lähenevad uudistades vägevale agregaadile. 3,7-meetrise läbimööduga pöörleva hammastatud kettaga kraabib see endale maa all teed. Poeme äsja seistud transportööride alt läbi, veidi lähemale. Läbija Pjotr Kovaljov haagib praegu metallrullikutel kohaletoimetatud kaarja raudbetoonist seinapaneeli hüdraulilise seadme haardesse. Masinist Viktor Loza vajutab kangile ja omapärane mehhanism, millele nime ei oska andagi, teeb poolpöörde, sirutab oma koivad koos sinna külge haagitud paneeliga välja ja torkab selle osavalt seinale, lukustades eelmised kohalepandud viis detaili ringjoonel asuvaks tervikuks. Tallinnasse rajatav kollektor on jälle 75 cm võrra pikenenud. Veel veerand tundi ja ka järgmised viis paneeli on paika sobitatud. Kakskümmend hüdraulilist tungrauda venivad nagu pikad kombitsad aegamisi suure masina külgedelt välja, surudes kattepaneelid tu-

gevasti vastu eelmisi. Lukusti-paneeli koht jääb esialgu tühjaks, sinna seatakse ajutine tugi. Lõpeb veel üks monteerimistsükkel.

Jälle hakkab täisautomaatagregaat mutina edasi rühkima. Ainult selle vahetega, et maa peal olijaile ta endast märku ei anna. Muidu ei saaks Nikonovi tänaval liikudagi (asume just selle elava liiklusega sõidutee all).

Aeganõudev on see töö. Edeneb teosammul. Meeter-poolteist vahetuses, 4...6 ööpäevas, kilomeetri ümber aastas. Kuigi kaks 22-kilovatist mootorit lõiketera ringi ajavad, ei luba kõvad saviliivakihid jõudsamat tempot arenada.

Juhtub ka ootamatusi. Tallinna tingimuste üle üldiselt nuriseda ei saa, põhjavesi liiga ei tee. Kuid 70 meetrit enne peapumbajaamani jõudmist kohtuti voolava saviga. Nüüd ei aita muu, kui peatada savi suruõhuga ja läbida vahemik teisel meetodil. Praegu on kollektori selles otsas edasilükkumine ajutiselt katkestatud. Teises otsas, kus me nüüd viibime, täituvad aga vagonedid transportöörilt tuleva pinnasega. „Vahetuse lõpuks peaks veel mõne kukesammu edasi saama,“ arvab mehaanik Ivan Buhtijarov. Siis tuleb teine vahetus, kolmas, neljas, esimene...

Õed-päevad, välja arvatud pühapäev, töötavad Tallinnas ehitatava peakollektori rajamisel Minski Spetsialiseeritud Ehitustrusti mehed, kes panevad Tallinna jääkveed edaspidi nii jooksma, et tallinlane rahule jääb.

Tallinna Polütehnilise Instituudi Sanitaartehnika Teadusliku Uurimise Laboratooriumi kollektiiv eesotsas tehnikadoktor Harald Velnri ja füüsika-maatikadoktor Ain Aitsamiga on selle üle pead mürdnud ja katsetega vaeva näinud juba aastaid. Nimetatud kollektiivi poolt saadud katseandmed ja teoreetilised arvutused said aluseks „Eesti Projekti“ projekteerijatele.

1968. aastaks jõudis Tallinna uue kollektori projekt, mille põhilahendus on insener Ilmu Sukalt, ehitajate kätte ja sama aasta novembris alustati kollektori rajamist. Tänaeks on sellest ligi 2,5 kilomeetrit valmis.

Et linna heitveed juhtida merre ainult ühest kohast, oleks pidanud paika panema suure läbilaskevõimega toru. Lahtine kaevandamine ei tulnud kõne allagi. Tallinna lahe kaldal tihe hoonestus ja kitsad tänavad, raudteed, side- ja elektriliinid seda ei võimaldanud. Otsustati: uuristada tunnel, kindlustada see paneelidega ja katta seestpoolt veel raudbetoonsärgiga, mis peaks vastu igasuguse koostisega heitveele.

Selle töö tunnistajaks olimegi tunnelkollektoris, mis tulevikus kulgeb 5,2 kilomeetri ulatuses Tuukri ja Ahtri tänavas, Mere ja Põhja puistee, Nikonovi, Uus-Kalamaja ja Tööstuse tänaval. Kollektoris juhatakse väiksemate harude kaudu heitveed linna eri piirkondadest. Väiksema läbimõõduga (2,6 m) kollektor ehitatakse Lasnamäe suunas ja eriharu Pelguranda.

Kogu pealinnas kõlbmatu vesi suubub siis praegu Paljassaare algusesse ehitatavasse peapumbajama ja sealt survetorustiku kaudu Paljassaare otsa, kus see teatud astmeni puhastatakse ja 3 kilomeetri pikkuse toru kaudu 27 meetri sügavusele merre suunatakse. Järelejäänud reostusega tuleb meri toime isepuhastamise teel.

...JA MEREL

Pärnu nagu Tallinngi on merelinn. Muredki ühised. Kuhu ja kuidas paisata heitvesi? Kahjuks on Pärnu jõgi pidanud seniajani täitma loodusliku kanalisatsioonitoru osa. Kuid jõgi ei suuda puhastada Sindi tekstiilivabrikuga Pärnu linna heitvett, see kantakse lihtsalt lahte, kus ohustab kalamajandust. Madal laht ei suuda isepuhastamise teel ka rannavett normis hoida, eriti kui tuul merelt lõõsub.

Siingi on jõudnud järg sama teed pidi – teadlased + projekteerijad – ehitajate kätte.

Kavas on ühendada Pärnu ja Sindi ning nende vahel asuvate ettevõtete heitvesi ühte süsteemi. Praegu rajatakse

TULEVIKUS HAKKAB SIIN VESI VOO-LAMA.

BORIS MURRU foto.



segi Sindist Pärnusse 12 kilomeetri pikkust torustikku, milles vesi surve all voolama pannaakse.

Vasak-kalda Pärnus on kanalisatsiooni põhivõrk ja peapumbajaam juba valmis. Möödunud aastal lõpetati surve-torustiku ja düücri ehitamine, mille kaudu heitvesi jõe alt läbi voolates suundub lähemal aastatel Vana-Pärnusse ehitatava puhastusseadmeni.

Enamiku töödega on hästi toime tulnud Pärnu Spetsialiseeritud Ehitusvalitsus. Düücri keeruka hüdrotehnilise rajatise tegi aga Leningradi sama nimega ehitusorganisatsioon. Jõgi süvendati ja paigaldati torud jõe põhjast arvates 3 meetrit allapoole, sest hiljem on plaanis jõge veelgi süvendada.

Möödunud suvel kandusid tööd juba merele.

Nagu meremadu lookleb rannaliival. Ainult ei liiguta, on raskete malmvõrudega maa külge aheldatud. Alles eelmisel kevadel seisis tema üksikud lülid, 30-meetrised torujupid, üksteise kõrval kaldal, seal, kuhu ehitatakse puhastusseadmedki. Siis keevitati torujupid 300 m pikkuseks ahelikuks.

Mõni päev enne meie kohalkäimist oli siin sünge pilt. Meri haaras toru enda võimusesse. Tuli kogu aeg peale passida, et vajaduse korral toru otsad lahti päästa, vesi sisse lasta ja ära uputada. Muidu oleks võinud „madu“ omapead hulkuma minna. Õnneks läks kõik hästi ja lisatööd tookordne torm kaasa ei toonud. Kuid 3-... 4-palline tuul kiutas veel mitu päeva.

Aga nüüd on aeg ankur hiivatä. 300 meetri pikkune ja 80-sentimeetrise läbimõõduga toru võetakse laeva sleppi, väike kaater hoiab teda sabast ja kuigi see Soomes polüeteenist valmistatud kahe sentimeetri paksuse seinaga toru on tugev ja elastne, valvavad mehed veel paatidega toru keskosas. Igaks juhuks, halva ennetamiseks.

Kaldast poolteise kilomeetri kaugusel – nii pikalt on juba Pärnu lahte polüeteeni „uputatud“ ja omavahel kokku monteeritud – päästetakse toru otsad lahti. Vesi voolab kohinal sisse ja peagi hakkab „madu“ vajuma. 600 tonni

malmvõrusid aitavad teda põhja vedada.

„Siinne töö on täiesti uudne. Kaasani Allveetehniliste Tööde Valitsuse mehed saavad esimesi kogemusi just Pärnus. Ka projekteerimiseks puudusid juhendid, sest sel otstarbel niisugust materjali pole varem meie maal kasutatud. Tuli konsulteerida paljude Nõukogude Liidu juhtivate projekteerimisasutuste ja spetsialistidega, kuni lõpuks vaneminsener Udo Asmusel valmis Pärnu väljalasketoru projekt,“ selgitab „Eesti Projekti“ projekti peainsener Mihkel Välbe, kes koos meiega tööde käiku jälgib.

Käivitatakse pinnasepump. See uhub toru jaoks merepõhja süvendi, pesa aastakümneteks. Mõne tunni pärast kinnitavad tuukrid ka selle „jupi“ äärikute ja muhvidega eelmise külge ning 1800 meetrit torujuhet on paigas. Jääb veel kilomeetri ümber. TPI teadlaste arvates piisab isegi Pärnu madalat lahte ja väikest veehulka arvestades 2950 meetrist, sest jõe poolt tekitatud voolus on heaks ekraaniks, mis sulgeb heitveele tee randa.

* * *

Meie teadlaste ja projekteerijate pingutuste tulemusena ning oma ja vennasvabariikide ehitajate abiga suudetakse tulevikus „mustast veest puhtalt välja tulla“ mitte ainult Tallinnas ja Pärnus, vaid kogu vabariigis.

REIN VESKIMÄE

MAITSE ÜLE EI VAIELDA

Delikatessi mõistest saadakse eri maades erisuguselt aru. Vaikse ookeani saartel näiteks on kõige nõutavamaks roaks rändrohutirtsud, Brasiilias – sipelgad, Hongkongis – rotid ja koerad, Tseilonil – mesilased, Lõuna-Aafrikas aga tõugud. Indoneeslane, kellele suupäraseimaks maiustuseks on suitsutatud nastikud, ei nõustu mingi hinna eest maitsma küülikuliha.

KAKSIKSPIRAAL

JAMES D. WATSON

Aastatepikkune hoolikas emotsioonideta kristallograafiline töö oli jätnud oma jälje. Tal polnud Cambridge'i range hariduse eeliseid selleks, et olla narr neid valesti kasutama. Ta arvas kindlalt, et ainuke võimalus DNA ehituse väljaselgitamiseks on kristallograafilise meetodika kasutamine. Mudelite ehitamine talle ei meeldinud, seepärast ei maininud ta kordagi Paulingi triumfi alfa-spiraaliga. Mänguasjataoliste mudelite kasutamist bioloogiliste probleemide lahendamisel pidas ta ilmselt viimaseks abinõuks. Loomulikult teadis Rosy Linuse edust, kuid ei näidanud veenvat põhjust tema maneeride ahvimiseks. Paulingi viimaste saavutuste suurus aga andis küllaldaselt põhjust teisiti talitada. Ainult temasugune geenius võis mängida nagu kümneaastane pois ja siiski õige tulemuse saada.

Rosy pidas oma ettekannet esialgseks, milles pole DNA kohta veel midagi põhjanevat. Kindlad faktid hakkavad tulema alles edasiste andmete kogumisega, mis lubab teha detailsemaid kristallograafilisi analüüse. Tema optimismitust jagas ettekannet kuulama tulnud väike rühm laboratooriumi töötajaid. Keegi ei soovitanud struktuuri väljaselgitamisel molekulaarmudeleid kasutada. Maurice esitas ainult mõne tehnilist laadi küsimuse. Seejärel lakkas diskussioon kiiresti. Võib-olla hoidusid kuulajad väljendama midagi romantiliselt optimistlikku või mainimast mudeleid lihtsalt seepärast, et kartsid Rosylt järsku vastulööki.

Pärast lühikest, kuid pingelist kõnelust Rosyga tuli Maurice minuga restorani. Ta oli üllatavalt heas tujus ning kirjeldas aeglaselt ja täpselt, kuidas töömahukast kristallograafilisest analüüsist hoolimata oli Rosy laboratooriumisse tulekust alates vähe tõelist edu saavutanud. Tema röntgenogrammide olid küll veidi selgemad kui Maurice'i omad, kuid ta ei suutnud neist midagi uut välja lugeda.

Minu üllatuseks näis minu seltskond Maurice'i tuju üleval hoidvat. Meie esimese Naapoli kohtumise ükskõiksus oli kadunud. Talle andis kindlustunde tagasi seik, et minusugune faagiuriija pidas tema tööd tähtsaks. Füüsikutelt saadavast julgustusest polnud õiget abi. Isegi kui ta kohtas neid, kes pidasid õigeks tema otsust bioloogiaga tegelda, ei võinud ta nende arvamust usaldada. Nood ei tundnud ju bioloogiat ja nii tundus olevat parim pidada nende sõnu viisakuseks või isegi armulikkuseks selle vastu, kes olid väljunud füüsikute sõjajärgsest konkurentsist.

Mõned biokeemikud abistasid teda aktiivselt. Sellela poleks ta kunagi mängu jätnud. Biokeemikud varustasid teda rikkalikult äärmiselt puhta DNA-ga. Kristallograafiat õppida oli isegi raske, biokeemia nõiakunsti taolised meetodid oleksid olnud juba kurjast. Teisest küljest polnud suurem osa füüsikuid suurekaliibriliste

meeste sarnased, kellega ta varem koos oli töötanud. Mõnikord isegi paistis, et nad ei taipa DNA tähtsust.

Aga isegi sel juhul teadsid nad rohkem kui enamik biolooge. Inglismaal, aga võib-olla ka igal pool mujal, moodustavad botaanikud ja zooloogid segase seltskonna. Isegi ülikooli kateedrijuhataja koht ei taganud, et selle omanik tõelise teadusega tegeleks. Mõned neist raiskasid jõudu kasututele vaidlustele elu tekkimise või selle üle, kuidas teada teadusliku tõiga õigsust. Veel halvem oli see, et bioloogia alal võis ülikooli lõpetada geneetikat õppimata. See ei tähenda veel, et geneetikust oleks mingit intellektuaalset abi. Rääkides geenidest ei teadnud nad, mis geenid on. Ometi ei uskunud peaaegu ükski väiteid, et geenid koosnevad DNA-st. Enamik geneetikuid tahtis vaid oma õpilasi ässitada kromosoomide käitumise seletamatute detailide kallale või siis pidada elegantselt sõnastatud segase sisuga raadioloenguid geneetika osast sel muutuvate väärtuste üleminekuajastul.

Nii andis Maurice'ile lootust teadmine, et faagiuuriad võtavad DNA-d tõsiselt, et ajad muutuvad ja et tal ei tule igal seminaril korrutada, miks tema laboratoorium teeb nii palju kära DNA ümber.

Järgmisel hommikul kohtusin Francisega Paddingtoni jaamas. Sealtsõitsime Oxfordi nädalalõppu veetma, Francis tahtis rääkida inglise parima kristallograafi Dorothy Hodgkiniga oma ja Bill Cochrani teooriast, mina aga kasutasin võimalust Oxfordiga tutvumiseks. Niipea kui võtsime vagunis platsi, hakkas Francis Rosy ettekande kohta küsimusi esitama. Minu vastused olid sageli ebamääraseks ja Francisega valmistas ilmset pettumust minu harjumus alati usaldada mälu ja jätta kõik üles kirjutamata. Kui asi mind huvitas, suutsin tavaliselt vajalikku meenutada. Seekord jäime aga häтта, sest ma ei tundnud küllaldaselt kristallograafide kõnepruuki. Eriti halb oli, et ma ei suutnud täpselt öelda DNA proovide veesisaldust. Jäi võimalus viia Francis terve suursjargu võrra eksiteele.

Francis hakkas probleemide üle mõtisklema ja midagi paberilehele kritseldama, mina lugesin ajaviiteks «Timesi». Paari minuti pärast aga hävitas Francis minus igasuguse huvi välismaailma vastu. Ta kinnitas, et ainult väike arv formaalseid lahendusi sobib nii Cochran-Cricki teooria kui ka Rosy katseandmetega. Kiiresti joonistas ta diagramme probleemi lihtsuse seletamiseks. Tuli otsustada, mitu polünukleotiidide ahelat DNA molekulis paikneb. Väliselt sobisid röntgenanalüüsi andmetega kas kaks, kolm või neli ahelat. Küsimus seisis ainult selles, millise raadiusega ja millise nurga all keerlesid DNA ahelad ümber peatelje.

Poolteisetunnise rongisõidu lõpul ei näinud Francis põhjust, mis takistaks meil vastust varsti kätte saamast. Et olla lahenduse õigsuses absoluutselt kindlad, kuluts umbes nädal aega tõsist tööd molekulaarmudelitega. Siis näeb kogu maailm, et Pauling pole ainuke, kes suudab bioloogiliste molekulide ehitust läbi näha. Alfa-spiraali avastamine valmistas Cambridge'i molekulaarbioloogidele väga palju meelehärmi. Umbes aasta enne seda avaldasid Bragg, Kendrew ja Perutz süstemaatilise töö polüpeptiidahela kuju kohta, kuid see läks märgist mööda. Lähikukkumine häiris Braggi tegelikult veel praegugi. Juba kakskümmend viis aastat oli ta Paulingiga korduvalt jõudu katsunud ja liiga sageli jäi peale Pauling.

Isegi Francis tundis ennast sellest mõnevõrra alandatuna. Ta töötas juba Caven-dishi laboratooriumis, kui Bragg hakkas huvituma polüpeptiidahela kokkukeerdu-mise probleemist. Veel enam, ta võttis osa arutlusest, milles tehti põhiline viga polüpeptiidahela kuju analüüsimisel. See oli juhus, kus pidanuks kindlasti avalduma tema võime kriitiliselt katseandmeid hinnata, kuid ta polnud midagi kasulikku öel-nud. See ei tähenda, et Francis oleks tavaliselt hoidunud oma sõpru kritiseerimast. Teistel kordadel oli ta osutunud tülikalt avameelseks, näiteks, kus Perutz ja Bragg olid oma tulemusi hemoglobiini uurimisel avalikult ülehinnanud. Kindlasti peitus šöör Lawrence'i hiljutise vihapurske põhjuste hulgas ka see avalik kriitika. Braggi arvates püüdis Crick ainult kõikaid kodaratesse loopida.

Praegu polnud aga aeg pöörata tähelepanu mineviku vigadele. Selle asemel kõnelesime järjest hoogsamalt DNA struktuuri võimalikest tüüpidest. Ükskõik kelle seltskonnas me ka poleks viibinud, kõikjal andis Francis kiire ülevaate viimase paari tunni edusammudest, et meie kuulajale selgitada, kuidas me otsustasime nende mudelite kasuks, milles fosfaatsuhkrust selgroog asub molekuli keskel. Ainult sel viisil saab küllalt korrapärase struktuuri, mis vastaks Maurice'i ja Rosy röntgeno-grammidele. Meil tuli küll veel tegemist teha molekuli välispinda katvate lämmas-tikaluste ebakorrapärase järjestusega, kuid see raskus peaks õige sisestruktuuri kindlakstegemisel kaduma nagu udu.

Ei olnud ka selge, mis neutraliseeris DNA fosfaatrühmade negatiivseid laenguid. Francis ega mina ei teadnud peaaegu midagi anorgaaniliste ionide ruumis paik-nemise kohta. Pidime nentima rõõmutut fakti, et struktuuraalse keemia suurim autori-teet polnud keegi muu kui Linus Pauling ise. Lantši ajal selgus, et tuleb tingimata üles otsida Paulingi klassikaline raamat «The Nature of the Chemical Bond». Rais-kamata aega kohvijoomisele jooksi läbi mitmed raamatupoed, enne kui otsitu leidsime. Lugesime vajaliku kiiresti läbi. Saime teada võimalike anorgaaniliste ionide täpsed suurused, kuid ei midagi, mis oleks meil aidanud probleemist lõp-likult jagu saada.

Kui jõudsime Dorothy laboratooriumi, hakkas maniakaalne faas mööduma. Francis andis ülevaate spiraalteooriast ja pühendas ainult mõned minutid meie edusammudele DNA osas. Selle asemel koondus vestlus Dorothy hiljutistele insuliini uuringutele.

9.

Järgmisel esmaspäeval võtsime käsile mudeliehitamise. Teadsime, et laboratoo-riumis leiduvad mudelid ei rahulda meid täielikult. John oli nad valmistanud umbes poolteist aastat tagasi polüpeptiidahela ruumistruktuuri uurimiseks. Puudusid DNA-s esinevate aatomirühmade täpsed kujutised. Käepärast polnud ei fosfori aatomeid ega puriin- ja pürimidiiniluseid. Need tuli kiiresti improviseerida, sest polnud aega oodata, kuni Max laseb need teha. Uute mudelite valmistamiseks kulub terve nädal, lahenduse aga võime leida umbes päeva jooksul. Seepärast hakkasin laboratooriumi jõudes mässima vasktraati mõnede süsiniku aatomi mudelite ümber, muutes neid sel viisil suuremateks fosfori aatomiteks.

Tõsisemaid raskusi tekitas vajadus valmistada anorgaaniliste ionide mudeleid. Erinevalt DNA teistest koostisosadest ei allunud need lihtsatele reeglitele, mis ütle-

sid, millise nurga all nad vastavaid keemilisi sidemeid moodustavad. Tõenäoliselt pidime DNA õiget struktuuri teadma enne õige mudeli ehitamist. Lootsin aga, et Francis on juba lahenduse jälil ja pahvatab selle välja niipea, kui astub üle labori läve.

Francise ilmumine aga probleemi ei lahendanud. Ta oli pärast pühapäevast õhtusööki dilemmat küll arutanud, kuid vastus jäi leidmata. Hommikuse kohvi ajal aga oli Francis veendunud, et lahenduse leidmiseks piisab olemasolevaist katseandmetest. Võib alata mängu mitmete täiesti erisuguste faktikogumitega ja iga kord jõuda sama lõpptulemuseni. Niisiis hakkasin mina sellal, kui Francis jätkas röntgenogrammide tähenduse üle mõtlemist, eri aatomite mudelitest kokku seadma mõne nukleotiidi pikkusi ahelaid. Olgugi et looduses on DNA ahelad väga pikad, polnud põhjust midagi eriti kogukat kokku panna. Niikaua kui võisime spiraalis kindlad olla, määras juba nukleotiidi asend automaatselt kõikide ülejäänud komponentide asetuse.

Meie esimesed minutid mudelite juures ei kujunenud aga kaugeltki lõbusaks. Tegemist oli küll ainult viieteistkümne aatomiga, kuid nad kippusid välja kukkuma kohmakate näpitsate vahelt, mis pidid neid üksteisest õiges kauguses hoidma. Pealegi tekkis ebamugav tunne, et mitmete tähtsamate aatomite vaheliste sidemete nurkad polnud täpselt määratud. See polnud põrmugi kena. Pauling oli alfa-spiraali jälgides raudselt arvestanud, et peptiidside on lame. Meie puhul võis uskuda, et DNA naabernukleotiide ühendavad fosfodiestersidemed võisid olla mitmesuguse kujuga.

Pärast teejoomist aga hakkas ilmet võtma vorm, mis meie tuju uuesti tõstis. Kolm ahelat keerduisid üksteise ümber nii, et andsid kristallograafilise korduse mööda spiraali telge iga 28 Å järel. Seda tunnust nõudsid nii Maurice'i kui Rosy pildid ja Francis oli näiliselt endas kindel, kui ta astus eemale ja vaatles õhtuse töö tulemust.

Francis helistas kõhku Maurice'ile. Ta seletas tõttikult, kuidas spiraalse difraktsiooni teooria võimaldab kiiresti läbi vaadata võimalikud DNA mudelid ja et on koos minuga valmistanud kaadervärgi, mis võiks olla oodatavaks lahenduseks. Oleks kõige parem, kui Maurice tuleks seda kohe vaatama. Maurice ei öelnud aga midagi täpset ja arvas, et ta võiks kunagi nädala sees tulla. Varsti pärast toru hargile panemist tuli John kuulama, kuidas Maurice uudistesse suhtus. Francisel oli raske tema vastust kokku võtta. Näis, et Maurice oli meie tegevuse vastu ükskõikne.

Samal õhtupoolikul aga helistati Londonist, et Maurice saabub järgmisel hommikul kella kümnese rongiga. Pealegi ei tule ta ükski, vaid oma kaastöölise Willy Seedsiga. Veel tähtsam oli see, et sama rongiga saabuvad Rosy ja tema õpilane R. G. Gosling. Ilmselt olid nad lahendusest siiski huvitatud.

10.

Maurice otsustas jaamast laboratooriumisse sõita taksoga. Tavaliselt oleks ta tulnud bussiga, kuid nüüd jagasid nad sõiduhinna nelja vahel. Pealegi poleks pakkunud mingit rahuldust oodata bussipeatuses koos Rosyga. Viimane oli tema vastu ükskõikne nagu alati ja tegeles ainult Goslingiga. Alles siis ühinesid nad kõik mingil määral, kui Maurice pistis meie laboratooriumi ukse vahelt pea sisse ja ütles, et nad on saabunud. Maurice'i arvates tuli niisuguses olukorras paar minutit ilma

teaduseta veeta. Rosy aga polnud tuinud tühjast-tähjast lobisema, vaid tahtis kähku asja juurde asuda.

Max ja John ei püüdnud Francist lavalt kõrvale tõrjuda. See oli tema päev ja pärast Maurice'i tervitamist kadusid nad töötamise ettekäändel oma ühiskabineti ukse taha. Enne delegatsiooni saabumist leppisime Francisega kokku, et esitame oma saavutused kahes järgus. Algul vestleb Francis spiraaliteooria eelistest. Siis selgitame koos, kuidas jõudsime esitatava DNA mudelini. Pärast seda läheme «Eagle'isse» sööma ja õhtupoolikul arutame, kuidas me kõik koos võiksime läbida probleemi viimased faasid.

Etenduse esimene osa läks plaanipäraselt. Francis ei näinud põhjust alahinnata spiraaliteooria võimsust ja seletas üsna pikalt. Ükski külalistest aga ei kavatsenud Francis'e headmeelt jagada. Maurice rõhutas asjaolu, et kogu teooria ei lähe kaugemale sellest matemaatikast, mille tema kolleeg Stokes töötas välja kelli helistamata. Stokes oli lahendanud probleemi ühel õhtul rongis koju sõites ja järgmisel hommikul pannud teooria väikestele paberilehele kirja.

Rosy ei piuksatanudki spiraaliteooria prioriteedist ja kui Francis edasi vatras, ärritus ta üha enam. Rosyle oli see jutlus ülearune, sest tema meelest ei vihjanud miski DNA spiraalsele ehitusele. Mudeli uurimine ainult suurendas tema põlastust. Francis'e argumentatsioon ei õigustanud seda tühja kõra põrmugi. Rosy muutus eriti agressiivseks siis, kui viisime jutu Mg^{++} ioonidele, mis hoiavad koos fosfaatrühmi meie kolmeahelalises mudelis. See tunnus ei avaldanud talle mingit mõju ja ta märkis lühidalt, et Mg^{++} ioonid oleksid ümbritsetud veemolekulide tihedate kestadega ega saa seetõttu olla tihedat struktuuri kooshoidvateks poltideks.

Meie pettumuseks ei põhinenud tema vastuväited ainult kiusul. Selles staadiumis ilmnas, et ma ei mäletanud Rosy DNA proovide veehulka. Selgus, et õige DNA mudel peab meie mudelist vähemalt kümme korda rohkem vett sisaldama. See ei tähendanud veel, et me tingimata eksinud olime — heal juhul võis puuduva vee mahutada meie mudeli tühjadesse kohtadesse. Teisest küljest aga ilmnas meie argumentatsiooni nõrkus. Niipea kui tekkis rohkema vee võimalus, suurenes võimalike DNA mudelite arv hirmutekitavalt.

Lantšijärgsel jalutuskäigul kinnitasid Rosy ja Gosling riikalt, et viiekümne miililine ekskursioon noorukite lora kuulamiseks ei mõjusta nende tegevuse edasist suunda. Maurice ja Willy Seeds näisid olevat mõistlikumad, kuid võib-olla polnud see midagi muud kui soov Rosyga mitte nõustuda.

Olukord ei paranenud ka pärast laboratooriumisse naasmist. Francis ei soovinud kohe alla anda ja kõneles mõnedest meie mudeli ehitamise üksikasjadest, kuid ta tuju langes kiiresti, kui selgus, et mina olin ainuke vestlusest osavõtja. Pealegi ei tahtnud selleks ajaks juba kumbki meist mudeli peale õieti vaadatagi. Kogu selle hiilgus oli kadunud ja kohmakalt improviseeritud fosfori aatomid ei jätanud muljet, et nad ilialgi võiksid sobida millessegi väärtuslikku. Kui siis Maurice mainis, et nad jõuaksid veel kolmveerand neljasele rongile viivale bussile, jätsime kähku hüvasti.

11.

Ma kavatsesin aega viita tubaka mosaiikviiruse (TMV) uurimisel. TMV oluliseks koostisosaks oli nukleiinhape ja nii varjas see täiuslikult minu jätkuvat huvi DNA



F. CRICK JA
J. D. WATSON
LABORATOO-
RIUMIS HOMMI-
KUKOHVI
JOOMAS
PÄRAST ARTIKLI
ILMUMIST KAK-
SIKSPIRAALI
KOHTA.

vastu. Nukleiinhape polnud küll DNA, vaid ribonukleiinhape (RNA). See erinevus tuli aga kasuks, sest Maurice ei saanud RNA-d oma objektiks kuulutada. Kui me lahendaksime RNA ehituse, võiks see anda meile võtme ka DNA jaoks. Teisest küljest hinnati TMV molekulaalu umbes neljakümnele miljonile ja esimesel pilgul paistis olevat temast hirmuäratavamalt raskem aru saada kui palju väiksematest müooglobiini ja hemoglobiini molekulidest, mille kallal John ja Max olid ühtki bioloogiliselt huvipakkuvat tulemust saavutamata aastaid töötanud.

TMV oli pealegi röntgenanalüüsitud J. D. Bernali ja I. Fankuckeni poolt. Nende paljude järelduste teoreetiline alus küll logises, kuid uurimuse kasulikkus oli ilmne. TMV koosnes paljudest ühesugustest allühikutest. Kuid nende allühikute asetust nad ei teadnud. Pealegi oli 1939. aastal liiga vara väita, et RNA ja valkkomponent olid põhimõtteliselt erinevalt üles ehitatud. Nüüd aga oli kerge valguosakesi suurel hulgal ette kujutada. RNA-ga kujunes asi just vastupidiseks. RNA jagamine liiga suureks arvuks allühikuteks muudaks polünukleotiidahelad geneetilise informatsiooni kandmiseks liiga väikeseks. Kõige tõenäolisem hüpotees RNA ehituse kohta kinnitas, et see koosneb südamikust, mida ümbritseb suur hulk identseid valgu allühikuid.

Tegelikult oligi juba leitud biokeemilisi tõendeid viiruse valguosakeste kohta. Sakslase Gerhard Schrammi 1944. aastal esmakordselt avaldatud katsetulemused näitasid, et TMV osakesed lagunesid nõrga leelise toimel vabaks RNA-ks ja sarnasteks või isegi identseteks valguosakesteks. Väljaspool Saksamaad aga ei uskunud Schrammi katseid keegi. Selles oli süüdi sõda. Liiga kergelt võis ette kujutada, et töö oli tehtud natside efekkirjutuste kohaselt ja katseid ebaõigesti analüüsitud. Ena-

mik biokeemikuid ei tahtnud Schrammi ümberlukkamisele aega raisata. Bernali artiklit lugedes tekkis minus äkki huvi Schrammi vastu, sest kuigi ta oli oma katsetulemusi valesti tõlgendanud, võis ta juhuslikult sattuda õigele lahendusele.

Töenäoliselt ütleksid paar lisaks tehtud röntgenogrammi, kuidas valguosakesed viiruses on asetunud, eriti siis, kui nad on spiraalselt korraldatud. Ma varastasin raamatukogust Bernali ja Fankuckeni artiklid ning tõin need laboratooriumi, et Francis saaks TMV röntgenogramme uurida. Kui ta nägi spiraalset ehitust iseloomustavaid tühje alasid, hakkas ta tegutsema ja mõtles kiiresti välja mitu võimalikku TMV spiraalset struktuuri.

Mõni päev hiljem bussiga Oxfordi sõites turgatas mulle meelde, et iga TMV osakest võib käsitleda tillukese kristallina, mis kasvab nagu teisedki kristallid sobivate tühjade nurgakeste kaudu. Allühikute spiraalne asetuse aga tekitaski tühjad nurgakesed. Idee oli nii lihtne, et see pidi olema õige. Iga keerdtrepp, mida ma nädalalõpul Oxfordis nägin, kinnitas veendumust, et bioloogilistel struktuuridel peaks olema spiraalne sümmeetria. Otsides spiraalide jälgi, uurisin nädalapäevad lihas- ja kollageenkiudude elektronmikrofotosid.

Mulle tuli appi Hugh Huxley ja lubas õpetada, kuidas röntgeniapaaradiga TMV-d pildistada. Spiraali avastamiseks tuli TMV orienteeritud proovi kallutada mitme nurga all röntgenikiire suhtes.

Minu esimestes röntgenogrammides oli, nagu võiski arvata, näha palju vähem detaile kui avaldatud piltides. Kulus üle kuu, enne kui sain mingil määral vastu võetavaid pilte. Need polnud aga veel kaugeltki nii head, et nende järgi spiraali avastada.

12.

Maurice ei aimanud, et peaaegu kohe pärast seda saan ma röntgenogrammi, mis tõestab TMV spiraalsuse. Minu ootamatu edu tulenes uue, äsja laboratooriumis üles seatud võimsa röntgeniapaaradi kasutamisest. Selle abil võisin pildistada kaksikümend korda kiiremini kui tavalise aparatuuriga. Nädala jooksul ma rohkem kui kahekordistasin oma TMV röntgenogrammide arvu.

Hugh ei olnud tol õhtul laboratooriumis, kui ma röntgeniapaaradi välja lülitasin ja foto TMV uuest proovist ilmutasin. See oli kallutatud kahekümne viie kraadise nurga all, nii et heal juhul võis sellest leida spiraali peegeldusi. Kui ma alles märga negatiivi vastu kopeerkasti vaatasin, nägin eksimatult reetlikke spiraalmärke.

Järgmisel hommikul kinnitas Francis, et ma polnud eksinud. Loomulikult oli ka selge, mida peame järgmiseks tegema. TMV-st ei ole lähemal ajal mingit kasu. Tema detailsemaks uurimiseks oli vaja palju asjatundlikumat lähenemist, kui mina seda suutsin. Pealegi polnud selge, kas isegi kõige rängema tööga võib paari aasta jooksul RNA ehituse selgitada. Tee DNA juurde ei läinud läbi TMV.

Oli saabunud sobiv moment tõsiselt mõelda DNA keemilise koostise mõnede kummaliste seaduspärasuste üle, mida oli esimesena täheldanud Erwin Chargaff. Pärast sõda analüüsis Chargaff oma kaastöölistega piinliku täpsusega puriin- ja pürimidiinialuste suhtelist hulka mitmesugustes DNA proovides. Nendes preparaatises lähenes adenini (A) molekulide arv tümiidi (T) molekulide arvule, kuna aga

guaniini (G) molekulide arv võrdus peaaegu tsütosiini (C) molekulide arvuga. Peale selle sisaldas mõnede organismide DNA rohkem adeniini ja tümiini, mõnede oma aga rohkem guaniini ja tsütosiini. Chargaff ei seletanud oma rabavaid tulemusi, olgugi et ta pidas neid ilmselt väga tähtsaks. Kui ma neist esmakordselt Francisele rääkisin, ei leidnud see jutt kõlapinda ja ta mõtles edasi teiste asjade üle.

Varsti pärast seda aga tärkas temas kahtlus, et lämmastikaluste seaduspärasused võivad olla tähtsad. Seda põhjustasid mitmed kõnelused noore teoreetilise keemiku John Griffithiga. Francis teadis, et Griffith huvitub geeni paljunemise teoreetilistest skeemidest ja ta pillas idee, et täiuslik bioloogiline printsiip oleks geeni isepaljumine — geeni võime täpselt kopeeruda, kui kromosoomide arv raku jagunemise käigus kahekordistub. Griffith aga ei võtnud vedu, sest ta eelistas juba mitu kuud skeemi, mille põhjal geeni kopeerumine toimub vahepealse negatiivse kujutise abil. See polnud originaalne hüpotees ja oli juba kolmkümmend aastat käibel teooriasse kalduvate geeni paljunemisest huvitatud geneetikute hulgas.

Francis ja Griffith mõistsid, et kõige tähtsam ülesanne oli kindlaks teha molekulile külgetõmbavad jõud. Francis väitis kindlalt, et vesiniksidemed ei tule arvesse. Nad ei kindlusta vajalikku täpset spetsiifilisust, sest meie keemikust sõber kinnitas talle korduvalt, et puriin- ja pürimidiinialuste vesiniku aatomitel pole kindlaid asukohti, vaid nad liiguvad juhuslikult ühest kohast teise.

Õnneks oli see seda liiki jõud, mida Griffith oskaks välja arvutada. Kui DNA paljunemise komplementaarne skeem on õige, siis võiks leida külgetõmbejõudusid erineva ehitusega lämmastikaluste vahel. Kui aga toimus otsene kopeerimine, võiks arvutuste käigus ilmned külgetõmbejõud identsete lämmastikaluste vahel. Nad lahusid teadmises, et Griffith vaatab järele, kas arvutused on teostatavad. Kui nad paar päeva hiljem kokku juhtusid, kuulis Francis, et poolest saadik usaldatav tõestus näitab, et adeniin ja tümiin peaksid oma lamedate pindadega teineteise vastu liibuma. Samasuguse tõestuse võiks anda guaniini ja tsütosiini vaheliste külgetõmbejõudude kohta.

Francis otse kargles seda vastust kuuldes. Kui ta mälu ei petnud, siis olid need samad alustepaarid, mis Chargaffi järgi esinesid võrdsetes hulkades. Erutatult rääkis ta Griffithile, et ma olin talle hiljuti pomisenud midagi Chargaffi veidratest tulemustest. Sel momendil polnud ta aga kindel, kas tegemist oli ikka samade alustepaaridega.

Lantši ajal kinnitasin, et Francis mäletas Chargaffi tulemusi õigesti. Ta kõneles Griffithi kvantmehaanika abil tehtud tõestustest üsna igapäevasel toonil. Esiteks ei kaitsnud Griffith oma arvutuste täpsust kuigi tugevasti. Ta oli arvutuste kiirendamiseks kõrvale jätnud liiga palju muutujaid. Peale selle oli igal alusel kaks lamedat külge ja polnud mingit seletust, miks peaks valima ainult ühe külje. Pealegi pidi arvestama, et Chargaffi seaduspärasusi põhjustas geneetiline kood. Spetsiifilised nukleotiidide rühmad pidid mingil viisil kodeerima spetsiifilisi aminohappeid. Järelikult oli adeniini tümiiniga ühepalju seepärast, et sel oli aluste järjestuses veel mingi avastamata osa. Lisaks sellele kinnitas Roy Markham, et kui Chargaffi järgi on guaniini tsütosiiniga võrdselt, siis tema on samavõrra veendunud, et see

nii pole. Markhami arvates näitasid Chargaffi katsemeetodid tsütosiini tõelist hulka tegelikust väiksemana.

Juuli algul astus John Kendrew meie kabinetti ja ütles, et Chargaff tuleb varsti üheks õhtuks Cambridge'i. John oli organiseerinud Peterhouse'is lõunasöögi ja kutsus Francist ning mind pärast seda enda juurde jookide serveerimisele. Lõunalaualas vältis John kõnelusi tõsistest asjadest ja mainis ainult võimalust, et Francis ja mina kavatseme mudeliehitamise abil DNA ehituse avastada. Chargaff, kes oli üks juhtivamaid teadlasi DNA alal kogu maailmas, polnud algul võidujooksu võita kavatsevatest tundmatutest hobustest kuuldes kuigi rõõmus. Kui aga John mainis, et ma pole tüüpiline ameeriklane, sai ta eneseusalduse tagasi ja otsustas, et tal tuleb üks napakas ära kuulata. Chargaffi põlgus saavutas haripunkti, kui Francis tunnistas, et ta ei mäleta nelja lämmastikaluse vahelisi keemilisi erinevusi. See *fauz-pas* juhtus siis, kui Francis mainis Griffithi arvutusi. Ta ei mäletanud, millised alused sisaldasid aminorühmi ega saanud kvalitatiivselt kirjeldada kvantmehaanikal põhinevat tõestust muidu, kui palus Chargaffi aluste valemid välja kirjutada. Francise järgnev vastulöök, et ta saab neid valemeid igal ajal raamatust järele vaadata, ei veennud Chargaffi meie otsingute sihikindluses.

13.

Suvel viibisin Prantsusmaal kahel teaduslikul nõupidamisel ja hakkasin seejärel huvituma bakterite sugulisest paljunemisest, mis oli avastatud alles 1946. aastal. Aegajalt mõtlesin ma küll DNA-le, kuid ei teinud seda Francise meelehärmiks küllalt tõsiselt. Alles novembris hakkasid mu mõtted jälle selle ümber koonduma.

Peaaegu kõik tol ajal olemasolevad teadused veensid mind, et DNA on matriitiks, mille järgi valmistatakse RNA ahelad. RNA ahelad matriitisid omakorda väga tõenäoliselt valgusünteesi. Mõningaid ebamääraseid andmeid meresilikute kohta tõlgendati kui DNA muutumist RNA-ks, kuid ma uskusin rohkem teisi katseid, mis näitasid, et kord sünteesitud DNA molekulid on väga püsivad. Idee geenide surematusest tundus olevat õige ja ma riputasin oma töölaua kohale seinale paberilehe, millele oli kirjutatud: DNA — RNA — valk. Nooled ei tähistanud keemilisi muutusi, vaid väljendasid geneetilise informatsiooni ülekandumist nukleotiidide järjestuselt DNA molekulis aminohapete järjestusele valgus.

Uinusin mõttega, et mõistan nukleiinhapete ja valgusünteesi vahelist seost, kuid hommikul jääkülmas magamistoas riietudes töid külmavärinad mind tagasi töö juurde, et loosung seinal pole DNA struktuuri aseaine.

Mõnel lantsijärgsel jalutuskäigul muutusime niivõrd innukaks, et pärast laboratooriumi jõudmist jändasime mudelitega. Aga Francis nägi peaaegu kphe, et meile hetkeks lootust andnud mõttekäik ei viinud kuhugi. Siis läks ta uurima hemoglobiini röntgenogramme, millest pidi välja kasvama ta doktoritöö. Mõnikord mässasin ma mudeliga umbes pool tundi, kuid ilma Francise usaldustandva lobisemiseta muutus mu võimetus kolmes mõötmes mõelda liigagi ilmseks.

Seejärel polnud ma sugugi nõrdinud, et me jagasime oma kabinetti Linuse poja Peter Paulingiga, kes tegi John Kendrew' juures oma doktoritööd. Peteri kohalolek tähendas seda, et kui teadus muutus mõttetuks, võis hakata võrdlema Inglismaa,

mandri ja Kalifornia tüdrukute voorusi. Ühel detsembrikuu öhtupoolikul lonkis Peter laboratooriumisse laia naeratusena näol ja viskas jalad lauale. Tema käes oli kiri, mille ta oli saanud oma hotellis lantšil käies.

Kiri oli tema isalt. Lisaks tavalisele perekonnaklatšile sisaldas see ammu kardetud uudist, et Linusel oli nüüd ehitus käes. Ta ei kirjeldanud oma saavutust üksikasjaliselt ja me ei suutnud sealt midagi välja lugeda. Siis hakkas Francis mõõda tuba marssima ja kõvasti mõtlema, lootes, et tugevasti üleserutatult suudab ta Linuse saavutuse rekonstrueerida. Nii kaua kui Linus polnud meile lahendust öelnud, oleksime samal pulgal, kui avaldaksime oma avastuse temaga üheaegselt.

Enne jõule ei tulnud Pasadenast rohkem uudiseid. Meie meeleolu tõusis pikka-misi, sest kui Pauling oleks leidnud tõeliselt erutava lahenduse, poleks seda kaua saladuses hoiatud. Mõni tema aspirantidest oleks kindlasti teadnud, mismoodi mudel välja näeb ja kui sel olnuks ilmne bioloogiline rakendus, oleks kõmu kiiresti meieni jõudnud. Isegi kui Linus oli kuskil õige struktuuri lähedal, ei paistnud tal olevat võimalusi jõuda geenide replikatsiooni saladuse jälile. Tundus järjest võimatumana, et isegi Linus võiks londonlaste röntgenanalüüse tundmata avastada DNA ehituse.

Viibisin Londonis teel talvisele suusapuhkusele Šveitsi, kui ütlesin Maurice'ile, et Linus on tunginud tema kapsaaeda. Lootsin, et Linuse rünnak DNA-le sunnib teda minu ja Francise abi paluma. Kuid Maurice jäi rahulikuks. Ta pidas palju tähtsamaks uudist, et Rosy pääevad tema laboratooriumis olid loetud. Ta oli öelnud Maurice'ile, et kavatseb varsti üle minna Bernali laboratooriumi.

Kui ma jaanuari keskel Cambridge'i tagasi jõudsin, otsisin üles Peteri, et teada saada, mida sisaldasid koduste viimased kirjad. Peale ühe lühikese vihje DNA-le olid kõik muud uudised perekondlik klatš. Vihje aga polnud lohutav. DNA kohta on valminud käsikiri, millest ühe eksemplari saab varsti Peter. Jällegi polnud vähemalki vihjet, kuidas mudel välja näeb. Oodates käsikirja saabumist, hoidsin ma oma närve tasakaalus sellega, et kirjutasin üles oma mõtteid bakterite seksuaalsuse kohta. Lühike külaskäik Cavalli-Sforza juurde Milaanosse pärast suusapuhkust Zermattis veenis mind, et minu arutlused bakterite paarumise kohta paistsid olevat õiged. Kartes, et Lederberg võib varsti sinnasamasse välja jõuda, tahtsin ma kiiresti avaldada artikli koos Bill Hayesiga. Kui Paulingi töö veebruari esimesel nädalal Atlandi ületas, polnud käsikiri veel lõplikku kuju saavutanud.

Cambridge'i saabus tegelikult kaks koopiat — üks söör Lawrence'ile, teine Peterile. Bragg pani kirja kõrvale. Ta ei teadnud, et ka Peter sai koopiat. Ise ta kõhkleks, kas tuua oma eksemplar Maxi kabinetti või mitte. Seal näeks seda Francis ja asuks sama jänest uuesti taga ajama. Praeguses olukorras tuli veel ainult kaheksa kuud Francise naeru taluda. Seda muidugi juhul, kui ta oma dissertatsiooni plaanipäraselt valmis kirjutab. Seejärel valitseks muretu rahu vähemalt aasta või rohkemgi.

Sel ajal kui söör Lawrence kõhkleks, kas riskida Cricki mõtteid dissertatsioonilt kõrvale juhtida, mürdsime meie Francisega pead Peteri eksemplari kallal. Peteri nägu reetis midagi tähtsat ja mu süda langes saapasäärde kartusest, et kõik on kadunud. Nähes, et me ei suuda edasist teadmatust enam taluda, ütles ta kiiresti, et mudel on keskel asuvast fosfaatsuhkrust toega kolmeahelaline spiraal. See sarnanes nii meie eelmisel aastal nurjunud ettevõttega, et ma tahtsin kohe teada, kas suure

avastuse au ja kuulsus poleks meile kuulunud, kui Bragg poleks meid tagasi hoidnud. Jätmata Francisele võimalust käsikirja küsida, tõmbasin ma selle Peteri mantlitaaskust välja ja hakkasin lugema. Kulutasin vähem kui minuti kokkuvõtte ja sissejuhatuse peale ning olin varsti piltide juures, mis näitasid oluliste aatomite asetust.

Tundsin kohe, et midagi oli korrast ära. Ma ei suutnud aga viga leida enne, kui olin illustratsioone mitu minutit vaadelnud. Siis taipasin, et Linuse mudelis polnud fosfaatrühmad ioniseeritud, vaid need sisaldasid seotud vesiniku aatomeid ja olid järelikult ilma vaba laenguta. Paulingi nukleiinhape polnud üldsegi hape. Pealegi polnud fosfaatrühmad juhuslikult ilma laenguta. Vesiniku aatomid olid osa vesiniksidemetest, mis hoidsid koos kolme üksteise ümber keerdunud ahelat. Ilma vesiniku aatomiteta lendaksid ahelad kohe laiali ja struktuur kaoks.

Kõik see, mis ma teadsin nukleiinhapete keemia kohta, näitas, et fosfaatrühmad ei sisalda iialgi seotud vesiniku aatomeid. Keegi polnud veel kahelnud selles, et DNA on keskmise tugevusega hape. Füsioloogilistes tingimustes pidid tema negatiivselt laetud fosfaatrühmi neutraliseerima positiivselt laetud ioonid (nagu naatrium või magneesium). Poleks olnud mõtet kõigil meie arutlustel selle kohta, kas kahevalentsed ioonid hoiavad ahelaid koos, kui fosfaatrühmadega oluksid kindlalt seotud vesiniku aatomid. Siiski tuli Linus, kes oli vaieldamatult maailma nutikam keemik, vastupidisele järeldusele.

Kui ka Francis Paulingi reeglitevastasest keemiast hämmastus, hakkasin ma rahulikumalt hingama. Nüüd teadsin, et mäng pole kaotatud. Kumbki meist aga ei aimanud, mis põhjustel Linus eksis. Kui niisuguse vea oleks teinud üliõpilane, poleks ta kõlvanud Kalifornia Tehnikaülikooli. Esialgu tundsiin vaid muret, kas Linuse mudel ei tulene hapete ja aluste omaduste revolutsioonilisest ümberhindamisest väga suurte molekulide korral. Käsikirja toon aga ei võimaldanud oletada niisugust edusammu keemilises teoorias. Ülitähtsa teoreetilise avastuse varjamiseks polnud mingit põhjust. Niisuguse avastuse puhul oleks Linus kirjutanud kaks artiklit: ühe oma uue teooria kohta ja teise selle rakendamisest DNA struktuuri lahendamisel.

See lops oli nii uskumatu, et seda ei saanud kuigi kaua salajas hoida. Ma torman Roy Markhami laboratooriumisse uudiseid levitama ja Linuse keemia logisemisele kinnitust saama. Markham tundis ettearvatult mõnu sellest, et teadusehiiglane oli unustanud elementaarse kolledžikeemia. Seejärel ei suutnud ta hoiduda jutustamast, kuidas ka üks Cambridge'i suurmees oli kord oma keemilised teadmised unustanud. Järgmiseks hüppasin ma sisse orgaanikute juurde, kus kuulsin jällegi rahustavaid sõnu, et DNA on hape.

14.

Kui ma Maurice'i juurde läksin, oli ta parajasti kinni. Seepärast sammusin mööda koridori Rosy laboratooriumisse. Viimasel ajal oli ta saanud järjest paremaid röntgenogramme. Sellest hoolimata ei paistnud, et talle spiraalid oleksid meeldima hakanud. Lisaks sellele eksisteerisid tema arvates tõendid, et fosfaatsuhkrust tugi asub molekuli välisküljel. Raske oli aga otsustada, kas sel kinnitusel leidub mingi teaduslik alus.

Et Rosy üks oli paakil, siis lükkasin ma selle lahti ja nägin teda kummardumas valguskasti kohale, millel lamas parajasti mõõdetav röntgenogramm. Hetkeks mu sisenemine jahmatas teda, kuid ta kogus end kohe ja andis pilguga mõista, et kutsu-mata külalistel peaks olema viisakust uksele koputada.

Ma kavatsesin öelda, et Maurice oli kinni, kuid taipasin niisuguse solvangu asemel siiski küsida, kas ta tahab vaadata Peteri isa käsikirja koopiat. Oleksin küll väga tahtnud teada, kui kaua tal vea leidmine aega võtab, kuid Rosyga ei saanud mängida. Nii ma seletasin kohe ära, kus Linus oli eksinud. Seda tehes ei suutnud ma hoiduda Paulingi ning Francise ja minu esimese mudeli pealiskaudse sarnasuse rõhutamisest. Ma lootsin, et teda lõbustab fakt, et Paulingi järeldused sümmeetria kohta polnud teravmeelsemad kui meie kohmakad sammud aasta tagasi, kuid tulemus oli vastupidine. Minu korduvad viited spiraalsetele struktuuridele pahandasid teda järjest rohkem. Ta märkis külmalt, et pole tõendi jälgegi, mis lubaks Linusel või kellelgi teisel oletada DNA spiraalset ehitust. Enamik minu sõnu olid talle üleliigsed, sest ta teadis juba sel momendil, kui ma mainisin spiraali, et Pauling oli eksinud.

Katkestades tema kõnevoolu, märkisin ma, et spiraal on iga korrapärase polümeerse molekuli jaoks kõige lihtsam vorm. Et ta ei saaks vastuväitena esitada aluste tõenäoliselt ebakorrapärasest järjestusest, jätkasin ma väitega, et kui DNA moodustab kristalle, ei pea nukleotiidide järjestus mõjustama üldist struktuuri. Rosy kannatus hakkas selleks ajaks katkema ja ta hääli tõusis, kui ta ütles, et mu märkuste rumalus ilmneks otsekohe, kui ma jätkaksin lobisemise ja vaataksin tema röntgenogramme.

Ma aga teadsin tema andmetest rohkem, kui ta arvas. Paari kuu eest rääkis Maurice mulle Rosy niinimetatud spiraalivastaste tulemuste olemusest. Kuna Francis kinnitas, et Rosy oli valejälgedel, riskeerisin ma plahvatusega. Tähendasin kõhklemata, et ta on ebakompetentne röntgenogramme interpreteerima. Kui ta tutvaks veidi teooriaga, saaks ta aru, et tema arvatavad spiraalivastased tunnused tekivad väikestest kõrvalekalduimistest, mis johtuvad korrapäraste spiraalide kristallvõresse asetamisest.

Järsku tõusis Rosy meid lahutava laboratooriumilaua tagant püsti ja hakkas minu poole tulema. Kartes, et ta võib vihahoos mind lüüa, haarasin Paulingi käsikirja ja taganesin kiiresti avatud ukse poole. Minu pääsemist takistas Maurice, kes pistis pea laboratooriumiuksest sisse. Niikaua kui Maurice ja Rosy teineteist üle minu lontis kuju silmitsesid, ütlesin vaikselt Maurice'ile, et Rosy ja minu vestlus on lõppenud ja et ma otsin ta üles teejoomise toas. Samal ajal pugusin ma nende vahelt läbi ja jätsin Maurice'i ja Rosy vastamisi seisma. Rosy aga pöördus ümber ja läi ukse kinni.

Minu kokkupõrge Rosyga muutis Maurice'i ennenägematult avameelseks. Minu üllatuseks avaldas ta, et oli koos oma laborandi Wilsoniga korranud üht osa Rosy ja Goslingi röntgenanalüüsist. Ei kuluvat enam palju aega, kui Maurice'i töö saab täie hoo sisse. Seejärel tuli veel tähtsam uudis: kesksuvest alates oli Rosy saanud tõendeid DNA uue kolmemõõtmelise vormi kohta. See esines siis, kui DNA molekule ümbritses suurel hulgal vett. Kui ma küsisin, mismoodi röntgenogramm välja nägi, läks Maurice kõrvaltuppa ja tõi «B» vormi röntgenipildi.

Kui ma seda pilti nägin, läks mu suu lahti ja süda hakkas kloppima. Pilt oli usku-
matult lihtsam kui varem saadud «A» vormi röntgenogrammid. Peale selle võis pildil
domineeriv refleksiidest must rist tekkida vaid spiraalsest struktuurist. «A» vormi puhul
polnud spiraal ilalgi otseselt tõestatud ja oli küllaltki ebaselge, mis tüüpi spiraalne
sümmeetria esines. «B» vormi puhul aga andis tema röntgenogrammi uurimine mitu
olulist spiraali parameetrit. Arvatavasti sai juba paariminutilise arvutamise järel
määrata ahelate arvu molekulis. Sain Maurice'lt teada, et tema kolleeg R. D. B. Fraser
oli tõsiselt tegelnud kolmeahelaliste mudelitega, kuid ei saavutanud midagi märki-
misväärtset. Maurice oli küll nõus, et tõendused spiraali olemasolu kohta on nüüd
ülekaalus — Stokes—Cochran—Cricki teooria näitas selgesti, et spiraal pidi eksis-
teerima, kuid see polnud temale esmajärgulise tähtsusega. Lõppude lõpuks oli ta
juba varem spiraalile mõelnud. Tõeline probleem oli see, et puudus igasugune
hüpotees, kuidas lämmastikalused võiksid spiraalis korrapäraselt paikneda. See aga
tähenaldas, et Rosyl oli õigus, kui ta eeldas aluseid keskel ja fosfaatsuhkruid välis-
serval. Maurice ütles, et ta on Rosy õigsuses täiesti veendunud, kuid ma jäin siiski
kahtlema, sest meil puudusid tema tõendid.

15.

Kui ma järgmisel päeval Maxi kabinetti tormasin, et oma uudiseid välja pahva-
tada, viibis seal ka Bragg. Ma andsin kiiresti ülevaate «B» vormi detailidest ja tegin
pealiskaudse visandi, mis näitas, et DNA on spiraal, mis teeb piki spiraali telge
ühe keeru iga 34 Å järel. Bragg katkestas mind varsti küsimusega ja ma taipasin, et
jutt tabas märki. Seepärast tõin ma aega viimata esile Linuse probleemi ja arvasin,
et ta on DNA teistkordseks ründamiseks liiga ohtlik ja inimesed siinpool Aftlandit
ei tohi istuda käed rüpes. Pärast seda, kui ma ütlesin, et kavatsen Cavendishi
mehaanikul lasta teha puriinide ja pürimidiinide mudeleid, jäin vait ja ootasin,
kuni Bragg mõtteid kogub.

Minu kergenduseks sõör Lawrence mitte ainult et nõustus kõigega, vaid isegi jul-
gustas mind mudeliehitamist jätkama. Oli selge, et talle ei meeldinud londonlaste
sisetülid, eriti kui need võimaldaksid just nimelt Linusel avastada veel ühe tähtsa
molekuli struktuuri. Meile aitas kaasa ka minu töö tubaka mosaiikviirusega. See oli
jättnud Braggile mulje, et ma olen oma õigel alal. Nii võis ta sel õhtul magama heita
ilma hirmuta, et on andnud Francisele vaba voli tormata pöörasesse mõtlematusesse.

Francis aga ei tahtnud nõustuda minuga, et bioloogilistes süsteenides korduvalt
avastatud kahesuse tõttu peaksime hakkama ehitama kaheaheelalisi mudeleid. Tema
arvates oli ainuke võimalus edasijõudmiseks jätta kõrvale kõik argumendid, mis ei
tulenenud nukleiinhapete ahelate keemiast. Et meile teadaolevad katseandmed ei
võimaldanud kahe- ja kolmeahelalisi mudeleid eristada, tahtis ta pöörata võrdset
tähelepanu mõlemale võimalusele. Ma jäin küll täiesti skeptiliseks, kuid ei näinud
põhjust talle vastu vaielda. Ise kavatsesin loomulikult alustada kaheaheelaliste mude-
litega.

Tõsine mudeliehitamine ei saanud aga alata enne paari päeva. Meil puudusid
mitte ainult puriinid ja pürimidiinid, vaid meie töökojas polnud tehtud veel isegi
ühtegi fosfori aatomit.

Fosfori aatomid valmisid kolme päeva pärast ja ma panin kiiresti kokku mitu fosfaatsuhkru ahela lühikest lõiku. Siis püüdsin poolteise päeva jooksul leida rahuldavat kaheaheelalist mudelit, milles fosfaatsuhkur oleks keskel. Kõik «B» vormi röntgenogrammiga sobivad kaheaheelalised mudelid näisid stereokeemiliselt veelgi vähemrahuldavad kui meie kolmeaheelalised mudelid viisteist kuud tagasi. Lõpuks ma tunnistasin üles, et tõrkusin lämmastikaluseid molekuli keskele asetamast, osaliselt kahtluse pärast, et seda tüüpi mudeleid saab ehitada peaaegu lõpmatu arvul. Siis seisaks meie ees võimatu ülesanne otsustada, missugune nendest on õige. Tõeliseks komistuskiviks olid aga alused. Niikaua, kui nad asusid väljaspool, ei tarvitenud neid arvesse võtta. Kui nad aga seespool olid, tuli tegelda hirmuäratava probleemiga: kuidas liita kokku kaks või rohkem ebakorrapärase aluste järjestusega ahelat. Francise tunnistas, et ta ei näe vähimatki valgusekiirt. Sellepärast jätsin ma Francisele mulje, et ta peab välja mõtlema vähemalt poolusutava kinnituse, enne kui ma hakkan tõsiselt mängima mudelitega, millel lämmastikalused asuvad keskel.

Järgmisel hommikul aga otsustasin ma vastikuid mudeleid koost lahti võttes, et pole kahjulik veeta paar päeva molekuli välisküljel asetseva toesega mudeleid ehitades. See tähendas aluste ajutist ignoreerimist, mis pidi aga nagunii juhtuma, sest töökojal kulus tinaplaatidele puriinide ja pürimidiinide kuju andmiseks veel üks nädal.

Molekuli välisküljel asuvast toest polnud raske keerata spiraali nii, et see sobib röntgenogrammi andmetega. Nii minule kui ka Francisele jäi mulje, et kõige sobivam kahe naaberaluse vaheline pöördnurk on 30 kraadi vahel. Kui molekuli toes asus väljaspool, siis pidi 34-ongströmine kristallograafiline kordus esindama ühe täispöörde jaoks vajalikku pikkust spiraali teljel. Selles staadiumis hakkas Francise huvi asja vastu kasvama ja üha sagedamini tõstis ta pilgu oma arvutustelt mudeli poole.

16.

Järgmistel päevadel ei tahtnud töö eriti edeneda. Mängisin õhtuti tennist ja käisin palju kinos. Kuid isegi heade filmide ajal ei suutnud ma unustada lämmastikaluseid. Selleks ajaks teadsime, et muus osas sobib meie mudel katseandmetega. Max oli ühe komisjoni liige, mis pidi kontrollima londonlaste tööd ning Randall laskis paljundada väga põhjaliku aruande laboratooriumi tööst komisjoni kõigi liikmete jaoks. Max tõi Maurice'i ja Rosy kirjutatud osad meile näha ja me saime teada, et olime «B» röntgenogrammi järgi põhiliselt õigesti töötanud.

Kui ma selle päeva hilisõhtul koju läksin, püüdsin lahendada aluste mõistatust. Nende valemid olid toodud J. N. Davidsoni väikeses nukleiinhapete biokeemia raamatus. Nii võisin ma olla kindel, et mul on õiged struktuurvalemid, kui joonistasin aluste pilte laboratooriumi märkmepaberile. Minu eesmärgiks oli keskselt asetunud aluseid paigutada kuidagi niimoodi, et toes molekuli välisküljel oleks täiesti korrapärane, nii et iga nukleotiidi fosfaatsuhkru rühmad oleksid ühesuguse kolmemõõtmelise kujuga. Aga iga kord, kui ma püüdsin lahenduseni jõuda, pörkasin kokku raskusega, et iga lämmastikalus oli teistest erineva kujuga. Peale selle oli palju põhjusi uskuda, et antud polünukleotiidide ahela aluste järjestus on äärmiselt

ebakorrapärane. Ilma mingi väga kavalat nõksuta pidi kahe polünukleotiidahela teineteise ümber keerdumine kaasa tooma segaduse. Mõnedes kohtades pidid suuremad alused teineteisega kokku puutuma, kuna aga nendes kohtades, kus väiksemad alused vastastikku paiknesid, pidi olema kas tühi või siis toese osade sisseopistus.

Peale selle vaevas veel probleem, kuidas võiksid ahelad alustevaheliste vesiniksidemete abil koos seista. Me olime küll Francisega peaaegu aasta eitanud aluste regulaarset vesiniksidemete võimalust, kuid nüüd ilmnes, et olime eksinud. Seega peitus asja tuum seaduspärasuses, mille järgi vesiniksidemed aluseid omavahel sidusid. Ühtegi originaalset ideed ei tekkinud mul aga enne kui järgmise nädala keskel. See juhtus siis, kui jooonistasin paberile adeniini liitunud ringahelaid. Ootamatult kujutlesin ma võimalikku DNA struktuuri, milles adeniinijääk moodustas samasuguseid vesiniksidemeid nagu puhta adeniini kristallideski. Kui DNA on niisugune, siis moodustab iga adeniinijääk kaks vesiniksidet teise adeniinijäägiga, mis on tema suhtes 180° võrra pööratud. Veel tähtsam oli see, et kaks sümmeetrilist vesiniksidet võisid koos hoida ka guaniini-, tsütosiini- ja tümiinipaare. Seepärast hakkasin mõtlema, kas iga DNA molekul ei koosne kahest ühesuguse aluste järjestusega ahelast, mida hoiavad koos vesiniksidemed identsete alustepaaride vahel. Niisugusel struktuuril ei saaks aga olla regulaarset toest, sest puriinid (adeniin ja guaniin) ning pürimidiinid (tümiin ja tsütosiin) on erineva kujuga. Selle tulemusena peaksid toesel ilmnema väikesed sisse- ja väljasopistised, olenevalt sellest, kas keskel on puriinide või pürimidiinide paarid.

Korrapärast toestest hoolimata hakkas mu pulss kiiremini lööma. Kui DNA oli niisugune, siis tekitan ma avastuse teatavakstegemiseks tõelise plahvatuse. Ka teineteise ümber pöimunud identse alustejärjestusega ahela olemasolu ei saanud olla juhuslik. Paistis olevat äärmiselt tõenäoline, et iga molekuli üks ahel oli varem teise ahela sünteesimisel olnud matriitsiks. Selle skeemi kohaselt algaks geeni replikatsioon kahe identse ahela lahkne misega. Seejärel muutuks kaks tütarahelat vanemateks, kelle matriitsil luuakse kaks uut DNA molekuli, mis sarnanevad täpselt esialgse molekuliga. Nii tulenes geeni replikatsiooni põhiline nõks nõudest, et uuesti sünteesitud ahela iga alus moodustaks vesiniksidemed samasuguse alusega. Sel õhtul ei näinud ma, miks guaniini tavaline tautomeerne vorm ei võiks moodustada vesiniksidemeid adeniiniga. Võis tekkida ka teisi seesuguseid vgu. Et aga polnud põhjust kõrvale jätta spetsiifiliste fermentide olemasolu, ei leidnud ma põhjust olla üleliia häiritud. Võis ju eksisteerida spetsiitiline ferment, mis alati kinklustas adeniini liitumise adeniiniga.

17.

Järgmisel hommikul aga purunes minu skeem kildudeks. Minu vastu oli ebameeldiv keemia fakt, et ma olin valinud guaniini ja tümiini valed tautomeersed vormid. Just enne seda jõudsin Max Delbrückile kirjutada kirja bakterite geneetika kohta ning ei suutnud hoiduda lisamast lauset, et olen avastanud väga ilusa DNA struktuuri, mis täiesti erineb Paulingi omast. Mõtlesin, kas lisada ka üksikasju või mitte, kuid et kiirustasin, viskasin kirja niisama posti. Minu artikkel bakterite geneetikast

oli Kalifornia Tehnikaülikooli geneetikutele tundunud ebausutav, kuid Delbrück oli ta siiski trükkii suunanud. Nii olen ma järelikult ikka alles noor, kui teen narruse ja avaldan rumala idee. Küll ma jõuan veel kainestuda enne karjääri suundumist kindlatele rööbastele.

Kiri oli postkastis olnud alles tund aega, kui sain teada, et olin väitnud mõtteid. See juhtus siis, kui tulin laboratooriumisse ja hakkasin selgitama oma ideed. Ameerika kristallograaf Jerry Donohue vaidles vastu, et see idee ei lähe läbi. Davidsoni raamatust kopeeritud tautomeersed vormid olid Jerry arvates valed. Kui ma vastu väitsin, et mitmetes teisteski raamatutes on guaniin ja tümiin kujutatud enoolvormis, ei murdnud see Jerryt. Ta tõi rõõmsalt kuuldavale, et aastate jooksul olid orgaanikud eelistanud ühtesid tautomeerseid vorme teistele täiesti meelevaldselt, ilma ühegi kaaluka põhjusega. Orgaanilise keemia alased käsiraamatud pidavat tegelikult kubisema täiesti võimatute tautomeerete vormide piltidest. Guaniini pilt, mida ma pahaaimamatult usaldas, oli peaaegu vale. Jerry keemiaalane intuitsioon ütles talle, et guaniin esineb ketovormis. Sama kindel oli ta ka selles, et tümiingi on ekslikult enoolvormi asetatud. Siingi eelistas ta ketovormi. Jerryil polnud küll absoluutset tõestust ketovormide eelistamiseks, vaid ta tunnistas, et see probleem on lahendatud ainult ühe kristallstruktuuri juures. See oli diketopiperasiin, mille kolmemõõtmeline kuju oli paar aastat tagasi Paulingi laboratooriumis hoolikalt välja töötatud. Seal esines ilma mingi kahtluseta keto-, mitte aga enoolvorm. Lisaks sellele oli Jerry kindel, et kvantmehaaniline tõestus, mis näitas diketopiperasiini ketovormi, peaks kehtima ka guaniini ja tümiini kohta. Seepärast soovitati mul tungivalt sellele meele tule skeemile mitte enam aega raisata.

Mu esimeseks reaktsiooniks oli lootus, et Jerry ajab jama, kuid tema kriitikat ei saanud ma jätta arvestamata. Linuse enda järel teadis Jerry vesiniksidemetest rohkem kui keegi teine maailmas. Kuue kuu jooksul, mis ta meie kabinetis oli istunud, polnud ma veel kuulnud, et ta oleks teinud suu lahti niisuguse koha pealt, millest ta midagi ei teadnud.

Sügavalt mures läksin ma oma laua juurde ja lootsin, et mingi mustkunsti abil õnnestub sarnaste aluste ideed päästa. Oli aga ilmne, et aatomite uued asendid andsid talle surmahoobi. Vesinikaatomite nihutamine ketoasendisse tegi puriinide ja pürimidiinide vahelised suuruserinevused veel tähtsamaks kui enoolvormide korral. Ainult kõige äärmuslikumate mõõnduste korral sain ma polünukleotiidahelat kujutleda niivõrd keerdununa, et see rahuldaks aluste ebakorrapärase järjestust. Aga seegi võimalus kadus koos Francise ilmutisega. Ta sai kohe aru, et 34-ongströmine kristallograafiline kordus tekiks sarnaste aluste liitumise korral ainult siis, kui iga ahel teeks täispöörde 68 Å järel. See aga tähendaks, et naaberahelate vaheline pöördenurk oleks kõigest 18 kraadi, mis Francise arvates oli absoluutselt välistatud. Samuti ei meeldinud Francisele, et mudel ei andnud seletust Chargaffi reeglile (A—T, G—C). Mina aga säilitasin oma jaheda suhtumise Chargaffi andmetesse.

Kui ma järgmisel hommikul alles tühja kabinetti astusin, tegin oma laua kiiresti paberitest tühjaks, et mul oleks suur tasane pind, millel vesiniksidemetega seotud alustepaare moodustada. Algul proovisin küll veel oma ühesuguste aluste ideed, kuid nägin liigagi hästi, et see ei vii kuhugi. Kui Jerry tuppa tuli, vaatasin üles, kas

see pole Francis, ja hakkasin aluseid edasi-tagasi mitmesugustesse teistesse liitumiskombinatsioonidesse nihutama. Järsku sai mulle ilmsiks, et kahe vesiniksidemega ühendatud adeniin-tümiinpaari kuju on täpselt samasugune kui vähemalt kahe vesiniksidemega ühendatud guaniin-tsütosiinpaaril. Kõik vesiniksidemed näisid moodustuvat loomulikult ja polnud vaja mingit kombineerimist, et kahte tüüpi alustepaaride kuju ühesuguseks muuta. Kiiresti kutsusin kohale Jerry, et küsida, kas tal seekord on mingeid vastuväiteid minu uute alustepaaride kohta.

Kui ta ütles, et pole, tõusis mu tuju taevani, sest nüüd ma lootsin, et oleme leidnud vastuse mõistatusele, miks puriinide arv võrdub pürimidiinide arvuga. Kui puriin on alati seotud pürimidiiniga, saab kaks ebakorrapärase aluste järjestust korrapäraselt spiraali keskele asetada. Vesiniksidemete moodustumise tingimused tähendasid ka seda, et adeniin on alati tümiini vastas, kuna guaniin saab olla ainult tsütosiini vastas. Chargaffi reeglid ilmnesisid järsku järeldustena DNA kaksikspiraalsest struktuurist. Mis veel toredam — seda tüüpi kaksikspiraal andis palju vastuvõtavama replikatsiooniskeemi kui ühesuguste alustepaaride skeem. Adeniini liitumine tümiiniga ja guaniini liitumine tsütosiiniga tähendas seda, et kaks spiraali keerdunud ahelat täiendasid teineteist. Kui ühe ahela aluste järjestus oli antud, siis määras see automaatselt tema partneri aluste järjestuse.

Francise saabudes ei lasknud ma teda uksest kaugemale, kui kuulutasin, et täielik lahendus on meil käes. Põhimõtte pärast jäi ta küll mõneks hetkeks skeptiliseks, kuid ühesuguse kujuga A — T ja G — C paarid avaldasid oodatud mõju. Ta asetaski aluseid kiiresti mitut viisi ümber, kuid ei leidnud ühtegi teist Chargaffi reegleid rahuldavat võimalust. Paar minutit hiljem avastas ta fakti, et lämmastikalused on seotud suhkrutega glükosiidsidemete abil nii, et alustepaare saab ümber pöörata. Sellest tulenes tähtis järeldus, et üks ahel võib sisaldada nii puriine kui ka pürimidiine. Samal ajal ilmnis sellest, et kahe ahela toesed peavad keerlema vastupidistes suundades.

Nüüd jäi üle küsimus, kas A — T ja G — C paarid sobivad korralikult kahe eelneva nädala jooksul ehitatud toese konfiguratsiooni. Esimesel pilgul oleks võinud selle peale juigesti kihla vedada, sest ma olin jättnud keskele aluste jaoks suured tühjad kohad. Kuid me teadsime, et lugu lõpeb vaid pärast täieliku mudeli ehitamist, kui kõik stereokeerilised ühendused on rahuldavad. Asi oli valehäire tõstmiseks liiga tähtis. Seepärast tõmbas mul südame alt veidi õõnsaks, kui lantši ajal Francis otse lendas «Eagle'isse» ja kuulutas igale kuuldekauguses viibijale, et oleme avastanud elu saladuse.

18.

Näis peaaegu uskomatuna, et DNA struktuur oli avastatud, et lahendus on uskomatult põnev ja meie nimed seotakse kaksikspiraaliga samuti nagu Paulingi nimi alfa-spiraaliga. Kui «Eagle» kell kuus avati, läksime Francisega sinna, et arutada, mida lähematel päevadel ette võtta. Francis ei tahtnud rahuldava kolmemõõtmelise mudeli ehitamiseks aega raisata, sest geneetikud ja nukleiinhapetega tegelevad keemikud ei tohiks enam rohkem oma aega ja võimalusi pillata. Neile peab lahenduse kõhku teatavaks tegema, et nad saaksid oma uurimised meie töö järgi ümber orienteerida. Olgugi et mina tahtsin tingimata täielikku mudelit ehitada, mõtlesin

rohkem Linusele ja võimalusele, et ta võib sattuda alustepaaridele enne, kui meie seda temale ütleme.

Sel õhtul aga ei saanud me kaksikspiraali lõplikult kindlaks määrata, sest puudusid lämmastikalused. Need me saime alles järgmisel päeval ja läikivad metallplaadid läksid koheselt käiku, et ehitada mudelit, milles esmakordselt olid kõik DNA koostisosad. Umbes tund aega asetasin ma aatomeid kohtadele, mis vastasid nii röntgenogrammidele kui ka stereokeemia reeglitele. Tulemuseks oli parempoolne spiraal, mille kaks ahelat jooksid vastupidistes suundades. Mudeliga sai samaaegselt mängida ainult üks inimene ja seepärast ei püüdnud Francis kontrollida mu tööd enne, kui ma astusin eemale ja ütlesin, et minu arvates on nüüd kõik korras. Kui kaks aatomit olid teineteisele veidi lähemal kui optimaalne, ei teinud see mulle muret, sest kaugus ei väljunud mitmete avaldatud andmete piiridest. Järgmise viieteistkümneminutilise jooksul uuris mudelit Francis ja ei suutnud leida ühtegi viga. Kui läksime koos Odile'iga lõunastama, näis kõik olevat suurepäraseks.

Bragg lamas juba mitu päeva gripiga kodus voodis, kui kuulis, et Crick ja mina mõtlesime välja DNA originaalse struktuuri, mis võib bioloogiale tähtis olla. Kui ta laboratooriumi tagasi tuli, lipsas ta esimesel vabal hetkel mudelit oma silmaga vaatama. Ta taipas kohe kahe ahela teineteist täiendavat olemust ja nägi, kuidas A—T ja G—C tulenesid loogiliselt fosfaatsuhkrust toese korrapärasest korduvast kujust. Et ta polnud teadlik Chargaffi reeglitest, siis jutustasin talle lühidalt erinevate lämmastikaluste suhtelise vahekorra katseandmetest ja panin tähele, kuidas ta struktuuri võimalikust tähendusest geeni replikatsioonile järjest rohkem erutus. Kui kõne alla tulid röntgenanalüüsi tõendid, siis ta mõistis, miks me polnud veel londonlasi kohale kutsunud. Talle tegi aga muret, et me polnud veel küsinud Toddi arvamust. Kuigi ütlesime, et meie orgaaniline keemia on korras, ei rahunenud ta ometi. Valede keemiliste valemite kasutamise võimalus oli küll väike, aga et Crick rääkis kiiresti, et võinud Bragg'il kindel olla, kas Francis kunagi ka niivõrd maha rahuneb, et õiged faktid saavutab. Otsustasime, et pärast aatomite koordinaatide lõplikku viimistlemist kutsume Toddi oma tööd kontrollima.

Ilma täpsete röntgenanalüüsi andmeteta ei olnud me valitud molekuli kuju absoluutses korrektsuses veendunud. See aga ei teinud meile muret, sest tahtsime ainult kindlaks teha, et vähemalt üks spetsiifiline kaheaahelaline komplementaarne spiraal on stereokeemiliselt võimalik. Kuni see polnud selge, võis vastu väielda, et meie idee oli küll esteetilisest seisukohast väga elegantne, kuid molekuli fosfaatsuhkrust toese kuju muudab selle võimatuks. Nüüd teadsime, et see pole tõsi ja läksime õnnelikena einestama, öeldes teineteisele, et nii ilus struktuur peab olemas olema.

19.

Maurice'il kulus umbes minut aega mudeli vaatlemiseks, kui see talle meeldima hakkas. John oli teda ette hoiatanud, et mudel on kaheaahelaline, mida hoiavad koos A—T ja G—C paarid, ning laboratooriumisse sisenemisel hakkas ta kohe üksikasju uurima. Et kolme ahela asemel oli kaks, see teda ei häirinud, sest selle kohta polnud kunagi täiesti selgeid tõendeid olnud. Sel ajal, kui Maurice vaikides mudelit uuris, seisis Francis kõrval ja rääkis aeg-ajalt väga kiiresti sellest, missuguse

röntgenogrammi peaks see struktuur andma, kuid jäi siis kummaliselt vaikseks, kui taipas, et Maurice soovib vaadata kaksikspiraali, aga mitte kuulata loengut kristallograafilisest teooriast, mille ta võib väga hästi ka ise välja töötada. Guaniini ja tümiini ketovormi asetamisest ei tekkinud mingit küsimust, sest vastasel juhul oleksid alustepaarid hävinud ja ta võttis Jerry Donohue' suulist kinnitust kui iseenesestmõistetavat.

Keegi ei maininud küll seda, kuid kõigile oli ilmne, millise ettenägematu eelise andis Jerry viibimine ühes ruumis Francise, Peteri ja minuga. Kui ta poleks viibinud Cambridge'is, oleksin ma ehk ikka veel maadelnud sarnaste alustepaaride struktuuri kallal. Maurice'i laboratooriumis polnud ühtegi keemikut, kes oleks talle öelnud, et kõik käsiraamatutes trükitud pildid on valed. Aga peale Jerry oleks tõenäoliselt ainult Pauling teinud õige valiku.

Järgmine samm oli võrrelda röntgenogramme meie mudeli poolt ennustatud difraktsioonipildiga. Maurice sõitis Londonisse tagasi ja ütles, et möödab varsti üle kriitilised refleksid. Tema hääles polnud kibeduse jälgegi ja ma tundsin üsna suurt kergendust. Enne Maurice'i külaskäiku ma kartsin, et ta kurvastab selle üle, et me haarasime endale osa kuulsusest, mis oleks täiel määral kuulunud temale ja tema noorematele kaastöölistele. Tema näol aga polnud pahameele jälgegi ja oma tagasihoidlikul viisil oli ta sügavalt vaimustatud, et avastatud struktuur hakkab bioloogiat teenima.

Ta helistas juba kahe päeva pärast, et nii tema kui ka Rosy katseandmed toetavad tugevasti kaksikspiraali. Nad kirjutasid oma tulemusi kähku kokku ja tahtsid neid avaldada üheaegselt meie teatega alustepaaride kohta.

Mind hämmastas algul, et Rosy meie mudelit kohe tunnustas. Ma kartsin, et tema vahe, kangekaelne mõistus, mis oli tema enda poolt valmistatud spiraalivastases lõksus, võiks välja tuhnida ebaolulisi tulemusi, mis tekitaksid kahtlusi kaksikspiraali korrektsuses. Ometi nägi ta nagu kõik teisedki alustepaaride sobivust ja tunnustas fakti, et struktuur oli liiga ilus vale olemaks. Pealegi oli ta juba enne meie ettepanekuga tutvumist sunnitud röntgenanalüüsi tulemuste mõjul vastu oma tah'mist spiraalile mõtlema. Tema andmed kinnitasid, et molekuli toes peab asetsema väljaspool ja ta ei näinud põhjust vaielda molekuli keskel vesiniksidemetega ühendatud A—T ja G—C paaride ainulaadsuse vastu.

Samal ajal kadus Rosy halvaks panu Francise ja minu vastu. Kartes meie varasemate kokkupõrgete kordumist, kõhklesime alguses temaga kaksikspiraali arutlemast. Viibides Londonis, et arutada Maurice'iga röntgenogrammide detaile, märkas aga Francis tema muutunud hoiakut. Mõeldes, et Rosy ei taha temaga üldsegi tege mist teha, rääkis Francis peamiselt Maurice'iga, kuni hakkas pikkamööda taipama, et Rosy huvitub tema kristallograafilistest nõuannetest ja on valmis avalikku vaenu likkust vahetama võrdsetevahelise kõneluse vastu.

Rosyga toimunud muutust mõjutas ilmselt ka asjaolu, et ta tunnistas meie pasundamise mudeliehitamise ümber tõsiseks teadusega tegelemiseks, aga mitte kerge maks väljapääsuks logarditele, kes tahtsid vältida ausa teadusliku karjääri jaoks vajalikku rasket tööd. Samuti ilmnas, et Rosy lahkkelid Maurice'i ja Randalliga olid seotud tema täiesti arusaadava vajadusega olla võrdne nende inimestega, kellega ta koos töötas. Varsti pärast laboratooriumisse tööleasumist oli ta tõstnud mässu selle

hierarhilise korralduse vastu solvumisest, et tema esmaklassilisi kristallograafivõimeid formaalselt ei tunnustatud.

Nädala lõpul tuli ametlikule külaskäigule Todd koos mitmete nooremate kolleegidega keemialaboratooriumist. Francis andis lühiülevaate struktuurist ja selle tähendusest samasuguse mõnuga, nagu ta oli seda viimase nädala jooksul mitu korda päevas teinud. Tema vaimustus kasvas iga päevaga ja kui kuulsime Francise häält mõnele uuele näole jutlust pidamas, lahkusime koos Jerryga toast ja tulime tagasi alles siis, kui järjekordselt ümberpööratud olid läinud ja töötingimused mingil määral taastunud. Toddi puhul oli lugu aga hoopis teine, sest ma tahtsin kuulda, kuidas ta ütleb Braggile, et me oleme õigesti järginud tema soovitusi fosfaatsuhkrust toese keemia alal. Todd jäi nõusse ka ketovormidega ja ütles, et tema orgaanikutest sõbrad joonistasid enoolrühmi täiesti meelevaldsetel kaalutlustel. Ta soovis Francisele ja mulle õnne eeskujuliku keemilise töö eest ja lahkus.

Seejärel sõistsin ma nädalaks Pariisi. See külaskäik oli paar nädalat varem kokku lepitud ja et suurem osa meie tööst oli möödas, ei pidanud ma vajalikuks sõitu edasi lükata. Francisele see aga ei meeldinud ja ta ütles, et nii tähtsat tööd ei tohi nädalaks katkestada. Soovitus tõsine olla polnud aga mulle meeltemööda, eriti sellepärast, et John oli just äsja näidanud Francisele ja mulle Chargaffi kirja, milles ka meid mainiti. Postskriptumis tahtis ta teada saada, mida Johni teaduslikud klounid plaanitsevad.

Käsikiri DNA kohta valmis lõplikul kujul märtsi viimaseks nädalavahetuseks. Järgmisel teisipäeval läks artikkel Braggi kätte ja jõudis neljapäeval ajakirja «Nature» toimetusse.

Reede õhtul saabus Cambridge'i Linus Pauling. Teel Brüsselisse Solvay kongressile tegi ta peatuse, et näha Peterit ja vaadata mudelit. Laupäeva hommikul töi Peter ta laboratooriumi ning pärast seda, kui ta oli Jerryt tervitanud Kalifornia Tehnikaülikooli uudistega, hakkas ta uurima mudelit. Ta tahtis küll veel näha londonlaste kvantitatiivseid mõõtmisi, kuid me toetasime oma argumente koopiaga Rosy originaal-sest «B» vormi röntgenogrammist. Nii olid kõik trumbid meie käes ja ta tunnistas armulikult, et me olime õige lahenduse leidnud.

Inglise keelest lühendatult

AIN RAITVIIR

Asjasthuvitatuil palume «Kaksikspiraali» täielikku teksti lugeda «Loomingu Raamatukogu» äsjailmunud väljaandest.

MAALT STARTINUD KOSMOSEAPARAADID

Kosmoseaparaat	Riik	Stardi aeg (maailma- aeg)	Lennu kes- tus, ööp.	Lennu lõpp (maailmaaeg)	Kalle Maa ekv. tasapinna suhtes, °	Tiirlemis- periood, min	Perigee, km	Apogee, km
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		1968						
Kosmos 218	NSVL	25. 04	0,1	25. 04. 1968	50	87,3	144	210
Kosmos 219	NSVL	26. 04	310	2. 03. 1969	48,4	104,7	222	1770
Salajane	USA	1. 05	14	15. 05. 1968	83,05	88,58	164	243
Kosmos 220	NSVL	7. 05	50 a.	—	74	99,2	670	760
Iris (ESRO 2)	Euroopa,							
	USA	17. 05	5 a.	—	97,16	99,00	334	1085
Salajane	USA	23. 05	100 a.	—	98,94	102,19	817	904
Kosmos 221	NSVL	24. 05	1 a.	—	48,4	108,3	220	2108
Kosmos 222	NSVL	30. 05	134	11. 10. 1968	71	92,3	277	528
Kosmos 223	NSVL	1. 06	8	9. 06. 1968	72,9	90,1	212	374
Kosmos 224	NSVL	4. 06	8	12. 06. 1968	51,8	89	200	270
Salajane	USA	5. 06	12	17. 06. 1968	140,52	90,31	123	456
Kosmos 225	NSVL	12. 06	144	21. 11. 1968	48,4	92,2	257	530
Kosmos 226	NSVL	12. 06	60 a.	—	81,2	96,9	603	650
IDCSP 4-1	USA	13. 06	> 10 ⁶ a.	—	0,19	1335,7	33758	33841
IDCSP 4-2	USA	13. 06	> 10 ⁶ a.	—	0,11	1335,5	33725	33863
IDCSP 4-3	USA	13. 06	> 10 ⁶ a.	—	0,10	1335,9	33699	33907
IDCSP 4-4	USA	13. 06	> 10 ⁶ a.	—	0,10	1338,0	33737	33954
IDCSP 4-5	USA	13. 06	> 10 ⁶ a.	—	0,19	1339,6	33721	34035
IDCSP 4-6	USA	13. 06	> 10 ⁶ a.	—	0,16	1342,0	33724	34126
IDCSP 4-7	USA	13. 06	> 10 ⁶ a.	—	0,17	1345,2	33721	34256
IDCSP 4-8	USA	13. 06	> 10 ⁶ a.	—	0,13	1350,6	33752	34443
Kosmos 227	NSVL	18. 06	8	26. 06. 1968	51,8	89,1	194	281
Salajane	USA	20. 06	25	16. 07. 1968	84,99	89,75	193	326
Kosmos 228	NSVL	21. 06	12	3. 07. 1968	51,6	89	206	259
Kosmos 229	NSVL	26. 06	8	4. 07. 1968	72,8	89,9	210	354
Explorer 38	USA	4. 07	100 000 a.	—	120,64	224,41	5851	5861
Kosmos 230	NSVL	5. 07	120	11. 11. 1968	48,5	93	290	580



OSA LINNU-
TEEST GALAK-
TIKA KESKME
LÄHEDUSES
AMBURI
TÄHTKUJUS.

Kaardil kujutatud tähtkujud on vaa-
deldavd madalas lõunataevas mõne
tunni jooksul pärast Päikese loojumist.
Kaljukits ja Ambur on aga nähtavad
ainult nende kulmineerumise ajal ja
sedagi vaid eriti heades vaatlustingi-
mustes. Oktoobritaevas kipub aga ena-
masti pilves olema.

Kotkas (Aquila). Peatäht Altair paistab
nii heledana vaid seetõttu, et ta on üks
lähemaid tähti, ainult 16 v. a. kau-
gusel. Tegelikult on ta Päikesest üksnes
8 korda heledam ja 2 korda suurema
läbimõõduga. Altair läheneb meile kii-
rusega 26 km/s. Kui ta liiguks täpselt
meie suunas, jõuaks ta siia astronoomi-
lises mõttes õige lühikese ajaga, kõigest
200 000 aasta pärast.

LK. 70. GRAVÜÜR HEVELIUSE TÄHE-
ATLASEST.

LK. 71. SÜGISÕHTUTE LÕUNATAEVA
MADALAMAD TÄHTKUJUD.

„Aquilae heleduse muutumise avastas
John Goodricke koos üleaedse, sõbra
ja tema elutöö jätkaja Edward Pigottiga
1783. a., seega aasta enne δ Cepheid.
Praegu aga öeldakse, et „Aql on tse-
feiid (periood 7,18 päeva, $3^m,7 \dots 4^m,4$),
kuigi viimaseid tuleks nimetada hoopis
akvilaiidideks (sõnast Aquilae, nagu
tsefeiid sõnast Cephei).

Madu (Serpens). Tähtkuju paistab sil-
ma selle poolest, et koosneb kahest tü-
kist, mida taevas eraldab Maokandja.
Viimase haardes vingerdava Mao pea
on oktoobris juba loojunud ja sellest
teeme juttu tuleva aasta augustis. Mis
puutub kaardil kujutatud sabasse, siis
binoklis veendute, et selle ots on lõhki:
„Ser on kahest rohekast tähest ($4^m,5$ ja
 5^m) koosnev kaksik.

Maos saab vaadelda hajusparvi NGC
6604 ja NGC 6611. Mõlemad koosnevad
40...50 tähest koguheledusega umbes
 7^m ja võtavad enda alla ligi täiskuu suu-
ruse ala taevast.

Veevalaja (Aquarius). Seekordsele
kaardile jääb Veevalaja üks tähelepanu-

väärsemaid objekte, rohkem kui poolest miljonist tähest koosnev kerašparv M 2 (7^m). Kooliteleskoobis näete ära ka taeva teise «Saturni», planeetaarse udu NGC 7009.

Kaljukits (Capricornus). Väheütleva tähtkuju juhttäht α Cap osutub binoklis kaksikuks α_1 ja α_2 , kuid kaksiklus on näilik: neil tähtedel pole üksteisega miskit pistmist, nad vaid projekteeruvad juhuslikult teineteise lähedale. Lohutuseks võib lisada, et suures teleskoobis osutub nii α_1 kui ka α_2 omaette kaksik-süsteemiks. Seega on võltskaksiklus vaadeldav, tõeline mitte.

Kerašparve M 30 tasub otsima hakata vaid hea ilmaga, kui Päikese loojumise ajal pole horisondi kohal somp.

Kilp (Scutum). Linnutee keskossa jäävas Kilbis võib pimedal ööl palja silmaga jälgida hiiglaslikku «tähepilve», mis on ümbritsetud tähtede valgust neelavate tumedate gaasi- ja tolmupilvedega. Samas alas asuvad Kilbi tähelepanuväärused: umbes 200 tähest koosnev hajusparv M 11 (6^m,5) ja R Sct.

R Scuti avastas jälle ei keegi muu kui E. Pigott (1795). Ja taas on muutlike tähtede vastava alaklassi esindajaks mitte esmaavastatu, vaid «keegi» hilisem (RV Tauri). R Sct heleduse muutumise kõver meenutab eelmises taevaatlases toodud β Lyr kõverat, kuid on «rikutud» tunduvate ebakorrapärasustega. 144-päevase perioodiga vahelduvad sügavamad ja vähem sügavad miinimumid (5^m,0... 8^m,4), kuid tegemist pole varjutustega, vaid tähe pulseerimisega. Heleduse muutust ei õnnestu aga üheselt seostada tähe paisumist ja kokkutõmbumist iseloomustava radiaalkiiruse muutumisega nagu klassikalistel tsefeiididel. Mis veelgi hämmastavam — erisuguste keemiliste elementide aatomite spektrijooned käituvad sageli (kuid mitte alati) erisuguselt. Ilmselt on R Sct eriti ulatusliku atmosfääriga täht, mille mainitud eripära ja tervet hulka muid veidrusi pole veel selgitatud.

Ambur (Sagittarius) on üks põnevamaid ja enam uuritavaid täeva-alasid. Näiteks selgub vastilmunud muutlike tähtede üldkataloogist, et Ambur on rekordimees: temas on avastatud ja uuritud 2416 muutlikku tähte, registreeritud

käesoleval sajandil 44 noova plahvatust jne. Täheparvi ja udukogusid leidub sealkandis nii palju, et ükskhaaval ei jõua neist juttu tehagi. Huvitavamad toome alljärgnevas tabelis.

Tähis NGC, M	Heledus	Tähtede arv	Näiv nurk- läbim.	Läbim. tuh. v. a.	Kaugus tuh. v. a.	Märkusi
23 6 ^m ,0	120	35'	20	2	Hajusparv	
6520 7,5	25	5	3	2	"	
21 7,0	35	12	17	5	"	
24 4,6	50	4	19	16	"	
28 7,5	10 ⁶	15	75	15	Kerasparv	
22 6,0	7 · 10 ⁶	35	82	10	"	
20 8,5	—	28	2000	—	Dif. udu «Kolme- kordne»	
8 5,8	—	50	2500	—	«Laquun»	
17 7,0	—	45	3200	—	«Omega»	

Meie Galaktika kõige tähtsam, rahu-
tum ja müstilisem koht, Galaktika tuum,
asub suunas, mis jääb taevakaardi alu-
misse parempoolsesse nurka (Amburi,
Maokandja ja Skorpioni tähtkuju de-
vahele). Eestis tõuseb Galaktika tuum ho-
siondile seega vaid sügisel lühikeseks
ajaks. Kui meie ja Galaktika keskm-
vahel ei oleks valgust neelavaid gaasi-
ja tolmupilvi, näeksimpe peaaegu täis-
kuu heledusega, kuid Kuust tunduvalt
suuremat hajusat pilve. Nüüd aga tuleb
piirduda teadmise, et kuskil 30 000
valgusaasta kaugusel asub Galaktika
süda, Päikesest miljardid või koguni 10
miljardit korda massiivsem mõistatuslik
objekt. Tõenäoliselt viib Galaktika tuuma
olemuse mõistmine meid looduse uute,
fundamentaalsete seaduspärasuste avas-
tamisele. Oht-teist Galaktika tuumast on
kirjutatud «Horisondis» nr. 9 1970 ning
«Küsimustes ja Vastustes nr. 9 1970.

Planeedid oktoobris 1970. Merkuur
on leitav kuu keskpaigani koidutähtena
Neitsi tähtkujus, seejuures väga hele-
dana (kuni —1^m). Veenus ja Jupiter näh-
tatamatud, Mars vaadeldav hommikuti
ebasoodsates tingimustes (Neitsis). Sa-
turn on väga hästi nähtav aasta lõpuni
Jäära tähtkujus. Heledus umbes 0^m ja
rõngas hästi avatud.

PEEP KALV

Mõistuse- vargad

Milline tahes, ka kõige väiksem Aafrika riik vajab sadu ja tuhandeid õpetlasi, arste, agronoomi, insenere, mehaanikuid. Aafrika maades leidub selliseid spetsialiste vähe. Loota aga välismaisele kaadrile pole õige – nende teenete eest tuleb palju maksta; pealegi tulevad välismaalased lühikeseks ajaks ning nendele tuginemine suurendab Aafrika maade sõltuvust teistest riikidest.

Milles peitub väljapääs? Muidugi oma eriteadlaste ettevalmistamises. Kuid Aafrikas pole veel vajalikul hulgal ülikoole, kolledžeid ega erioppeasutusi. Kaadrit valmistatakse ette peamiselt Euroopas ja Ameerika Ühendriikides. Ja nimelt selles peitub komistuskivi.

Spekuleerides aafriklaste tungiga teaduse poole, avavad „mõistuse püüdjad“ oma kolledžite ja ülikoolide ukSED „musta kontinendi“ andekatele noortele. Ameerika kõrgemate õppeasutuste esindajad sõidavad ka ise Aafrika riikidesse ahvatlema sealset põliselanikke õpingutele just nimelt Ameerika Ühendriikides. Raadiojaam „Ameerika Hääli“ organiseerib samal teemal erisaateid. Noori aafriklasti meelitavad ka Ameerika informatsioonikeskused sõltumatus Aafrika riikides.

Võib küsida, mis on selles halba? Noor aafriklane saab eriala oma riigi vahendite arvel (nagu teada, pole Ameerika Ühendriikides tasuta haridust), täiendab haritud inimeste ridu, ja seda just arenguriikides vajataksegi. Ent oleks see ainult nii! Nagu teatas Aafrika Ameerika instituudi president Nilssen Harwardi ülikoolis korraldatud eriteadlaste ettevalmistamise probleemidele pühendatud konverentsil, jäävad rohkem kui pooled aafriklased pärast kõrgema kooli lõpetamist Ameerika Ühendriikidesse.

Nilssen viitas otseselt USA teatavatele ringkondadele, kes rakendavad eriaabinõusid, et õppima tulnud aafriklasi uue elukoha külge köita, sest nendele, nagu ka USA enda neegerspetsialistidele makstakse nende töö eest kakskolm korda väiksemat palka kui valgetele.

Pimestatud kuldvasika särast, sõidavad Aafrikast ookeani taha needki eriteadlased, kes pärast välismaal hariduse saamist olid pöördunud tagasi kodumaale. Kokkuvõttes on „mõistuse väljavool“ Aafrika riikidest Läände omandanud ohtlikud mõõtmed. Vastavalt ameeriklaste teatele siirdub näiteks Togost Ameerika Ühendriikidesse rohkem diplomeeritud eriteadlasi, kui neid saabub Togosse lääneriikidest. Ka Libeerias on alaliseks USA-sse ja Kanadasse asunud rohkem insenere ja arste, kui neid tuleb sealt tagasi pärast hariduse omandamist. Nagu kirjutab Ameerika ajakirjandus, kehtib sama Gaana ja paljude teiste Aafrika riikide kohta.

Ameerika ajakirjandus tunnistab sedagi, et USA-s arengumaadele kaadri ettevalmistamise ja sealt spetsialistide väljapumpamise vahel valitseb teatav lõhe. Tavalises keeles väljendatuna rõvivad jänkid otseselt Aafrika rahvaid, varastavad nende parimaid loovaid jõude. „Inimhingede püüdjate“ tegevust hõlbustab see, et paljud Aafrika riigid ei suuda veel pakkuda tööd mitte üksnes äsja tehnikakooli või kõrgema õppeasutuse lõpetanutele, vaid ka varem lõpetanutele. Ajalehe „Washington Post“ andmeil sai 1967. aastal vasta-

vate koolide lõpetanutest Keenias tasulist tööd ainult viis protsenti.

On teada, et ühe eriteadlase ettevalmistamine ülikoolis läheb maksma keskmiselt 20 000 dollarit. Kui tuhanded ülikooli lõpetanud aafriklased jäävad Ameerika Ühendriikidesse, kaotavad Aafrika riigid kümneid miljoneid dollareid.

Kuid Aafrika kaotused väljenduvad mitte üksnes rahas. Oma rahvusliku kaadriga seostub arengumaade edenedamine, lootused paremale tulevikule. Ko-

loniaalse riisumise uus vorm — mõistuse vargus — võrdub omaaegsete orjakauplejate laastavate retkedega Aafrikasse. Praegu, mõistagi, on väliselt kõik igati sünnis. Aafriklased suunduvad ookeani taha just nagu nende endi vabal tahel. Kuid tuum on jäänud endiseks. Ookeanitaguste „džentelmenide“ barbaarne jaht aafriklaste töökaatele on ainult asendunud Aafrika intellektuaalsete jõudude rafineeritud rõõvimisega.

АЖАКИРЖАСТ „АЗИЯ И АФРИКА СЕГОДНЯ“

Kui Nõukogude teadusliku laevastiku veteran „Vitjaz“ erineb vähe harilikest meresõidukitest, siis praegu väljuvad ookeanidele omapärased uurimislaevad. Need on varustatud seadmetega, mis võimaldavad uurida nii maapõues, atmosfääris kui ka kosmoses toimuvaid protsesse. See on ka arusaadav. On ju $\frac{2}{3}$ maakera kaetud veega ja kui me tahame vaatluse alla võtta Maa tervikuna, tuleb enamik töid teostada merel.

TASS-i teatatud programmi järgi 16. märtsist 1962 uuritakse tehiskaaslastega „Kosmos“ atmosfääri ülemisi kihte ja kosmilist ruumi. Nende sputnikute jälgimiseks on Nõukogude Liidu territooriumil loodud alatised vaatlusjaamad. Kuid tehiskaaslaste tiirlemisest ümber Maa ja Maa pöörlemisest tingituna ei ole nende pidev „raadionähtavus“ meie maa territooriumilt võimalik. Sel ajal võtavad vaatlused enda hooleks teaduslikud uurimislaevad, mis asuvad maailma ookeanide erisugustes piirkondades.

Viimastel aastatel on NSV Liidu TA laevastik täienenud niisuguste laevadega nagu „Akadeemik Kurtšatov“, „Dmitri Mendelejev“, „Akadeemik Vernadski“, „Ristna“, „Borovištši“, „Nevel“, „Moršovets“ jt. Laiemat tähelepanu köitis aga kohe „Kosmonaut Vladimir Komarov“. See on kõige suurem alus maailma ekspeditsioonilaevade hulgas. Tema veeväljasurve on 17 000 tonni, pikkus 156 ja laius 23,3 meetrit. Laeval sõidab 240 inimest: 115-liikmeline meeskond ja 125 teaduslikku töötajat

„KOSMONAUT VLADIMIR KOMAROV“

(füüsikud, astronoomid, matemaatikud, insenerid, tehnikud).

Siin uuritakse atmosfääri ülakihte, raadiolainete levimist ja loomulikult ookeani ja tema kohal olevate õhukihtide vastastikust mõju. Selleks on laeval vastavad laboratooriumid ja seadmed.

Kuid peamine tähelepanu on suunatud kosmosesse. Seetõttu on laeval ka omapärane ilme: tekil asuvad hiigelsfäärid. Neis pole midagi salapärast, nad kaitsevad suurte raadiolokaatorite antenne. Viimaseid on laeval väga palju: sidepidamiseks lendavate kosmonautidega ja kõneleks mandriga, sputnikute ja kosmoseaparaatide parameetrite mõõtmiseks jne.

Aparaadid ja antennid võimaldavad jälgida niisuguseid lendavaid objekte nagu automaatjaamad „Luna“: mõta nende liikumise parameetreid, võtta vastu informatsiooni neil asuvatelt seadmetelt ja anda kõik andmed teaduslikesse keskustesse, mis asuvad tuhandete kilomeetrite kaugusel meie maa territooriumil.

Niiviisi võtavad nii meremehed kui ka teaduslikud töötajad koos kosmonautidega osa Universumi saladustesse tungimisest. Nad teevad oma tööd keerukates tingimustes, kaugetel ja kauakestvatel reisidel. Näiteks läbis „Moržovetš“ oma hiljutisel teekonnal rohkem kui 25 000 meremiili, külastas Uruguai, Kanada ja Kuuba sadamaid ning aitas kindlustada kosmoselaevade „Sojuz 6“, „Sojuz 7“ ja „Sojuz 8“ edukalt lendu.

Koos „Zond 5“ lennuga sai 1968. aastal tuntuks „Boroviši“. Nimetatud kosmoselaeva juhtimisest ümber Kuu ja tagasipöördumisest Maale India ja Atlandi ookeani õhuruumis võtsid osa veel paljud teised Teaduste Akadeemia laevad. „Kosmonaut Vladimir Komarov“ juhtis „Zond 5“ lendu ja sai temalt informatsiooni Kuuba lähedal. „Boroviši“ asus „Zond 5“ ettenähtud laskumisrajoonis (teistest Nõukogude kosmoseaparaatidest erinevalt otsustati teatavasti „Zond 5“ maandada India ookeanile). Oodates selle saabumist, tegi „Boroviši“ seal kompleksseid vaatlusi täielikust päikesevarjutusest 22. septembril 1968. Kui kosmosejaam maandus, oli ilm väga halb: sajune öö, puhus 4-...5-palline tuul. Kuid tänu tehnikale leiti kosmoseaparaat väga kiiresti.

Ka kosmoselaevade „Sojuz 4“ ja „Sojuz 5“ lendu juhtisid „Moržovetš“ ja „Nevel“ Ginea lahe piirkonnas ning „Kosmonaut Vladimir Komarov“ Atlandi ookeanil.

Joonis tagakaanel.

1. RAADIOLAINEID LÄBILASKVA KERA SEES UURITAKSE PARABOOLANTENNI-GA ATMOSFÄÄRI ÜLEMISI KIHTE JA VÕETAKSE VASTU KOSMOSEAPARAATIDELT SAABUVAID SIGNAALE.

2. SELLE ANTENNIGA PEE-TAKSE RAADIOTELEFONI

TOIMETUSE KOLLEGIUM:

A. Aarna, U. Agur, F. Feodorov (peatoimetaja), H. Jänes, P. Kard, E. Lippmaa, U. Mereste, V. Mäe, V. Seppel (vastutav sekretär), U. Siimann, T. Tomson, Ch. Villmann.

Kunstiline toimetaja H. Kersna. Tehniline toimetaja R. Roorand. Keeleline toimetaja M. Saar. Toimetuse aadress: Tallinn, Raekoja plats 17. Telefon 443-85. Postkast 442. Ladumisele antud 26. VIII 1970. Trükkimisele antud 14. IX 1970. Tiraaž 50 000. Paber 60×90/16. Tingtrükkp. 5. Arvestuspg. 6,48, MB-01757. Tellimise nr. 1050. Trükkikoda „Oktoober“, Tallinn 1, Kreutzwaldi 24.

Научно-популярный журнал общества «Знание» Эстонской ССР «Хоризонт» («Горизонт»). Выходит раз в месяц. На эстонском языке. 5 печ. листов. Адрес редакции: гор. Таллин, пл. Разкоя, 17. Почтовый ящик 442. Типография «Октобер», гор. Таллин 1, ул. Креуцвальди, 24. Заказ 1050. Тираж 50 000. Цена 30 коп.

MEIE AUTOREID

GEORG LOOGNA sündis 1914. aastal Leninigradis. 1950. aastal lõpetas ta TRÜ arstiteaduskonna. 1959. aastast peale on meditsiinikandidaat. Avaldanud ca 50 teaduslikku tööd. 1952. aastast alates on avaldanud mitmesugustes väljaannetes populaarteaduslikke kirjutusi. Juhatab Eksperimentaalse ja Kliinilise Meditsiini Instituudis onkoloogia osakonda.



GUSTAV NAAN sündis 1919. aastal. 1957. aastast Eesti NSV Teaduste Akadeemia akadeemik. Eesti NSV TA Füüsika ja Astronoomia Instituudi vanem teaduslik töötaja, Eesti Nõukogude Entsüklopeedia peatoimetaja. Silmapaistev kosmoloog (lõpmatuse ja sümmeetria probleemid), teadusliku publitsistika ja ühiskondliku mõtte viljeleja.



VÄINO UNT sündis 1932. a. Rõngus. 1957. a. lõpetas Tartu Riikliku Ülikooli füüsika osakonna. 1960. aastani oli TRÜ aspirant. 1962. a. kaitses kandidaadiväitekirja üldrelatiivsusteooria alal. Praegu Eesti NSV Teaduste Akadeemia Füüsika ja Astronoomia Instituudi vanem teaduslik töötaja. Tema tähtsamad teaduslikud tööd käsitlevad gravitatsiooniväljade teooriat.



TEEL SIDET KOSMOSELAEVA-
DEL LENDAVATE KOSMO-
NAUTIDEGA.

3. ANTENN SIDEPIDAMI-
SEKS NÕUKOGUDE LIIDU
TERRITOORIUMIL ASUVA
JUHTIMISKESKUSEGA.

4. TEISE SFÄÄRI SEES ASUB
ANTENN, MILLEGA KANTAK-
SE ÜLE KOSMOSELAEVA
PARDALT SAABUVAT INFOR-
MATSIOONI JA SONDEERI-
TAKSE ATMOSFÄÄRI ÜLEMI-
SI KIHTE. MÖLEMAD ANTEN-
NID ON VARUSTATUD STA-
BILISEERIMISSEADMEGA, MIS
VÕIMALDAB TÖÖTADA KA
TUGEVA LAINETUSE AJAL.

5. NAVIGATSIOONILABO-
RATOORIUM.

6. HAIGLARUUMID.

7. ELEKTRIAAMA PEA-
JUHTPULT.

8. JUHTIMISRUUM.

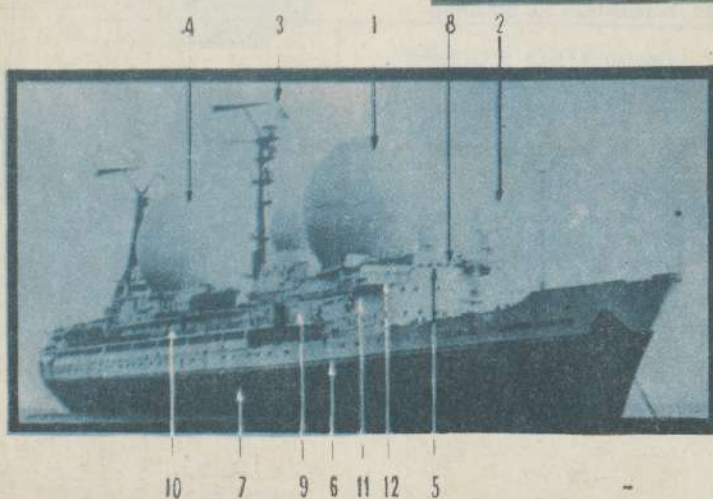
9. SIDEPIDAMISKABIIN.

10. ELURUUMID.

11. ÕIGE AJA TEENISTUS.

12. KOMANDOPUNKT.

Tekst lk. 75.



78240
30 kop.